

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

---

# **НАУКОВІ ПРАЦІ**

## **ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ**

**Випуск 18**

Започатковано у 2001 р.

Львів  
Видавництво «Компанія “Манускрипт”»  
2019

**Наукові праці Лісівничої академії наук України:** збірник наукових праць. – Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2019. – Вип. 18. – 230 с.

У збірнику наукових праць опубліковано результати наукових досліджень, в яких висвітлено наукові досягнення в царині лісівництва та лісознавства, лісової таксації та лісовпорядкування, їхні актуальні проблеми сьогодення, наведено результати досліджень у сфері екології, відтворення та покращення стану лісових ресурсів, захисту лісів, біології рослинних угруповань, проблеми раціонального природокористування, висвітлено нові аспекти лісової інженерії, 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 лісопромислового комплексу.

Рекомендовано до друку Вченою радою НЛТУ України та Президією ЛАН України (протокол № 3 від 28.03.2019 р.).

### Редакційна колегія:

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <i>професор</i> Ігор Соловій,         | <i>д-р ек. наук</i> – головний редактор;   |
| <i>професор</i> Юрій Дебринюк,        | <i>д-р с.-г. наук</i> – заступник головного редактора;   |
| <i>професор</i> Норберт Вебер,        | <i>д-р габілітований, Технічний університет Дрездена, Німеччина;</i>   |
| <i>професор</i> Анджей Возняк,        | <i>д-р габілітований, Університет Природничий в Любліні, Польща;</i>   |
| <i>професор</i> Анатолій Гойчук,      | <i>д-р с.-г. наук, Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, Київ;</i>                                  |
| <i>професор</i> Микола Гузь,          | <i>д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Ервін Гуссендборфер,  | <i>д-р габілітований, Університет прикладних наук Вайєнштефан-Трісдорф, м. Фрайзінг, Німеччина;</i>                |
| <i>професор</i> Петро Лакида,         | <i>д-р с.-г. наук, Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, Київ;</i>                                  |
| <i>професор</i> Віктор Ткач,          | <i>д-р с.-г. наук, Укр. наук.-дослід. інститут лісівництва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, Харків;</i> |
| <i>професор</i> Себастьян Хайн,       | <i>д-р габілітований, Ун-т прикладних лісових наук Роттенбурга, Німеччина;</i>                                     |
| <i>доцент</i> Олег Часковський,       | <i>канд. с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                    |
| <i>професор</i> Володимир Кучерявий,  | <i>д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Надія Олексійченко,   | <i>д-р с.-г. наук, Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, Київ;</i>                                  |
| <i>доцент</i> Володимир Крамарець,    | <i>канд. с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                    |
| <i>професор</i> Григорій Криницький,  | <i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Володимир Заїка,      | <i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Мирослава Сорока,     | <i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Степан Стойко,        | <i>д-р біол. наук, doctor honoris causa, Інститут екології Карпат, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Платон Третяк,        | <i>д-р біол. наук, Державний природознавчий музей НАН України, Львів;</i>  |
| <i>професор</i> Юрій Туниця,          | <i>д-р ек. наук, акад. НАН України, Національний лісотехн. ун-т України, Львів;</i>                                |
| <i>професор</i> Лідія Заднік-Штірн,   | <i>д-р ек. наук, Університет м. Любляна, Словенія;</i>   |
| <i>професор</i> Марія Нижник,         | <i>д-р ек. і соц. наук, Джеймс Хаттон Інститут, м. Абердин-Данді, Великобританія;</i>                              |
| <i>професор</i> Євген Мішенін,        | <i>д-р ек. наук, Сумський державний університет, Суми;</i>   |
| <i>професор</i> Тарас Туниця,         | <i>д-р ек. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>  |
| <i>професор</i> Павло Бехта,          | <i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Володимир Голубець,   | <i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Юрій Грицюк,          | <i>д-р техн. наук, Національний університет «Львівська політехніка», Львів;</i>                                    |
| <i>професор</i> Ігор Озарків,         | <i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                      |
| <i>професор</i> Ян Седлячек,          | <i>д-р філософії, Технічний університет в м. Зволєн, Словаччина;</i>   |
| <i>професор</i> Ярослав Соколовський, | <i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів.</i>                                      |

Науковий редактор: *Юрій ДЕБРИНЮК*  
Літературний редактор: *Анна ПАВЛИШИН*  
Редактор англійських текстів: *Ігор СОЛОВІЙ*  
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: debrynuk\_ju@ukr.net; http://www.fasu.nltu.edu.ua/

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

---

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

**Volume 18**

The journal was established in 2001

Lviv  
«Company “Manuscript”»  
2019

**Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine:** Collection of Research Papers. – Lviv : «Company “Manuscript”», 2019. – Vol. 18. – 230 p.

In the collection of scientific papers results of scientific research are published which highlight scientific achievements in the field of forestry and silviculture, forest biometry and forest management planning. As well as the results of studies in the field of forest restoration and enrichment of forest resources, biology of plant communities, and forest protection, ecological problems of the environment and sustainable management of natural resources are analyzed. New aspects of resource saving and environmentally-friendly wood-processing technologies are considered.

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

The Collection is recommended for publication by the Academic Council of the Ukrainian National Forestry University and the Presidium of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine (protocol number 3 dated from 28.03.2019).

#### 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 Mykola Guz,</i>                    | <i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>  |
| <i>Professor Sebastian Hein,</i>                | <i>Dr. habil. the University of Applied Forest Sciences Rottenburg, Germany;</i>  |
| <i>Professor Anatoliy Hoychuk,</i>              | <i>Dr. Sc. (Agr.), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;</i>                             |
| <i>Professor Erwin Hussendörfer,</i>            | <i>Dr. habil. the Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Sciences, Freising, Germany;</i>                            |
| <i>Professor Petro Lakyda,</i>                  | <i>Dr. Sc. (Agr.), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;</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>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>Associate professor Oleg Chaskovskyy,</i>    | <i>PhD (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>  |
| <i>Professor Volodymyr Kucheryavyy,</i>         | <i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>  |
| <i>Professor Nadiia Oleksiichenko,</i>          | <i>Dr. Sc. (Agr.), National Univers. of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;</i>                               |
| <i>Associate professor Volodymyr Kramarets,</i> | <i>PhD (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>  |
| <i>Professor Hryhoriy Krynytskyy,</i>           | <i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>   |
| <i>Professor Myroslava Soroka,</i>              | <i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>   |
| <i>Professor Stephan Stojko,</i>                | <i>Dr. Sc. (Biol.), Dr. h.c., Institute of Ecology of the Carpathians, Lviv;</i>  |
| <i>Professor Platon Tretyak,</i>                | <i>Dr. Sc. (Biol.), State Museum of Natural Sciences of Ukraine, Lviv;</i>  |
| <i>Professor Volodymyr Zaika,</i>               | <i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>   |
| <i>Professor Yuriy Tunytsya,</i>                | <i>Dr. Sc. (Econ.), Member of the NAS of Ukraine, Ukrain. National Forestry University, Lviv;</i>                           |
| <i>Professor Maria Nijnik,</i>                  | <i>Dr. Sc. (Econ. &amp; Soc.), James Hutton Institute, Aberdeen, Dundee, United Kingdom;</i>                                |
| <i>Professor Evgen Mishenin,</i>                | <i>Dr. Sc. (Econ.), Sumy State University, Sumy;</i>  |
| <i>Professor Taras Tunytsya,</i>                | <i>Dr. Sc. (Econ.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>   |
| <i>Professor Lidija Zadnik-Stirn,</i>           | <i>Dr. Sc., University of Ljubljana, Slovenia;</i>  |
| <i>Professor Pavlo Behta,</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>   |
| <i>Professor Yaroslav Sokolovskyy,</i>          | <i>Dr. Sc. (Tech.), Ukrainian National Forestry University, Lviv.</i>   |

Scientific Editor: *Iurii DEBRYNIUK*

Literary editor: *Anna PAVLYSHYN*

Editor of English texts: *Ihor SOLOVIY*

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: debryniuk\_ju@ukr.net; http://www.fasu.nltu.edu.ua/

## ЗМІСТ

### 1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

*В. О. Крамарець, М. В. Попович, О. З. Бойко*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВПЛИВ ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВНИХ ПОРІД<br/>НА СУКЦЕСІЇ В ЛІСАХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ .....</b> | <b>11</b> |
|---|-----------|

*М. Сорока, А. Возняк, А. Гойчук, А. Ониськів, П. Плїхтяк*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ФІТОЦЕНОТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВСИХАННЯ ЛІСІВ ЗА УЧАСТЮ<br/>ABIES ALBA MILL. У ЛІСОВИХ ЦЕНОЗАХ ПОКУТСЬКИХ КАРПАТ .....</b> | <b>21</b> |
|---|-----------|

### 2. ЛІСОЗНАВСТВО ТА ЛІСІВНИЦТВО

*Ю. М. Дебринюк, С. П. Распоїна*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВПЛИВ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ПЛАНТАЦІЙНОГО ТИПУ НА ПОКАЗНИКИ<br/>РОДЮЧОСТІ ЛІСОВИХ ҐРУНТІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ...</b> | <b>35</b> |
|---|-----------|

*В. К. Заїка, Ю. С. Каленюк*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ЛІСОВІДНОВНІ ПРОЦЕСИ В ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ ЗА УЧАСТЮ ЛИПИ<br/>ДРІБНОЛИСТОЇ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ .....</b> | <b>46</b> |
|---|-----------|

*В. Я. Заячук*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>TAXUS BACCATA L. В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ: ПОШИРЕННЯ, УЧАСТЬ<br/>У СКЛАДІ ЛІСОСТАНІВ, ПРОДУКТИВНІСТЬ .....</b> | <b>57</b> |
|---|-----------|

### 3. ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ, СЕЛЕКЦІЯ І ГЕНЕТИКА

*Н. Ю. Висоцька, І. В. Золотих*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ОСОБЛИВОСТІ МІКРОКЛОНАЛЬНОГО РОЗМНОЖЕННЯ ЦІННИХ ГЕНОТИПІВ<br/>РОДУ POPULUS L. IN VITRO .....</b> | <b>68</b> |
|---|-----------|

*С. А. Лось, О. М. Годований*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ДИНАМІКА РОЗВИТКУ КРОН ДУБА ЗВИЧАЙНОГО (QUERCUS ROBUR L.)<br/>НА КЛОНОВИХ НАСІННИХ ПЛАНТАЦІЯХ У ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ .....</b> | <b>76</b> |
|--|-----------|

*Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова, Э. В. Колосовский*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>РОСТ 50-ЛЕТНИХ ПОДПОЛОГОВЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР<br/>КЕДРА СИБИРСКОГО ПРИ РАЗНОЙ СОМКНУТОСТИ ПОЛОГА ДРЕВОСТОЯ<br/>В ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЕ КРАСНОЯРСКА (Ріст 50-річних піднаметових<br/>географічних культур кедр сибірського за різної зімкнутості намету<br/>деревостану у приміській зоні Красноярська) .....</b> | <b>85</b> |
|---|-----------|

### 4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

*Ю. Й. Каганяк, І. С. Ільків, С. А. Гаврилюк*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>СТРУКТУРА БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ У ГОСПОДАРСТВАХ ІЗ РІЗНОЮ<br/>ІНТЕНСИВНІСТЮ ВИКОРИСТАННЯ ЗАПАСУ ДЕРЕВИНИ .....</b> | <b>93</b> |
|--|-----------|

*П. І. Лакида, В. М. Ловинська*

**НОРМАТИВИ ОЦІНКИ ПРОДУКТИВНОСТІ КРОНИ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ  
В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ** ..... 101

*С. І. Миклуш, Ю. С. Миклуш, С. В. Гаврилюк, В. М. Савчин*

**ТИПИ ЛІСУ ТА ЗАПАСИ ДЕРЕВИНИ РІВНИННИХ БУКОВИХ ЛІСОСТАНІВ  
УКРАЇНИ** ..... 109

## 5. ЗАХИСТ ЛІСІВ І МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

*К. Davydenko*

**A COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF FUNGAL COMMUNITIES ASSOCIATED  
WITH *IPS ACUMINATUS* IN DIFFERENT REGIONS OF UKRAINE**  
(Порівняльна характеристика угруповань грибів, пов'язаних із верхівковим  
короїдом (*Ips acuminatus*) у різних областях України) ..... 118

*V. Meshkova, T. Pivovar, O. Tovstukha*

**HEALTH CONDITION PARAMETERS FOR DECIDUOUS TREES  
IN THE FOREST STANDS OF TROSTYANETSKE FOREST ENTERPRISE**  
(Параметри санітарного стану листяних порід у лісових насадженнях ДП  
«Тростянецьке лісове господарство») ..... 129

## 6. ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНА СПРАВА

*A. Zapłowska, U. Bashutska*

**THE USE OF AGRICULTURAL WASTE IN THE PRODUCTION OF RENEWABLE  
ENERGY** (Використання сільськогосподарських відходів у виробництві енергії  
із відновлюваних джерел) ..... 138

*Ю. С. Шпарик*

**ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВСИХАННЯ ЯЛИННИКІВ В ОСНОВНИХ ТИПАХ ЛІСУ  
УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ** ..... 145

## 7. ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

*Л. Д. Загвойська, О. Р. Пелюх*

**ЕПІСТЕМОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ** ..... 154

*Л. І. Максимів, Т. Р. Луцишин*

**ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ДЕРЕВИНИ В РЕГІОНАЛЬНІЙ АГЛОМЕРАЦІЇ  
«ДРОГОБИЧЧИНА»** ..... 164

*І. П. Соловій*

**ЛІСОВА ПОЛІТИКА У МІЖДИСЦИПЛІНАРНОМУ НАУКОВОМУ КОНТЕКСТІ:  
ТРЕНДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ** ..... 176

*В. Ю. Юхновський, О. В. Зібцева*

|   |     |
|---|-----|
| <b>ОЦІНКА ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ У ГЕНЕРАЛЬНОМУ ПЛАНУВАННІ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ</b> ..... | 185 |
|---|-----|

## 8. ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ: ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ДОВКІЛЛЯ

*В. Л. Коржов, В. С. Кудра*

|  |     |
|--|-----|
| <b>ЛІСОТЕХНІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ТРЕЛЮВАЛЬНИХ ВОЛОКІВ В ГІРСЬКИХ ЛІСАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКСКАВАТОРА</b> ..... | 194 |
|--|-----|

## 9. РЕСУРСООЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

*П. А. Бехта, Л. Р. Байзова*

|   |     |
|---|-----|
| <b>ВПЛИВ ПІНОПОЛІСТИРОЛУ НА ПРОЦЕС ПРОГРІВАННЯ СТРУЖКОВО-ПОЛІМЕРНОГО ПАКЕТА</b> ..... | 202 |
|---|-----|

*В. О. Маєвський, З. П. Копинець, В. М. Ковбасюк, Є. М. Миськів, М. М. Якуба*

|  |     |
|--|-----|
| <b>ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕГУЛЮВАННЯ ВИТРАТ ДЕРЕВИННОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ВІКОННИХ БЛОКІВ З ТРИШАРОВОГО КЛЕЄНОГО БРУСА</b> ... | 208 |
|--|-----|

## 10. РЕЦЕНЗІЇ ТА ВІДГУКИ НА ДІЯЛЬНІСТЬ УЧЕНИХ

*Ю. Ю. Туниця, С. І. Миклуш, Ю. М. Дебринюк, В. В. Павлюк*

|   |     |
|---|-----|
| <b>НА ШЛЯХУ ДО ВЕРШИН ЛІСІВНИЧОЇ НАУКИ (З нагоди 75-річчя академіка Лісівничої академії наук України, професора Григорія Криницького)</b> ..... | 217 |
|---|-----|

*Г. Т. Криницький, С. І. Миклуш, Р. Б. Дудин, Я. В. Генік, Ю. М. Дебринюк*

|  |     |
|--|-----|
| <b>ОЗЕЛЕНЕННЯ ТА ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ – ОСНОВНІ ЧИННИКИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ (З нагоди 80-річчя академіка Лісівничої академії наук України, професора Володимира Кучерявого)</b> ..... | 220 |
|--|-----|

*О. І. Голубчак, В. І. Парпан, Р. І. Бродович, Р. М. Яцик, Ю. Д. Кацуляк*

|   |     |
|---|-----|
| <b>УЧЕНИЙ-ЛІСІВНИК, ФУНДАТОР ЛІСОКУЛЬТУРНОЇ КАРПАТСЬКОЇ ШКОЛИ (З нагоди 90-річчя член-кореспондента Лісівничої академії наук України, старшого наукового співробітника, доцента Ананія Гаврусевича)</b> ..... | 223 |
|---|-----|

## 11. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

*Ю. Ю. Туниця, М. Г. Адамовський, П. А. Бехта, П. В. Білей, В. М. Голубець, О. А. Кійко,*

*Г. Т. Криницький, Б. Я. Кшивецький, В. О. Маєвський, С. І. Миклуш, Я. І. Соколовський*

|   |     |
|---|-----|
| <b>ПРОФЕСОР ВОЛОДИМИР МАКСИМІВ – ВИДАТНА ПОСТАТЬ В ІСТОРІЇ ЛІСОТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ І НАУКИ</b> ..... | 226 |
|---|-----|

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>ДО УВАГИ АВТОРІВ</b> ..... | 228 |
|-------------------------------|-----|

## CONTENTS

### 1. BIOLOGICAL ASPECTS OF PLANT COMMUNITIES

*V. Kramarets, M. Popovich, O. Bojko*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INFLUENCE OF ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF TREE SPECIES ON FOREST SUCCESSIONS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS .....</b> | <b>11</b> |
|---|-----------|

*M. Soroka, A. Woźniak, A. Goychuk, A. Oniskiv, P. Plichtyak*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>PHYTOCOENOTIC PRECONDITIONS OF DRYING OF <i>ABIES ALBA</i> MILL. IN THE FOREST CENOSES OF THE POKUT CARPATHIANS .....</b> | <b>21</b> |
|--|-----------|

### 2. FORESTRY AND SILVICULTURAL SCIENCES

*Iu. Debryniuk, S. Raspopina*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INFLUENCE OF PLANTATION-TYPE FORESTS ON FOREST SOIL FERTILITY INDICATORS UNDER CONDITIONS OF THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE .....</b> | <b>35</b> |
|--|-----------|

*V. Zaika, Yu. Kalenuk*

|  |           |
|--|-----------|
| <b>FOREST REGENERATION PROCESSES IN OAK STANDS WITH THE PARTICIPATION OF SMALL-LEAVED LIME UNDER THE CONDITIONS OF THE WEST PODILLYA .....</b> | <b>46</b> |
|--|-----------|

*V. Zayachuk*

|  |           |
|--|-----------|
| <b><i>TAXUS BACCATA</i> L. IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS: DISTRIBUTION, PARTICIPATION IN THE FOREST STANDS AND PRODUCTIVITY .....</b> | <b>57</b> |
|--|-----------|

### 3. PLANTED FORESTS, PHITOMELIORATION, TREE BREEDING AND GENETICS

*N. Vysotska, I. Zolotykh*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PARTICULARITIES OF MICROPROPAGATION OF VALUABLE GENOTYPES OF THE GENUS <i>POPULUS</i> L. <i>IN VITRO</i> .....</b> | <b>68</b> |
|---|-----------|

*S. Los, O. Godovaniy*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>FEATURES OF ENGLISH OAK (<i>QUERCUS ROBUR</i> L.) CROWNS DEVELOPMENT ON CLONAL SEED ORCHARDS IN KHARKIV REGION .....</b> | <b>76</b> |
|---|-----------|

*R. Matveeva, O. Butorova, E. Kolosovsky*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>GROWTH OF GEOGRAPHIC CULTURES OF SIBERIAN CEDAR FOR 50 YEARS UNDER THE CANOPY WITH DIFFERENT LOGGING DENSITY IN THE SUBURBAN AREA OF KRASNOYARSK .....</b> | <b>85</b> |
|---|-----------|

### 4. FOREST BIOMETRY AND FOREST MANAGEMENT PLANNING

*Yu. Kahaniak, I. Ilkiv, S. Havryliuk*

|   |           |
|---|-----------|
| <b>STRUCTURE OF BEECH STANDS IN MANAGEMENT SYSTEMS WITH DIFFERENT INTENSITY OF WOOD STOCK USING .....</b> | <b>93</b> |
|---|-----------|



*P. Lakyda, V. Lovynska*

|  |            |
|--|------------|
| <b>STANDARDS FOR ESTIMATING THE CROWN PRODUCTIVITY OF PINE STANDS WITHIN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE.....</b> | <b>101</b> |
|--|------------|

*S. Myklush, Yu. Myklush, S. Havryliuk, V. Savchyn*

|   |            |
|---|------------|
| <b>TYPES OF FOREST AND TIMBER RESERVES OF PLAIN BEECH STANDS IN UKRAINE .....</b> | <b>109</b> |
|---|------------|

## 5. FOREST PROTECTION AND WILDLIFE RESOURCE MANAGEMENT

*K. Davydenko*

|   |            |
|---|------------|
| <b>A COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF FUNGAL COMMUNITIES ASSOCIATED WITH <i>IPS ACUMINATUS</i> IN DIFFERENT REGIONS OF UKRAINE .....</b> | <b>118</b> |
|---|------------|

*V. Meshkova, T. Pivovar, O. Tovstukha*

|  |            |
|--|------------|
| <b>HEALTH CONDITION PARAMETERS FOR DECIDUOUS TREES IN THE FOREST STANDS OF TROSTYANETSKE FOREST ENTERPRISE .....</b> | <b>129</b> |
|--|------------|

## 6. ECOLOGY AND NATURE PROTECTED AREAS MANAGEMENT

*A. Zapałowska, U. Bashutska*

|  |            |
|--|------------|
| <b>THE USE OF AGRICULTURAL WASTE IN THE PRODUCTION OF RENEWABLE ENERGY .....</b> | <b>138</b> |
|--|------------|

*Y. Shparyk*

|   |            |
|---|------------|
| <b>ECOLOGICAL RESULTS OF NORWAY SPRUCE FORESTS' DECLINE IN MAIN FOREST TYPES OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS .....</b> | <b>145</b> |
|---|------------|

## 7. NATURAL RESOURCE ECONOMICS AND MANAGEMENT

*L. Zahvoyska, O. Pelyukh*

|  |            |
|--|------------|
| <b>EPISTEMOLOGICAL INSTRUMENTS FOR ECOLOGICAL-ECONOMIC SYSTEMS INVESTIGATION .....</b> | <b>154</b> |
|--|------------|

*L. Maksymiv, T. Lutsyshyn*

|   |            |
|---|------------|
| <b>ECOLOGICAL AND ECONOMIC ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF ENERGY WOOD USE IN THE REGIONAL AGGLOMERATION «DROHOBYCHYNA» .....</b> | <b>164</b> |
|---|------------|

*I. Soloviy*

|  |            |
|--|------------|
| <b>FOREST POLICY IN THE INTERDISCIPLINARY SCIENTIFIC CONTEXT: TRENDS AND DEVELOPMENT PROSPECTS .....</b> | <b>176</b> |
|--|------------|

*V. Yukhnovskyi, O. Zibtseva*

|   |            |
|---|------------|
| <b>ASSESSMENT OF ECOSYSTEM SERVICES WITHIN THE FRAMEWORK OF GENERAL PLANNING OF URBAN AREAS .....</b> | <b>185</b> |
|---|------------|

## 8. FOREST ENGINEERING: EQUIPMENT, TECHNOLOGY AND ENVIRONMENT

*V. Korzhov, V. Kudra*

|  |     |
|--|-----|
| <b>FORESTRY AMELIORATION OF THE SKID TRAILS IN MOUNTAIN FORESTS USING AN EXCAVATOR</b> ..... | 194 |
|--|-----|

## 9. RESOURCE SAVING AND ENVIRONMENTALLY SAFE WOOD PROCESSING TECHNOLOGIES

*P. Bekhta, L. Bajzova*

|  |     |
|--|-----|
| <b>THE EFFECT OF EXPANDED POLYSTYRENE ON THE HEATING OF PARTICLE-POLYMER PACKAGE</b> ..... | 202 |
|--|-----|

*V. Mayevskyy, Z. Kopynets, V. Kovbasyuk, Ye. Myskiv, M. Yakuba*

|   |     |
|---|-----|
| <b>TECHNOLOGICAL ASPECTS OF RAW WOOD MATERIAL CONSUMPTION REGULATION IN THE MANUFACTURE OF WINDOW UNITS FROM THREE-LAYER GLUED BARS</b> ..... | 208 |
|---|-----|

## 10. REVIEWS AND COMMENTS ON SCIENTISTS' ACTIVITY

*Yu. Tunytsya, S. Myklush, Iu. Debryniuk, V. Pavliuk*

|   |     |
|---|-----|
| <b>TOWARDS THE HEIGHTS OF FOREST SCIENCE</b> (On the occasion of the 75th anniversary of the member of the Academy of Forestry Sciences, Professor Hryhoriy Krynytskyy) ..... | 217 |
|---|-----|

*H. Krynytskyy, S. Myklush, R. Dudyn, Ya. Genyk, Iu. Debryniuk*

|   |     |
|---|-----|
| <b>URBAN ECOLOGY, PLANNING AND PHYTOMELIORATION – KEY FACTORS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SETTLEMENTS</b> (On the occasion of the 80th anniversary of the Member of the Forestry Academy of Sciences, Professor Volodymyr Kucheryaviy) ..... | 220 |
|---|-----|

*O. Holubchak, V. Parpan, R. Brodovych, R. Yatsyk, Y. Katsulyak*

|   |     |
|---|-----|
| <b>FORESTRY SCIENTIST, FOUNDER OF CARPATHIAN FOREST PLANTING SCHOOL</b> (On the occasion of the 90th anniversary of the birth of Associate Professor Ananaiy Gavrysevych) ..... | 223 |
|---|-----|

## 11. MEMORY PAGES

*Yu. Tunytsya, M. Adamovsky, P. Bekhta, P. Biley, V. Holubets, O. Kiyko, H. Krynytskyy, B. Kshivetsky, V. Mayevskyy, S. Myklush, Ya. Sokolovskyy*

|  |     |
|--|-----|
| <b>PROFESSOR VOLODYMYR MAKSYMIV IS A PROMINENT OUTSTANDING FIGURE IN THE HISTORY OF FOREST ENGINEERING EDUCATION AND SCIENCE</b> ..... | 226 |
|--|-----|

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>ДО УВАГИ АВТОРІВ</b> ..... | 228 |
|-------------------------------|-----|

# 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/10.15421/411901>

Article received 2018.10.13

Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Volodymyr Kramarets

[v\\_kramarets@ukr.net](mailto:v_kramarets@ukr.net)

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 581.524.3

## Вплив еколого-біологічних властивостей деревних порід на сукцесії в лісах Українських Карпат

В. О. Крамарець<sup>1</sup>, М. В. Попович<sup>2</sup>, О. З. Бойко<sup>3</sup>

Наведено дані про еколого-біологічні властивості деревних порід, які визначають динаміку лісовідновних процесів та впливають на перебіг лісових сукцесій. Охарактеризовано закономірності формування лісостанів за участю порід-піонерів, постпіонерів і дріад. Показано важливе значення піонерних деревних порід (берези повислої, осики, вільхи сірої) в оздоровленні лісових територій після всихання похідних ялинових монокультур.

Охарактеризовано сукцесійні лісові угруповання, сформовані за участі порід із різними динамічними особливостями. Породи-піонери (*Betula pendula* Roth., *Alnus incana* (L.) Moench, *Populus tremula* L., *Salix caprea* L.) швидко покращують лісове середовище, тому відновлення лісостанів на місці похідних ялиників доцільно здійснювати за зразком природних лісовідновних сукцесій через стадію порід-піонерів.

Породи-постпіонери (*Acer pseudoplatanus* L., *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Fraxinus excelsior* L., *Carpinus betulus* L., *Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd., *Tilia cordata* Mill. та *Tilia platyphyllos* Scop, *Sorbus aucuparia* L.) формують довговічні сукцесійні угруповання. Сосна звичайна в Українських Карпатах формує природні реліктові лісостани. Лісові культури сосни створювали після Другої світової війни для заліснення сільськогосподарських угідь. Рідкісними є ценози вільхи сірої та клена-явора з домінуванням у трав'яному ярусі *Lunaria rediviva* L., *Scopolia carniolica* Jacq., *Allium ursinum* L., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro, *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman. На території НПП «Сколівські Бескиди» (гірські хребти Парашики та Зелеміні) *Sorbus aucuparia* утворює стійкі рослинні угруповання та формує верхню межу лісу.

Породи-дріади *Fagus sylvatica* L., *Abies alba* Mill., *Taxus baccata* L. та *Picea abies* [L.] Karst. (на верхніх висотах гір) формують стійкі лісостани, які без втручання людини можуть тривалий час функціонувати, підтримуючи певний рівень балансу між всіма складовими елементами лісових екосистем. Рідко трапляються ценози *Fagus sylvatica* за участю у складі червонокнижних та регіонально рідкісних видів (*Taxus baccata*, *Allium ursinum*, *Scopolia carniolica*, *Lunaria rediviva*, *Phyllitis scolopendrium*). Надзвичайно цікавими з ценотичного та лісівничого погляду є лісостани за участю *Quercus robur* та *Abies alba*, які сформовані домінуючими порода-

<sup>1</sup> Крамарець Володимир Олександрович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-260-04-08, +38-067-252-76-56; E-mail: [v\\_kramarets@ukr.net](mailto:v_kramarets@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5978-3711>

<sup>2</sup> Попович Михайло Васильович – здобувач кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-260-04-08; E-mail: [1shuvar@gmail.com](mailto:1shuvar@gmail.com)

<sup>3</sup> Бойко Остап Зіновійович – директор ДП «Сколівське ЛГ», вул. Стрийська, 30, м. Сколе Львівської області, 82600, Україна. Тел.: +38-03251-219-29; E-mail: [skoledlg@ukr.net](mailto:skoledlg@ukr.net)

ми, що різняться за еколого-ценотичними особливостями. Рідкісними є ялинові ліси за участю у складі *Pinus cembra* L. та *Pinus tugo* Turra.

Рідкісні лісові ценози потребують охорони та проведення заходів із підтримання їх стабільності, враховуючи напрямки і характер лісовідновних сукцесій. Для переходу лісового господарства на принципи наближеного до природи лісівництва на території Українських Карпат необхідно орієнтуватися на формування різновікових деревостанів за типом корінних з перевагою у їх складі довговічних порід-дріад – *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, а на вищих висотних рівнях гір – *Picea abies*.

**Ключові слова:** деревні породи-піонери; постпіонери; дріади; біологічні особливості деревних порід; лісовідновні сукцесії; рідкісні лісові угруповання.

**Вступ.** Культивування *Picea abies* [L.] Karst. у невластивих для неї умовах істотно знижує стійкість і стабільність ялинових деревостанів (Kozlovsky & Gramarets, 2009, Parpan et al., 2014). Масове відмирання похідних ялиників, яке відбувається в багатьох районах Європи та України, зокрема (Sierota et al., 1994, Debryniuk, 2011, Klavinaa, 2015), породило низку значних економічних та екологічних проблем. Ситуація ускладнюється тим, що натеper близько третини території бореальних лісів перебуває під значним антропогенним впливом, зокрема пов'язаним із отриманням деревини (Gauthier et al., 2015). Великі площі всохлих лісостанів не забезпечують достатньо ефективного виконання середовищевірних функцій. При цьому відбувається різка втрата технічної якості деревини. Відновлення лісостанів потребує значних фінансових вкладень та залучення великої кількості працівників для виконання робіт. З огляду на це, частину лісосік або і всохлих насаджень залишають для природного поновлення – тут відбуваються відновлювальні сукцесії лісової рослинності. Характер і перебіг лісових сукцесій визначаються аутоекологічними характеристиками деревних порід (Zeppenfeld et al., 2015), зокрема їх здатністю поширюватися, займати та утримувати нові території, тобто їх динамічними особливостями (Rameau, Mansion & Dumé, 1989).

Ліси, зрештою як і інші рослинні угруповання, перебувають під постійним впливом абіотичних і біотичних чинників (Gramarets & Matsiakh, 2018) та є відображенням тривалої коеволуції всіх складових природних екосистем. Однак функціонування лісостанів та їхній спонтанний розвиток також є наслідком фітосистемної адаптації до різних форм антропогенного впливу (Kagalo, 2003). З огляду на це, дослідження сукцесій лісової рослинності є актуальними з погляду охорони та збереження біорізноманіття та формування лісостанів за типом корінних.

**Методика досліджень.** Об'єкт досліджень – сукцесійні ліси Українських Карпат. Предмет досліджень – рослинні угруповання, сформовані деревними породами з різними еколого-біологічними та динамічними особливостями. Мета роботи – виявити особливості спонтанних сукцесій залежно від еколого-біологічних та динамічних властивостей деревних порід-піонерів, постпіонерів та дріад.

Обстеження та описи деревних угруповань виконували за методиками, які використовуються у фітоценології (Grigora & Solomakha, 2000). У про-

цесі обстежень виявляли сформовані в ході сукцесій лісові ценози, у складі яких є рідкісні рослини, зокрема – внесені до Червоної книги України (Red Data Book..., 2009). До рідкісних також відносили лісостани, сформовані різними за еколого-ценотичними особливостями деревними породами (Green book..., 2009).

**Результати досліджень та обговорення.** Природний відбір у лісах проходить при взаємодії двох груп дерев: світлолюбних і швидкорослих, які можуть виживати, якщо швидко займуть перший ярус; тіншовитривалих, які в молодому віці ростуть повільно, однак можуть розвиватися як у нижніх, так і у верхньому ярусах (Mogozov, 1949). Окрім цього, деревні породи цей вчений поділяв на дві категорії

1. *Породи-піонери.* Практично щороку вони рясно плодоносять, їх насіння легко поширюється вітром, самосів стійкий до заморозків і сонця. Такі породи швидкорослі, що дає їм змогу конкурувати із трав'яною рослинністю. Біологічні особливості дають змогу цим породам швидко заселяти безлісі простори та лісосіки.

2. *Породи-основні лісоутворювачі.* Вони обмежено світлолюбні або тіншовитривалі, їх самосів чутливий до сонячних опіків й заморозків. Урожайні роки в цих порід трапляються рідше, насіння має меншу здатність до поширення. Ростуть повільно, але є довговічними.

Аутоекологічні особливості деревних порід, реакція на зовнішні впливи, здатність займати нові території і утримувати їх (динамічні особливості) є рушієм основних лісовідновних сукцесій. Під час прогнозування характеру та напряму динамічних процесів у лісостанах варто скористатися класифікацією деревних порід, запропонованою J.-C. Rameau, D. Mansion, G. Dumé (Rameau, Mansion & Dumé, 1989). Ці автори виділяють три групи деревних порід залежно від їх динамічних особливостей (динамічної поведінки).

*Породи-піонери,* які колонізують відкриті території, в т.ч. – порушені ґрунти. До цієї групи належать дерева, насіння яких поширюється вітром. Вони потребують доброго освітлення у молодому віці та витримують стрес, спричинений макрокліматом відкритих просторів. Це швидкорослі та скоростиглі породи, зазвичай з м'якою деревиною, наприклад – види родів *Betula*, *Salix*, *Populus*, *Alnus* та ін.

*Породи-постпіонери,* які зазвичай формуються пізніше в сильвагенезі. Вони більш-менш світлолюбні в молодому віці. Для них також властивий

досить швидкий ріст, у процесі розвитку (онтогенезу) можуть досягати досить значного розміру. Продукують багато насіння та характеризуються різними способами його поширення. До цієї групи належать, зокрема, види родів *Pinus*, *Quercus*, *Acer*, *Ulmus*, *Tilia*, *Carpinus*, *Fraxinus* та ін.

*Породи-дриади*, можуть формувати лісові ценози і тривалий час утримують зайняті території. Деревя з цієї групи тіншовитривалі у молодому віці (під час проростання потребують розсіяного світла), довговічні, наприклад – види родів *Fagus*, *Abies*, *Picea*, *Taxus*.

За певних умов деякі види постпіонерів або дриад можуть поширюватися безпосередньо на відкриті простори і відігравати роль піонерів, тому їх ще інколи називають кочівниками (Rameau, Mansion & Dumé, 1989). До таких порід відносять різні види сосен (*Pinus*), а також дуб звичайний *Quercus robur* L., ялину європейську *Picea abies* (L.) Karst. та ін. Для Карпатського регіону характерні всі три групи порід.

*Породи-піонери*. Для лісів Карпат породами-піонерами є *Betula pendula* Roth., *Populus tremula* L., *Salix caprea* L., а у вологіших умовах – *Alnus incana* (L.) Moench. Ці види можуть швидко займати безлісі простори, зокрема лісосіки, покинуті без догляду сільськогосподарські угіддя: поля, післялісові сінокоси та пасовища (царинки, полонини) тощо. По берегах і в долинах річок піонерами можуть бути: *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth., *Salix viminalis* L. (зокрема в заплаві р. Опір між м. Сколе та с. Дубина), *S. alba* L. та інші види.

Березняки за участю у складі *Populus tremula*, *Salix caprea* та ін. порід формуються на місці лісосік і лісових культур, які загинули. Загалом площа березняків на території лісгосподарських підприємств Карпат становить 1,5-4% від площі вкритих лісовою рослинністю ділянок. За наявності у складі лісостанів цінніших порід березу вибирають у процесі рубок догляду, березняки середнього віку першочергово відводять для проведення реконструктивних рубок. Разом з тим *Betula pendula* інтенсивно росте, а у віці 15-25 років її стовбурова деревина становить 75-90% від загальної надземної фітомаси. Тому березняки розглядають як один із варіантів управління лісовідновленням на місці всохлих лісостанів алохтонної *Picea abies* (Martinek et al., 2018).

Лісостани з перевагою у складі вільхи сірої практично ніде не займають значних площ. Сіровільшняки приурочені в основному до вирівняних перезволожених річкових терас, наприклад – у басейнах річок Стрий, Опір, Рибник Майданський, Бутивля на території НПП «Сколівські Beskidi» (Solomakha et al., 2004). Трапляється *Alnus incana* разом із *Betula pendula* та ін. породами на вологих схилах у межах 480-700 м н.р.м.

У долині р. Кам'янка (Сколівське л-во НПП «Сколівські Beskidi» та Дубинське л-во ДП «Сколівське ЛГ») на більш багатих і вологих ґрунтах сформувалося угруповання сіровільхових лісів

(*Alneta incanae*) з домінуванням у травостой скополії карніолійської (*Scopolia carniolica* Jacq.), яке внесено до «Зеленої книги України» як рідкісний тип асоційованості домінантів деревостану та травостою (Green book..., 2009).

На території Карпатського біосферного заповідника, ПЗ «Горгани», НПП «Синевир», НПП «Вижницький», Карпатського НПП по берегах (терасах) гірських річок поширені угруповання сіровільхових лісів (*Alneta incanae*) з домінуванням у травостой *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro, які також внесено до «Зеленої книги України» як звичайний тип асоційованості домінуючих видів. Однак їх локалітети трапляються не часто (Green book..., 2009).

Сіровільхові ліси (*Alneta incanae*) з домінуванням у травостой цибулі ведмежої (*Allium ursinum* L.), які трапляються на території Верхньодністровських і Сколівських Beskidів (Львівська обл.), Буковинських Карпат (Чернівецька обл.) також є прикладом звичайної асоційованості домінанти деревостану та домінанти травостою – цибулі ведмежої, яку внесено до Червоної книги України (Red Data Book..., 2009). Такі угруповання натепер є під загрозою зникнення (Green book..., 2009). У більш сухих умовах вільха сіра у віці 40-50 років починає уражатися стовбуровими гнилями та випадає із насаджень.

*Породи-постпіонери*. На нижніх висотних рівнях Карпат, у висотно-рослинних смугах, виділених Stoyko (2009) (I – дубових лісів з дуба звичайного; II – ялицево-дубових лісів за участю дуба звичайного; III – дубових лісів за участю дуба скельного; IV – буково-дубових і дубово-букових лісів за участю дуба скельного) типовими постпіонерами є *Quercus robur*, *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Prunus avium* (L.) L., *Prunus padus* L., *Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd., *Tilia cordata* Mill. та *Tilia platyphyllos* Scop., види родів *Crataegus* та *Ulmus* (*U. glabra* Huds., *U. laevis* Pall., *U. minor* Mill.). Значна участь черешні та черемхи (*Prunus avium*, *P. padus*) є в лісах поблизу сіл Підмонастирок, Уріж, смт Підбуж (ліси Дрогобицького дочірнього лісгосподарського підприємства ОКС ЛГП «Галсільліс»), сіл Майдан і Нагуевичі (Дрогобицький район), в околицях сіл Крушельниця, Підгородці (Сколівський район). В околицях м. Сколе, сіл Дубина та Крушельниця (Сколівський район) по берегах річок Опір, Кам'янка та Стрий у складі лісостанів значною є участь *Tilia cordata*, *Carpinus betulus* та *Quercus robur*, які формують складні мішані лісостани.

Своєрідність таких лісових угруповань навіть стала підставою для внесення деяких з них до регіональної «Зеленої книги» (Stoyko et al., 1998). Зокрема, в ході виконаного нами із співавторами обстеження рослинності НПП «Сколівські Beskidi» (Solomakha et al., 2004) у кв. 2 Сколівського лісництва на дуже скелетних брилових ґрунтах у смугі проходження пісковикових відкладів вигодської світи виявлено монодомінантні та



мішані грабові ліси. Дерева *Carpinus betulus* у цих лісостанах – незбіжисті прямостовбурні віком 40-80 років, заввишки 10-20 м. Зімкнутість крон – 0,7-0,9. У трав'яному вкритті цих лісостанів налічується до 60 видів квіткових і вищих спорових рослин, серед яких у монодомінантних угрупованнях переважають види класу *Querc-Fagetea* (*Anemona nemorosa* L., *Glechoma hirsuta* Waldst. & Kit., *Salvia glutinosa* L.) і порядку *Fagetalia* (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott), *Mercurialis perennis* L., *Symphytum cordatum* Waldst. et Kit. ex Willd., *Paris quadrifolia* L., *Rubus hirtus* Waldst. & Kit., *Lunaria rediviva* L.), а також *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H.P. Fuchs, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth ex Mert. У незначній кількості трапляються *Carex pilosa* Scop., *Stellaria holostea* L. Характерним є майже непрохідний ярус *Ribes uva-crispa* L. (*Grossularia reclinata* (L.) Mill.) за участю *Ribes lucidum* L. Наявність в покриві *Polypodium vulgare* L. та *Asplenium scolopendrium* L. (*Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman) зближує ці ценози з яворовими лісами союзу *Tilio platyphillis-Acerion pseudoplatani*. У підрості (зімкнутість крон 0,1-0,3) переважають *Acer pseudoplatanus* L., *A. platanoides* L. Підріст *Carpinus betulus* трапляється поодинокі і не в усіх угрупованнях.

На вищих висотних рівнях у рослинних смугах букових, ялицево-букових і буково-ялицевих лісів типовими постпіонерами є *Acer platanoides* та *A. pseudoplatanus*. В окремих місцях явір формує досить стійкі в часі рослинні угруповання із рідкісними видами в трав'яному ярусі (Green book..., 2009).

Угруповання яворових лісів (*Acereta pseudoplatani*) з домінуванням у травостої *Lunaria rediviva* поширені на висотах 500-700 м н.р.м. на крутих гірських схилах з кам'янистими світло-бурими слабкокислими середньоскелетними ґрунтами, зокрема на території Львівської обл. (НПП «Сколівські Бескиди», ДП «Славське ЛГ»), Закарпатської обл. (околиці смт Воловець та Велике Березне), Чернівецької обл. (НПП «Вижницький», ДП «Сторожинецьке ЛГ»). Старовіковий лісостан клена-явора із *Lunaria rediviva* (рис. 1) виявлено в околицях гори Шибеля (Сколівський військовий лісгосп – територія, яка без вилучення у постійного користувача ввійшла до складу НПП «Сколівські Бескиди»). Вік дерев явора сягає тут 100-150 років. У лісостані в значній кількості на корі дерев трапляється лишайник лобарія легеневоподібна – *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm (рис. 2). Цей лишайник внесено до Червоної книги України (Red Data Book..., 2009) та є індикатором малопорушених старовікових лісів.

Угруповання яворових лісів (*Acereta pseudoplatani*) з домінуванням у травостої *Scopolia carniolica* поширені на стрімких або похилих схилах на висотах 500-700 м. н.р.м. з типовими слабкокислими бурими середньо- та дуже скелетними ґрунтами у трансаккумулятивних місцеположеннях. Трапляються на території НПП «Сколівські Бескиди», ДП «Славське ЛГ» (Львівська обл.), ДП «Воловецьке ЛГ», ДП «Великобerezнянське ЛГ», ДП «Ясінян-

ське ЛМГ» (Закарпатська обл.); ДП «Сторожинецьке ЛГ» (Чернівецька обл.).

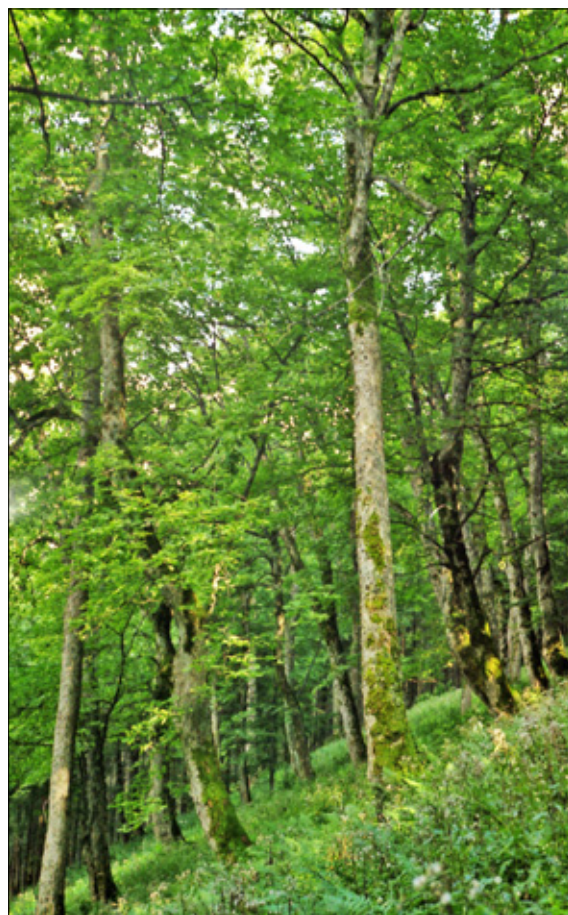


Рис. 1. Угруповання клена-явора з *Lunaria rediviva*

Угруповання яворових лісів (*Acereta pseudoplatani*) з домінуванням у травостої *Allium ursinum* поширені на висотах близько 450 м н.р.м. та біля підніжжя схилів з типовими бурими сильноскелетними гірсько-лісовими ґрунтами. Трапляються у Львівській та Закарпатській областях (зокрема на території НПП «Ужанський», ДП «Сколівське ЛГ»).

*Sorbus aucuparia* є представником постпіонерів, що однією з перших поселяється під наметом розріджених ялиників й у деревостанах порідпіонерів. Однак у деяких місцях, зокрема в умовах НПП «Сколівські Бескиди», *Sorbus aucuparia* утворює зарості із прямостоячих стовбурів та у вигляді криволісся (хребти Парашки, Зелемінь). Як показали наші дослідження, тут горобинники формують верхню межу лісу – на території Сколівських Бескидів вище від них трапляються тільки зарості чагарників *Alnus viridis* (Chaix.) D.C. (*Duschekia viridis* Opiz.), *Salix silesiaca* Willd. та ін., які межують з лучними ценозами (Solomakha et al., 2004).

Класичними постпіонерами деякі дослідники (Rameau et al., 1989) вважають також *Pinus sylvestris* L. В умовах Українських Карпат природні соснові лісостани мають реліктовий характер й поширені в основному на торф'янистих ґрунтах верхових боліт: заказник «Болото Лютошара»



(Осмолодське л-во ДП «Осмолодське ЛГ»), «Турова дача» (Краснянське л-во ДП «Осмолодське ЛГ»). Фрагментами реліктові сосняки трапляються також на бідних кам'янистих ґрунтах і розсипах: урочище «Бубнище» (Полянницьке л-во ДП «Болехівське ЛГ»), урочище «Голятин» (Ізківське л-во ДП «Міжгірське ЛГ») та ін.



Рис. 2. *Lobaria pulmonaria* на корі клена-явора

У деяких районах Карпат та Прикарпаття, після Другої світової війни, *Pinus sylvestris* використовували для створення лісових культур і заліснення колишніх приватних сінокосів (царинок), пасовищ і навіть земель сільськогосподарського призначення після виселення людей під час ліквідації населених пунктів з метою внесення цих територій до земель державного лісового фонду. Великі масиви таких похідних соснових лісів є на території Турківського, Дрогобицького, Сколівського, Старо-Самбірського районів Львівської області. *Pinus sylvestris* тут росте на невластивих для цієї породи ґрунтах, зокрема – суглинистих і глинистих. Дає добрі прирости за висотою та діаметром, однак формує дуже крихку деревину, яка часто пошкоджується вітрами або мокрим снігом (рис. 3).



Рис. 3. Вітровальні дерева *Pinus sylvestris* у насадженнях, створених на сільськогосподарських угіддях колишнього села Гвоздець

Однак і в таких умовах *Pinus sylvestris* проявляє себе як типовий постпіонер-кочівник – дуже швидко з допомогою насіння поширюється на навколиш-

ні території. Інтенсивне поширення сосни із штучно створених насаджень на безлісі ділянки (колишні сільськогосподарські угіддя) спостерігається в умовах Головецького л-ва ДП «Старосамбірське ЛМГ», на території колишнього села Гвоздець, жителів якого було виселено у повоєнні роки (рис. 4). За наявності поряд із похідними сосняками лісів за участю в складі *Abies alba* та *Fagus sylvatica* L., відбувається поступове повернення корінних порід, яке з часом призведе до витіснення з деревостанів *Pinus sylvestris*, однак цей процес триватиме довго.



Рис. 4. Молодий деревостан *Pinus sylvestris* природного походження на покинутих сільськогосподарських угіддях колишнього села Гвоздець

*Породи-дріади.* Формують стійкі лісостани, які, без втручання людини, можуть тривалий час функціонувати, підтримуючи певний рівень балансу між всіма складовими елементами лісових екосистем. Для великих площ таких лісів властиві так звані мозаїчні лісовідновні сукцесії. У процесі функціонування у них, внаслідок відпаду окремих дерев, появляються та зникають невеликі прогалини – ці процеси отримали назву «мозаїчних циклів» (Remmert, 1991).

Ліси за участю *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies*, *Taxus baccata* на території Карпат зазнали значних змін у процесі лісогосподарської діяльності впродовж останніх 100-150 років. Зменшення площі ялицево-букових лісів і заміна їх монокультурами *Picea abies* є типовим прикладом зміни видового складу та структури деревостанів у ході лісогосподарської діяльності, спрямованої на швидке отримання товарної деревини (Holubets, 1978; Kozlovsky & Kramarets, 2009; Kozlovsky et al, 2018). Під час створення таких монокультур не враховували природно-кліматичні особливості території та біолого-екологічні особливості ялини.

Породи-дріади формують на території Українських Карпат як типові, так і рідкісні рослинні угруповання, деякі з них внесено до «Зеленої книги України» (Green book..., 2009). Рідкісними є угруповання букових лісів тисових *Fageta (sylvaticae) taxosa (baccatae)* та ялицево-букових лісів тисових *Abieto (albae)–Fageta (sylvaticae) taxosa (baccatae)*.

Унікальним є наявність під наметом букових або ялицево-букових деревостанів реліктового виду *Taxus baccata* L. У трав'яному ярусі таких лісів поширені рослини, типові для букових лісів. Такі угруповання трапляються невеликими фрагментами на території НПП «Сколівські Бескиди», у Карпатському біосферному заповіднику, в ботанічному заказнику загальнодержавного значення «Княждвір» (Коломийський район Івано-Франківської обл.), ботанічній пам'ятці природи загальнодержавного значення «Тисовий Яр» (Кучурівське л-во ДП «Чернівецьке ЛГ» Чернівецької обл.).

Букові ліси (*Fageta sylvaticae*) з домінуванням у травості листовика сколопендрового (*Phyllitis scolopendrium*) – рідкісне поєднання породи-дріади з домінантом трав'яного ярусу, який є реліктом третинного періоду. Незважаючи на досить широкий ареал свого поширення в Європі та Азії, він всюди є дуже рідкісним видом. Листовик сколопендровий – тіньовитривала рослина, яка надзвичайно чутлива до зміни середовища, зокрема після рубок. Такі угруповання фрагментами трапляються на території Передкарпаття та на Чорногорі, Бескидах, Свидовці, Вулканічних Карпатах. Охороняються в Карпатському біосферному заповіднику та в НПП «Сколівські Бескиди».

Букові ліси (*Fageta sylvaticae*) з домінуванням у травості *Lunaria rediviva* – релікту третинного періоду, який внесено до «Червоної книги України» (Red Data Book..., 2009), є прикладом рідкісного типу асоційованості домінанту деревостану з домінантом трав'яного вкриття. Охороняються у Карпатському біосферному заповіднику, природного заповідника «Горгани», національних природних парках «Вижницький», «Карпатський», «Сколівські Бескиди», «Синевир», «Ужанський». Досить часто трапляється на території лісгосподарських підприємств у Карпатах.

До рідкісних угруповань також можна віднести букові ліси (*Fageta sylvaticae*) з домінуванням у травості скополії карніолійської (*Scopolia carniolica*) та букові ліси (*Fageta sylvaticae*) з домінуванням у травості *Allium ursinum*. У трав'яному вкритті таких лісостанів домінантом травостою є червонокнижні види. Угруповання бука із домінуванням у трав'яному вкритті скополії трапляються на території НПП «Сколівські Бескиди», ДП «Сколівське ЛГ», ДП «Вигодське ЛГ», Карпатського біосферного заповідника. Букові ліси з *Allium ursinum* поширені на території НПП «Сколівські Бескиди», ДП «Сколівське ЛГ», ДП «Славське ЛГ», ДП «Турківське ЛГ», НПП «Ужанський», НПП «Вижницький», ДП «Івано-Франківське ЛГ», Карпатського НПП та ін.

Букові ліси (*Fageta sylvaticae*) з домінуванням *Hedera helix* L. внесено до Зеленої книги України (Green book..., 2009) як звичайний тип асоційованості бука лісового із реліктовим видом плющем звичайним. Такі угруповання трапляються окремими ізольованими ценозами на території НПП «Сколівські Бескиди», ДП «Сколівське ЛГ», ДП «Славське ЛГ» та в Карпатському НПП.

Надзвичайно цікавими з ценотичного та лісівничого погляду є лісостани з участю *Quercus robur* та *Abies alba*. Stoyko (2009) навіть виділяє окрему висотну рослинну смугу буково-ялицево-дубових лісів з дуба звичайного (*Abieto-Querceta roboris*), які простягаються від Добримиля до Коломиї та Буковинських Карпат. Такі звичайно-дубово-ялицеві ліси *Querceta (roboris)-Abieta (albae)* та ялицево-звичайно-дубові ліси *Abieto (albae)-Querceta (roboris)* внесено до «Зеленої книги України» як рідкісні угруповання, сформовані різними за еколого-ценотичними особливостями домінуючими видами – *Abies alba* (на північно-східній межі поширення) та *Quercus robur* (на верхній висотній межі зростання). Такі найтипівіші ценози збереглися в околицях міст Дрогобич і Трускавець і натепер, внаслідок значного господарського впливу, перебувають на межі зникнення (Green book..., 2009).

*Picea abies* у зоні свого природного поширення проявляє себе як типовий представник дріад – добре утримує свої позиції та забезпечує довготривале функціонування утворених нею ценозів. За більш-менш стабільних кліматичних умов ялинники тут можуть відновлюватися тривалий час за так званним циклічним типом сукцесій – під час відмирання окремих дерев чи їх куртин утворюються «вікна», в яких успішно відновлюється ялина. Самосів ялини у «вікнах» і прогалинах, які виникли в різний період часу, призводить до формування різновікових лісостанів складної багаторувної структури.

Деяко іншою є ситуація у похідних ялинниках, які створені штучно або виникли природним шляхом на місці ялицево-букових лісів. Тут *Picea abies* є чужорідним, привнесеним елементом, який приречений на загибель (Holubets, 1978). На витіснення ялини починає працювати весь комплекс абіотичних та біотичних чинників: температурний та вологісний режими, багатство та мінеральний склад ґрунтів, характер мінералізації опаду, наявність та зростання агресивності гетеротрофного блоку – грибів-патогенів, комах камбіо- та ксилофагів тощо (Holubets, 1978; Kozlovsky & Kramarets, 2009).

У похідних ялинниках одним із важливих чинників, який негативно впливає на санітарний стан деревостанів, є формування потужного фітопатогенного комплексу ґрунтових нематод (Kozlovsky, 2009). За межами свого природного ареалу *Picea abies* досить швидко поширюється на відкриті території та може захоплювати їх. Однак, за нашими спостереженнями, розвиток таких молодняків суттєво ускладнюється з огляду на біологічні особливості ялини, яка є типовим бореальним видом і має певні вимоги до температури та вологості повітря і ґрунту. Зокрема на південних схилах в умовах Сколівських Бескидів спостерігається ослаблення та відпад молодих дерев у чистих куртинах ялини, водночас значно кращим є стан природного поновлення у куртинах берези (Kramarets & Kgunyckyj, 2008).

У поясі природних ялинових лісів цікавими угрупованнями є кедрово-сосново-ялинові



ліси *Pineto (cembrae)-Piceeta (abietis)* та кедрово-сосново-ялицево-ялинові ліси *Pineto (cembrae)-Abieto (albae)-Piceeta (abietis)* (Green book..., 2009). У деревостані цих угруповань співедифікатором є *Pinus cembra* L. – ранньоголоценовий реліктовий вид, внесений до Червоної книги України (Red Data Book..., 2009). Поширені такі ценози на території Горган, Чорногори, Чивчинських гір (Івано-Франківська обл.) та Покутсько-Буковинських Карпат (Чернівецька обл.).

На верхній межі свого поширення *Picea abies* формує рідкісні угруповання *Piceeta (abietis) pinetosa (mugi)* із *Pinus mugo* Turta у складі деревостанів. Трапляються такі ценози у високогірних районах Українських Карпат, зокрема в НПП «Синевир», Карпатському біосферному заповіднику, Карпатському НПП. Підставою для внесення цих угруповань до Зеленої книги України є рідкісне поєднання домінантів деревного ярусу, синекологічні оптимуми яких є різними (Green book..., 2009).

Загалом біологічні особливості деревних порід визначають характер і перебіг лісовідновних сукцесій. Особливої уваги заслуговують сукцесії в похідних ялинових лісостанах і на зрубках після проведення суцільних санітарних рубок. Наявність великих площ пошкоджених і всихаючих ялиників створює певні проблеми стосовно лісовідновлення деревостанів за типом корінних. Тому лісівники, як теоретики, так і практики, дедалі більше схиляються до думки, що оздоровлення лісостанів, які всихають або всохли, та формування на їх місці стійких до дії біотичних та абіотичних чинників деревостанів може потребувати переходу через стадію порід-піонерів (Maurer et al., 2008; Martinik et al., 2018; Kozlovsky et al., 2018). Така сукцесія буде сприяти формуванню лісового середовища. *Betula pendula*, *Alnus incana*, *Populus tremula*, *Salix caprea* швидко відновлюють лісове середовище, пришвидшують мінералізацію рослинних решток, оздоровлюють ґрунт, руйнують небажаний нематодний комплекс, гальмують розвиток кореневих гнилей і поширення ентомошкідників. Водночас для *Betula pendula* властива значна різноманітність мікориз, які формують її корінці з багатьма видами шапінкових грибів (Sierota et al., 1994). Наявність мікоризних грибів у ґрунті сприяє росту *Picea abies*, *Fagus sylvatica* та *Abies alba*, які обов'язково потребують наявності мікоризи для забезпечення мінерального живлення та нормального розвитку дерев.

У ризосфері лісових ґрунтів наявні сапрофітні гриби, які сприяють мінералізації опадів та рослинних решток (Sierota et al., 1994). Деякі з них (*Trichoderma* spp., *Tolyptocladium geodes* W. Gams, *Penicillium spinulosum* Thom, *P. janczewskii* K.W. Zaleski та ін.) є антагоністами багатьох патогенних грибів, у т.ч. кореневої губки. У мішаних насадженнях під наметом листових порід збільшується різноманітність видового складу таких грибів, що забезпечує мікробіологічний захист дерев у лісових біогеоценозах, особливо під час їх формування на лісосіках після суцільних

рубок в ялиниках, уражених кореневими гнилями, або на деградованих ґрунтах. Облік санітарного стану молодих дерев *Picea abies*, проведений в чистих куртинах цієї породи та в куртинах із *Betula pendula*, показали, що санітарний стан тіньовитривалого підросту ялини є кращим під наметом біогруп берези порівняно із чистими біогрупами ялини (Kramarets & Krynyckyj, 2008).

На лісосіках і під наметом всохлих похідних ялинових монокультур поява порід-піонерів сприяє формуванню лісового середовища та створює передумови для подальшого розвитку тіньовитривалих порід (*Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Picea abies*). Однак під наметом всохлих похідних ялиників та на лісосіках після суцільних рубок у складі самосіву значною є участь *Picea abies*, що в подальшому призводить до переваги цього деревного виду в складі сформованих молодих насаджень. Участь порід-постпіонерів (*Acer platanoides* та *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*) у складі насаджень, котрі виникають у ході сукцесії, є незначною. Друга-третья генерація ялиників у невласливих для цієї породи едафо-кліматичних умовах призводить до куртинного відмирання ялини уже з віку 30-40 років.

Під час проведення санітарних рубок у всихаючих ялиниках доцільно зберігати як насінники дерева *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, *Acer platanoides* та *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus excelsior*, *Ulmus* spp. Це забезпечить появу самосіву цих видів, підвищить біологічну стійкість майбутніх насаджень та створить передумови до переходу на принципи наближеного до природи ведення лісового господарства. Для відтворення деревостанів за типом корінних на місці похідних ялиників доцільно здійснювати сівбу чи садіння бука, ялиці та порід-постпіонерів під намет всихаючих деревостанів. Вводити ці породи потрібно куртинами, що дасть змогу наблизити склад і структуру таких деревостанів до природних лісів.

Породи-піонери та постпіонери формують досить стійкі та довговічні лісостани, під час розпаду яких можливий перехід до відновлення лісостанів з перевагою у складі порід-дріад (*Fagus sylvatica* та *Abies alba*), які краще адаптовані до природних умов нижніх і середніх висотних рівнів Українських Карпат. Природні сукцесії в насадженнях порід-дріад забезпечують формування довговічних стійких лісостанів із циклічним характером лісовідновних сукцесій. Водночас саме такі лісостани повинні бути основою для ведення наближеного до природи лісового господарства (Krynyckyj et al., 2014).

**Висновки.** Еколого-біологічні особливості деревних порід (зокрема їх динамічні особливості) впливають на характер і перебіг лісовідновних сукцесій. Під наметом порід-піонерів створюються умови для подальшого поширення порід-постпіонерів і дріад. *Betula pendula*, *Alnus incana*, *Populus tremula*, *Salix caprea* швидко покращують лісове середовище, тому відновлення лісостанів на місці похідних ялиників доцільно здійснювати за

зразком природних лісовідновних сукцесій через стадію порід-піонерів. Це покращить умови розвитку наявного підросту *Picea abies* та надалі забезпечить перехід до формування лісостанів із порід-дріад (*Abies alba* та *Fagus sylvatica*). За відсутності у складі деревостанів бука та ялиці їх варто вводити під намет всихаючих ялиників методом сівби або садіння.

На території Українських Карпат *Alnus incana*, *Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur* та *Abies alba* формують рідкісні угруповання, які потребують охорони та проведення заходів із підтримання стабільності таких ценозів, враховуючи напрямки і характер лісовідновних сукцесій.

### Бібліографічні посилання

- Debryniuk, Yu. M. (2011). Dieback of spruce forests: causes and consequences. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21 (16), 32-38. Retrieved from: [http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21\\_16/32\\_Deb.pdf](http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/32_Deb.pdf) (in Ukrainian).
- Grigora, I. M., & Solomakha, V. A. (2000). *Fundamentals of phytocenology*. Kyiv: Phytosociocentre (in Ukrainian).
- Gauthier, S., Bernier, P., Kuuluvainen, T., Shvidenko, A. Z., Schepaschenko D. G. (2015). Boreal forest health and global change. *Science*, 349 (6250), 819-822. DOI: 10.1126/science.aaa9092
- Green book of Ukraine*. (2009). Ed. Ya. P. Didukh, Kyiv: Alterpress (in Ukrainian).
- Holubets, M. A. (1978). *Spruce forests of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Scientific thought (in Russian).
- Kagalo, A. (2003). Conceptual-methodical bases of zoological estimation of changes of a plant cover. *Visnyk of L'viv univ. Biology Series*, 34, 3-18. Retrieved from: <http://prima.lnu.edu.ua/faculty/biologh/wis/34/review/01/01.pdf> (in Ukrainian).
- Klavina, D., Menkisa, A., Gaitnieksa, T., Velmalad, S., Lazdina, A., Rajalad, T., & Pennanend T. (2015). Analysis of Norway spruce dieback phenomenon in Latvia – a belowground perspective. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (2), 1-10. Retrieved from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02827581.2015.1069390>
- Kozlovsky, M. P. (2009). *Phytonematodes of terrestrial ecosystems of the Carpathian region*. Lviv: Monuskript (in Ukrainian).
- Kozlovsky, M. P., & Kramarets, V. O. (2009). The main reasons for the drying of spruce in the derivative forests of the Ukrainian Carpathians. *II all-Ukrainian Congress of Ecologists with International (Ecology – 2009)*, 224-227. Vinnytsia: FOP Danyliuk (in Ukrainian).
- Kozlovsky, M. P., Shkaruba, A. D., Shpakivska, I. M., & Rozhak, V. P. (2018). Ecological framework of forest management in the context of European integration of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28 (11), 48-54. doi: <https://doi.org/10.15421/40281109> (in Ukrainian).
- Kramarets, V. O., & Krynyckij, G. T. (2008). Natural forest regeneration in spruce stands of the protected natural area «Makivka». *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Collection of Research Papers*, 6, 78-81 (in Ukrainian).
- Kramarets, V. O., & Matsiakh, I. P. (2018). The role of biotic factors in spruce decline in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 121-132. DOI: <https://doi.org/10.15421/411827> (in Ukrainian).
- Krynytskyi, H. T., Chernyavskiy, M. V., Derbal, Ju. Ju., Delean, I. V., Myklush, S. I., Parpan, V. I., ... Shparyk, Ju. S. (2014). *Close to nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. Uzhgorod: Kolo (in Ukrainian).
- Martinik, A., Knott, R., Krejza, J., Černý, J. (2018). Biomass production of *Betula pendula* stands regenerated in the region of allochthonous *Picea abies* dieback. *Silva Fennica*, 52 (5). Retrieved from: <https://doi.org/10.14214/sf.9985>
- Maurer, V. M., Gordienko, M. I., Brovko, F. M., Fuchylo, Ja. D. ... Ivanjuk, I. V. (2008). Theoretical and technological basics of forest reproduction on the basis of ecologically oriented forestry: scientific and methodological recommendations. *Scientific and technical information*, № 2. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (in Ukrainian).
- Morozov, G. F. (1949). *The doctrine of the forest*. Moskov-Leningrad: Goslesbumizdat (in Russian).
- Parpan, V., Shparyk, Y., Slobodyan, P., Parpan, T., Korshov, V., Brodovich, R., Krynyckij, G., Debrenyuk, Y., Kramarets, V., & Cheban, I. (2014). Forest management peculiarities in secondary Norway spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) stands of the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine: Collection of Research Papers*, 12, 20-29. doi: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu\\_2014\\_12\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu_2014_12_4) (in Ukrainian).
- Rameau, J.-C., Mansion, D., Dumé, G. (1989). *Flore forestière française: guide écologique illustré*. Vol. 1: Plaines et collines. Paris, Institut pour le développement forestier et Ministère de l'Agriculture et de la Forêt.
- Remmert, H. (1991). *The mosaic-cycle concept of ecosystems*. Berlin a.o., Ecological Studies, Springer Verlag.
- Red Data Book of Ukraine. Plants*. (2009). Kyiv: Hlobalkonsal'tynh (in Ukrainian).
- Sierota, W., Głowacka, B., Karlikowski, T., Kolk, A., Kowalski, S., Kowalski, T., ... Zaleski, A. (1994). Possibilities of reducing the forest of disease predispositions by forest management methods. *Prace Inst. Bad. Leśn., Seria B*, 22, 3-55 (in Polish).
- Solomakha, V. A., Iakushenko, D. M., Kramarets, V. O., Milkina, L. I., Voroncov, D. P. ... Solomakha, T. D. (2004). *National Nature Park Skolivski Beckydy. Plant World*. Nature reserve territories of Ukraine. Plant world. Iss. 2. Kyiv (in Ukrainian).

- Stoyko, S.M., Milkina, L.I., Yashchenko, P.T., Kahalo, O.O., & Tasyenkevych, L.O. (1998). Rare phytocenoses of Western regions of Ukraine (Regional Green Data Book). Lviv: Polli (in Ukrainian).
- Stoyko, S. M. (2009). Oak forests of the Ukrainian Carpathians: ecological peculiarities, restoration, conservation. Lviv: Merkator (in Ukrainian).
- Zeppenfeld, T., Svoboda, M., DeRose, R. J., Heurich, M., Muller, J., Cizkova, P., Stary, M., Bace, R., & Donato, D.C. (2015). Response of mountain *Picea abies* forests to stand-replacing bark beetle outbreaks: neighbourhood effects lead to self-replacement. *Journal of Applied Ecology*, 2015, 52, 1402-1411. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12504>

### Влияние эколого-биологических особенностей древесных пород на сукцессии в лесах Украинских Карпат

В. А. Крамарец<sup>1</sup>, М. В. Попович<sup>2</sup>, О. З. Бойко<sup>3</sup>

Поданы данные об эколого-биологических особенностях древесных пород, определяющих динамику лесовосстановительных процессов и влияющих на ход лесных сукцессий. Охарактеризованы закономерности формирования древостоев с участием пород-пионеров, постпионеров и дриад.

Приведены данные о сукцессионных лесных сообществах, сформированных с участием пород с различными динамическими особенностями. Породы-пионеры (*Betula pendula* Roth., *Alnus incana* (L.) Moench, *Populus tremula* L., *Salix caprea* L.) быстро улучшают лесную среду после усыхания еловых монокультур, поэтому восстановление древостоев на месте производных ельников целесообразно проводить по образцу естественных лесовосстановительных сукцессий через стадию пород-пионеров. *Alnus incana* (одна из пород-пионеров в карпатских лесах) в пониженных местах около рек формирует достаточно устойчивые редкие ценозы с доминированием в травяном

ярусе *Scopolia carniolica* Jacq., *Allium ursinum* L., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro.

Породы-постпионеры (*Acer pseudoplatanus* L., *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Fraxinus excelsior* L., *Carpinus betulus* L., *Pyrus pyrastra* (L.) Burgsd., *Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *Sorbus aucuparia* L.) формируют долговечные сукцессионные сообщества. Небольшими фрагментами встречаются редкие яворовые ценозы с преобладанием в травяном ярусе *Lunaria rediviva* L., *Scopolia carniolica*, *Allium ursinum*. На территории НПП «Сколевские Бескиды» (горные хребты Парашка и Зелеминь) ценозы *Sorbus aucuparia* формируют верхнюю границу леса. *Pinus sylvestris* L. является типичной породой-постпионером, которая в Украинских Карпатах формирует естественные реликтовые насаждения на верховых болотах и каменистых россыпях. Сосну массово использовали после Второй мировой войны для облесения сельскохозяйственных угодий, из которых она в настоящее время активно распространяется на безлесные участки. На богатых почвах *Pinus sylvestris* растет интенсивно, однако сильно повреждается снегом и ветром.

Породы-дриады *Fagus sylvatica* L., *Abies alba* Mill., *Taxus baccata* L. и *Picea abies* [L.] Karst. (на верхних высотных уровнях гор) формируют устойчивые насаждения. Без вмешательства человека древостои этих пород могут длительное время функционировать, поддерживая определенный уровень баланса между всеми составляющими элементами лесных экосистем. Редко встречаются ценозы *Fagus sylvatica* с участием в составе краснокнижных и регионально – редких видов *Taxus baccata*, *Allium ursinum*, *Scopolia carniolica*, *Lunaria rediviva*, *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman. Очень интересными является насаждения с участием дуба обыкновенного и пихты белой. Они сформированы разными по эколого-ценотическим особенностям доминирующими породами. В поясе природных еловых лесов редкими являются сообщества ели с участием в их составе *Pinus cembra* L. и *Pinus mugo* Turra.

Редкие лесные ценозы нуждаются в охране и проведении мероприятий по поддержанию их стабильности, учитывая направление и характер лесовосстановительных сукцессий.

Для перехода лесного хозяйства на принципы приближенного к природе лесоводства, на территории Украинских Карпат необходимо ориентироваться на формирование разновозрастных древостоев по типу коренных с преимуществом в их составе долговечных пород-дриад – *Fagus sylvatica*, *Abies alba*, а на высших высотных уровнях гор – *Picea abies*.

**Ключевые слова:** древесные породы-пионеры, постпионеры, дриады; биологические особенности древесных пород; лесовосстановительные сукцессии; редкие лесные сообщества.

<sup>1</sup> Крамарец Владимир Александрович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-032-260-04-08, +38-067-252-76-56. E-mail: [v\\_kramarets@ukr.net](mailto:v_kramarets@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5978-3711>

<sup>2</sup> Попович Михаил Васильевич – соискатель кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-032-260-04-08. E-mail: [1shuvar@gmail.com](mailto:1shuvar@gmail.com)

<sup>3</sup> Бойко Остап Зиновьевич – директор Государственного предприятия «Сколевское лесное хозяйство», ул. Стрыйская, 30, г. Сколе, Львовской области, 82600, Украина. Тел.: +38-03251-21929; E-mail: [skoledlg@ukr.net](mailto:skoledlg@ukr.net)

## Influence of Ecological and Biological Features of Tree Species on successions in the Forests Succession in of the Ukrainian Carpathians

V. Kramarets<sup>1</sup>, M. Popovich<sup>2</sup>, O. Bojko<sup>3</sup>

The paper presents the data related to the ecological and biological features of tree species which determine the dynamics of forest-dependent processes and influence the course of forest successions. The patterns of forest stand formation with the participation of pioneer, post-pioneer, and dryad tree species were analysed.

The succession forest groups formed by the tree species participation are characterized by different dynamic properties. In particular, pioneer tree species (*Betula pendula* Roth., *Alnus incana* (L.) Moench, *Populus tremula* L., *Salix caprea* L.) can improve quickly the forest environment, therefore it is recommended to restore the forest stands on the sites of derivative spruce monocultures in accordance with the model of natural forest-dependent successions through the stage of the pioneering tree species. *Alnus incana*, as one of the main pioneering tree species in the Carpathian forests, in the lowlands are able to form forms fairly stable rare groups with domination in the grassy tier of *Scopolia carniolica* Jacq., *Allium ursinum* L., *Matteuccia struthiopteris* (L.) Todaro.

Post-pioneer tree species (*Acer pseudoplatanus* L., *Quercus robur* L., *Pinus sylvestris* L., *Fraxinus excelsior* L., *Carpinus betulus* L., *Pyrus pyraeaster* (L.) Burgsd., *Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *Sorbus*

*aucuparia* L.) can form a durable forest successional group. The rare sycamore coenoses with domination in the grassy tier of *Lunaria rediviva*, *Scopolia carniolica*, *Allium ursinum* found in small fragments. The *Sorbus aucuparia* groups forming the upper limit of the forest zone revealed on the territory of National Park «Skolivski Beskidy» (mountain ranges Parashka and Zelemini *Pinus sylvestris* L. are the typical post-pioneer tree species and it establishes the natural relict forests on upper swamps and rocky scatterings in the Ukrainian Carpathians. After the Second World War pine was massively used for the afforestation of agricultural land, where it is currently actively spreading to the wildland. *Pinus sylvestris* grows intensively on rich soils but is heavily damaged by snow and wind.

Dryad tree species *Fagus sylvatica* L., *Abies alba* Mill., *Taxus baccata* L. and *Picea abies* [L.] Karst. (at the upper altitudes of mountains) form the stable forest stands, which, without human intervention, can function for a long time, maintaining a certain level of balance between all the constituent elements of forest ecosystems. There are rarely found coenoses of *Fagus sylvatica* with the participation of Red list and regionally rare species, for example, *Taxus baccata*, *Allium ursinum*, *Scopolia carniolica*, *Lunaria rediviva*, *Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman. Undoubtedly, pedunculated oak and silver fist forests stands are extremely interesting from the coenobitic and forestry point of view. They are formed by various ecological-cenotic features of the dominant tree species. There is also a group consisting of *Pinus cembra* L. and *Pinus mugo* Turra. in the belt of natural spruce forests.

In general, rare forest coenoses require measures protection to maintain their stability, taking into account the direction and nature of forest-dependent successions.

It is necessary to focus on the formation of different age forest stands with the participation of the indigenous species and with a predominance in their composition of long-lived dryad tree species such as *Fagus sylvatica*, *Abies alba* and *Picea abies* at higher altitudinal levels of the mountains. That's will help to transmit the principles of close to nature into the forest management on the territory of the Ukrainian Carpathians.

**Key words:** pioneer, post-pioneer and dryad tree species; biological features of tree species; reforestation successions; rare forest communities.

<sup>1</sup> Volodymyr Kramarets – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Forestry department, Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-260-04-08, +38-067-252-76-56. E-mail: v\_kramarets@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5978-3711>

<sup>2</sup> Myhajlo Popovich – Doctoral student of the Forestry department, Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-032-260-04-08; E-mail: lshuvar@gmail.com

<sup>3</sup> Ostop Bojko – Director of the Skole State Forestry Enterprise, Stryjska st., 30, Skole, Lviv Tel.: +38-03251-2-19-29; E-mail: skoledlg@ukr.net.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411902>  
Article received 2018.12.13  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Myroslava Soroka  
[myroslava\\_soroka@yahoo.com](mailto:myroslava_soroka@yahoo.com)  
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 632.3

## Фітоценотичні передумови всихання *Abies alba* Mill. у лісових ценозах Покутських Карпат

М. І. Сорока<sup>1</sup>, А. Возняк<sup>2</sup>, А. Ф. Гойчук<sup>3</sup>, А. П. Ониськів<sup>4</sup>, П. П. Пліхтяк<sup>5</sup>

Трирічними дослідженнями осередків всихання *Abies alba* Mill. встановлено закономірності їхніх виникнення та поширення у лісових ценозах державного підприємства «Кутське лісове господарство». Здійснено обстеження ценозів з участю *Abies alba*, які належать різним асоціаціям лісової рослинності, ідентифікованих за допомогою еколого-флористичної класифікації рослинності та методу Ж. Браун-Бланкет (1964). Встановлено ступінь ураження дерев ялиці у розрізі видового складу лісових ценозів. Проаналізовано вплив абіотичних чинників на розвиток осередків усихання та встановлено, що вони розвилися у наступний після посушливого літа рік. Зроблена спроба дослідити етіологію, симптоматику та патогенез захворювання *Abies alba*. Аналітичним методом встановлено комплекс первинних і вторинних патогенів, черговість їх появи та можливі причини виникнення, поширення і розвитку хвороби. Висловлено аргументоване припущення, що всихання *Abies alba* спричиняють бактеріальна водянка і бактеріальний опік. У здорових і різного ступеня всихаючих деревостанах проведено фітосоціологічні дослідження на предмет встановлення каталізуючих патологію лісів чинників і, насамперед, відповідності видового складу фітоценозу умовам біотопу. Доведено, що найвищий ступінь ураження особин *Abies alba* бактеріозом і вторинними мікопатогенами притаманний лісам із зміненим видовим складом. Встановлено, що всихання *Abies alba* відбувається за зміни видового складу деревних ярусів лісових фітоценозів у бік трансформації ялицево-букових лісів у буково-ялицеві та чисто ялицеві шляхом вирубки бука у місцях зростання корінних деревостанів. Найвища частка уражених дерев ялиці встановлена у лісах асоціації *Dentario glandulosae-Fagetum*, із яких вибірково рубками вибрано бук. Натомість ялиця у природних ценозах асоціації *Abieti-Piceetum (montanum)* практично не уражується.

**Ключові слова:** ялицево-букові ліси; Покутські Карпати; бактеріальна водянка; бактеріальний опік; синтаксономія рослинності; метод Ж. Браун-Бланке; всихання лісів.

<sup>1</sup> Сорока Мирослава Іванівна – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки, деревинознавства і недеревної продукції лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, Львів 79057, Україна. Тел.: +38-032-239-27-11. E-mail: [myroslava\\_soroka@yahoo.com](mailto:myroslava_soroka@yahoo.com) ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>

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

<sup>3</sup> Гойчук Анатолій Федорович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. генерала Родімцева, 19, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-050-930-04-46. E-mail: [ogoychuk@gmail.com](mailto:ogoychuk@gmail.com) ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6827-2307>

<sup>4</sup> Ониськів Андрій Петрович – директор, державне підприємство «Кутське лісове господарство», вул. Січових Стрільців, 1, смт Яблунів, 78621, Косівський район, Івано-Франківська обл., Україна. Тел. +38-03478-3-66-44. E-mail: [kdlhlis@ukr.net](mailto:kdlhlis@ukr.net)

<sup>5</sup> Пліхтяк Петро Петрович – лісничий, державне підприємство «Кутське лісове господарство», вул. Січових Стрільців, 1, смт Яблунів, 78621, Косівський район, Івано-Франківська обл., Україна. Тел. +38-03478-3-66-44. E-mail: [kdlhlis@ukr.net](mailto:kdlhlis@ukr.net)

**Вступ.** У філогенезі будь-якого виду рослин та фітоценогенезі окремих природних угруповань безперервно проходять етапи адаптації до зміни умов зовнішнього середовища. Паралельно відбуваються також процеси парної еволюції детермінанта та його консортів усіх рівнів, у тому числі і живителів та їхніх паразитів. За мільйони років розвитку рослинного світу ці процеси відшліфовані до найменших нюансів та врівноважують один одного у природному середовищі. Оскільки людська діяльність вносить непередбачувані корективи у взаємовідносини організмів усіх рівнів організації, практично неможливо відновити рівновагу з природними процесами. Саме тому у сучасній структурі та функціонуванні рослинних ценозів виникають катастрофічні збої, які порушені фітоценози не в змозі самотійно подолати. Класичний уклад переважаючих процесів синтезу над процесами розпаду у рослинному світі змінюється на протилежний, розладнуються навіть найбільш стійкі деревостани та гинуть види рослин, які від природи мають потрійну лінію захисту від патогенів. Одним із проявів таких порушень в останні десятиліття є зростання видової чисельності та площ поширення фітопатогенних організмів, які призводять до деструктивних явищ різної інтенсивності в усіх без винятку типах фітоценозів.

Всихання лісів є предметом дискусії світових наукових спільнот, які по-різному пояснюють його причини. Превалюють припущення, що воно пов'язане зі змінами клімату (Dale, Joyce & McNulty, 2001, Lebourgeois, 2007, Pinto, Gegout, Herve & Dhote, 2007, Stoyko, 2009, Rathgeber & Ulrich, 2010, Jactel, Petit & Desprez-Loustau, 2012, Yavorovs'kyu, 2015, Shvydenko, Buksha & Krakovskaya, 2018, Zhang, Jiang, Zhao, Jiao & Wen, 2018), розвитком патогенних організмів різної систематичної та функціональної належності (Gvozdyak, Gojčuk & Rosenfeld, 2012, Goychuk, Drozda & Shvets, 2018), природними змінами біотопу (Levanic, 1997, Schelhaas, Nabuurs, & Schuck, 2003, Pinto, Gegout, Herve & Dhote, 2008, Kobal, Grman, Zupan, Levanic, Simoncic, Kadunc & Hladnik, 2015), лісгосподарською діяльністю (Kalutsky, 2008, Kulbanska, 2015, Meshkova, Borysenko & Pryhornytskyi, 2018), або сукупністю чинників (Gašperšić, 1967, Manko & Gladkova, 2001, Elling, Dittmar, Pfaffelmoser & Rotzer, 2009).

Сучасна лісова фітопатологія пов'язує хвороби лісових деревних рослин і насаджень за їхньою участю переважно із зовнішньою інфекцією. Експериментальні дослідження останніх років епіфітної і, особливо, ендоефітної аутоміко- і мікробіоти (міко- і мікробіоти здорових рослин), у т.ч. фітопатогенних її складників, вказують на потенційний потужний ендегенний вектор у виникненні патологій, часто епіфітотійних (Gvozdyak, Goychuk, Rosenfeld & Pasichnyk, 2011). Зазвичай патогенні ендоефіти аутомікробіоти виконують у фізіологічно здоровій рослині симбіотрофічні та біоконтролюючі функції. Водночас якщо у рослин під впливом

різних (часто не до кінця з'ясованих), каталізуючих хворобу чинників порушуються системні взаємодії, насамперед, метаболічні процеси, які лежать в основі будь-якого патологічного процесу, патогенні ендоефіти аутомікробіоти здатні спричинити (а досить часто і спричинюють) епіфітотійні патології лісових деревних рослин без значущої участі екзогенних інфекційних агентів. Наразі як в Україні, так і за її межами відбувається масове всихання *Picea abies* (L.) Karst, *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth, а також *Abies alba* Mill., *Fraxinus excelsior* L. (особливо вегетативного походження), *Carpinus betulus* L., *Populus tremula* L., *Quercus robur* L. (в минулому столітті в Україні було три хвилі всихання цієї цінної деревної рослини, наймасштабніше – в 70-80 рр.).

У 1963 р. Shcherbin-Parfenenko описав бактеріоз 22 деревних видів під назвою «бактеріальна водянка», збудником якого була грамнегативна бактерія *Erwinia multivora* Scz.-Parf., виявлена пізніше на багатьох хвойних видах дерев (Rybalko, Gukasyan, 1986, Shalovilo, Kovaleva & Gut, 2011, Cherpakov, 2012). Як вважають дослідники, *Erwinia multivora* та дуже близький до нього *E. carotovora* (Jones, 1901) Bergey et al. 1923 можуть бути віднесені до одного виду. Натомість *Erwinia multivora* і *E. nimipressuralis* (Carter, 1945) Dye 1969 – це різні види з різною симптоматикою розвитку (Cherpakov, 2017). Збудником бактеріальної водянки листяних і хвойних лісових деревних рослин, у тому числі *Abies alba*, найчастіше є фітопатогенна бактерія *Erwinia* (*Enterobacter*) *nimipressuralis*, вперше ізолювана з водянки в'яза (Carter, 1945). В Україні цей патоген виявлений на багатьох видах дерев (Gvozdyak, Yakovleva, 1979, Goychuk, Drozda & Shvets, 2018). Клітини *Erwinia nimipressuralis* – дрібні, поліморфні, прямі палички розміром 0,4-0,6 × 0,8-1,5 мк. Рухомі, із перитрихальним розміщенням джгутиків, аспорогенні, грамнегативні. Розміщуються поодинокі, парами, іноді ланцюжками або групами. Штами *Erwinia nimipressuralis* – факультативні анаероби, добре ростуть на м'ясопептонному та картопляному агарі. Поверхня колоній гладенька, блискуча, напівпрозора, біло-сірого кольору. Виділені штами засвоюють (аеробно і анаеробно) глюкозу, мальтозу, фруктозу, ксилозу, манозу, сахарозу, лактозу з утворенням кислоти і газу. Ростуть без виділення газу на гліцеролі, манітолі. Не засвоюють інозитом, відсутні протеїнази, а тому не утворюють індол, аміак, але продукують сірководень, підкислюють молоко. Утворюють амілазу, але не пектиназу.

Назагал, бактеріози деревних видів за симптомами добре відрізняються від грибних і вірусних інфекцій: їм притаманна весняна і осіння активність, швидке поширення по провідних тканинах, раптове осередкове всихання дерев (Jacobi, 2009, Goychuk, Drozda, Shvets, 2018). Наочно існує змога виявляти подібну патологію у випадку масового відмирання лісових деревних рослин, зокрема, *Abies alba*, оскільки в останні десятиріччя до проблем гірських



та передгірних лісів, пов'язаних із усиханням *Picea abies*, додалася ще одна – почали всихати деревостани *Abies alba* всіх вікових категорій. Якщо всиханню смерекових лісів приділено значну увагу наукової спільноти (Manko, & Gladkova, 2001, Třeštík, Kupka, & Demel, 2004, Kramatets & Krinickij, 2009), то всихання *Abies alba* на теренах Карпат тільки починають досліджувати. Особливістю *Abies alba* є низька едифікаторна роль і практично повна неможливість формування чистих деревостанів. Ценози за її участю формуються у межах висотного поясу бучин, що є свідченням близькості екологічних вимог *Abies alba* і *Fagus sylvatica* L. Біотопічні ознаки природних ялицевих угруповань, як і їх синтаксономія, є предметом довголітніх дискусій геоботаніків, фітосоціологів, екологів та лісівників. До кінця не з'ясовані еколого-біотичні характеристики цього виду, що й стало на перешкоді вирішення проблеми всихання ялицевих лісів. Останні дослідження свідчать, що на загальний фітосанітарний стан лісів впливають разом абіотичні чинники з біотичними предикторами, у тому числі паразитарними, серед яких особливе місце посідають бактеріози (Goychuk, Drozda & Shvets, 2018).

У липні 2017 р. після отримання перших результатів досліджень осередків всихання *Abies alba* у ДП «Кутське лісове господарство» було проведено науковий семінар і висловлено думку про ініфікування особин *Abies alba* бактеріальною водяню, зумовленою бактерією з роду *Erwinia* ([https://kurs.if.ua/news/naukovtsi\\_na\\_kosivshchyni\\_masovo\\_vsyhayut\\_yalytsi\\_cherez\\_zahvoryuvannya\\_video\\_55845.html](https://kurs.if.ua/news/naukovtsi_na_kosivshchyni_masovo_vsyhayut_yalytsi_cherez_zahvoryuvannya_video_55845.html); <https://www.youtube.com/watch?v=PdZaLijmv-k>), що пізніше підтвердилося як результатами наших лабораторних досліджень, так і даними інших дослідників (Pogribnyu, Yussyrovych, Zaika, et al., 2018). Проте до вирішення проблем всихання *Abies alba*, як і встановлення істинних причин цього загрозливого явища, було ще далеко. Адже з біотичної точки зору першо-причиною масового захворювання особин *Abies alba* різного віку у різних ценопопуляціях не могла бути бактерія як консумент першого порядку. Бурхливий розвиток анаеробного консумента-гетеротрофа зумовлюється звільненням специфічної трофічної ніші за різкого порушення стану і внутрішніх функцій детермінанта консорції, причини чого неможливо встановити статистичними і лабораторними методами. Тому до пошуків глибинних причин захворювання одночасно було залучено різні методи досліджень, серед яких важливу роль відіграв фітоценотичний, який дав змогу виявити як ступінь видозміни лісового ценозу, так і напрями деструктивних і регенераційних процесів у ньому. На основі синтаксономічного аналізу зроблено спробу виокремити об'єктивні причини, які призводять до надмірного розвитку фітопатогенів та загибелі особин *Abies alba*. Нашим завданням було також виявлення можливих деструктивних рис в організації та функціонуванні ялицевих лісів, у яких криються деякі причини всихання, та

виокремлення фітоценотичних і макроскопічних ознак, за якими можна було б попередньо діагностувати захворювання без застосування складних лабораторних досліджень.

**Об'єкти та методика дослідження.** Об'єкт дослідження – лісові ценози з участю *Abies alba* на території державного підприємства «Кутське лісове господарство». Предмет дослідження – фітосоціологічні ознаки і санітарний стан лісів за участю *Abies alba* в осередках її всихання та поза ними. Мета досліджень – виявлення макроознак та етіології всихання *Abies alba* в контексті фітоценотичних причин появи і розвитку патології.

Дослідження здійснювали впродовж 2016-2018 рр. на території ДП «Кутське ЛГ» та прилеглих територій. Згідно з геоботанічним районуванням, регіон досліджень знаходиться у межах району покутсько-буковинських смереково-ялицево-букових і смереково-буково-ялицевих лісів підокругу темнохвойно-букових привододільних лісів округу букових лісів Українських Карпат (Golubec, 2003). За лісогосподарським районуванням об'єкти досліджень знаходяться у межах лісогосподарського району Зовнішніх Карпат із буковими і темнохвойно-буковими лісами гірськокарпатського округу лісогосподарської області Українських Карпат (Hensiruk, 1964). Було здійснено геоботанічні і лісоснавчі описи рослинності та інвентаризацію флори, відбір зразків деревини, підстилки, кори, шишок і насінин, плодкових тіл патогенних і підстилкових мікоризоутворюючих макроміцетів для лабораторних досліджень.

Дослідження рослинності проведено на засадах еколого-флористичної класифікації із застосуванням методу J. Braun-Blanquet (1964). Мінімальну площу опису вираховано за методом F. Fukarek (1967). Кількісні характеристики, ступінь вірності і трапляння видів визначали за шкалами J. Braun-Blanquet (1964). Для синтаксономічного аналізу підібрано по 10 упорядкованих описів фітоценозів, кількісні показники видів приведено до середніх заокруглених значень на основі синтетичної таблиці (Wysocki, Sikorski, 2002) та укладено синтаксономічні таблиці фітоценозів з використанням класів постійності A. Scamoni (1967). Синтаксономічну схему рослинності побудовано на основі європейських схем (Mayer, Onno, 1970, Ellenberg, & Klötzli, 1972, Müller, Oberdorfer, & Seibert, 1992; Matuszkiewicz, Polakowska, 1995; Kučera, 2008, Matuszkiewicz, 2013). Структуру та назви синтаксонів подано за W. Matuszkiewicz (2013). Мікробіологічний аналіз зразків здійснено за загальноприйнятими методиками (Beltiukova, Matyshevskaja, Kulykovskaia, Sydorenko, 1968, Gvozdyak, Goychuk, Rosenfeld, 2014). Латинські назви видів вищих рослин наведені за: The Plant List, мікобіоти – за: Index Fungorum, мікробіоти – за: List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (Breed, 1974). Ступінь пошкодження дерев визначали за категоріями стану (Sanitary rules..., 1995). Оцінка санітарного стану ценозів здійснена з використанням середньо-

зваженого індексу санітарного стану деревостану ( $I_c$ ), обчисленого за формулою:

$$I_c = \frac{\sum k_i \cdot n_i}{N},$$

де:  $I_c$  – індекс стану деревостану,  $k_1$ - $k_6$  – категорія стану дерев (від I до VI),  $n_i$  – кількість дерев відповідної категорії стану,  $N$  – загальна кількість дерев.

Для оцінювання ступеня зміни видового складу фітоценозів застосовано коефіцієнт подібності участі деревних видів ( $S$ ), значення якого змінюється у межах від 0 до 1. Чим ближче його значення до 1, тим вища подібність участі видів у порівнюваних ценозах. Коефіцієнт подібності ( $S$ ) обчислений за формулою (Brzeziecki, 2008):

$$S = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n f_{1,i} - f_{2,i}}{200},$$

де:  $f_{1,i}, f_{2,i}$  – участь виду у порівнюваних ценозах (%),  $n$  – загальна кількість видів у порівнюваних ценозах.

**Результати та обговорення.** На підставі матеріалів, отриманих у ході досліджень, встановлено, що масове всихання *Abies alba* охоплює великі площі та всі вікові категорії лісів. Перший доказ розвитку бактеріальної інфекції у лісах за участю ялиці білої був одержаний у 2016 році. За даними спостережень у січні 2016 р. на пробній ділянці № 2 у Косівському лісництві було зафіксовано 20% сухостійних дерев, у березні ця кількість сягнула 50%, на кінець літа 2016 р. всихання охопило 70% особин *Abies alba*. З'ясовано також, що ліси за участі *Abies alba* формуються здебільшого на буроземах, генезис яких пов'язаний із переважаючим атмосферних опадів над випаровуванням. Для таких ґрунтів характерні сильний промивний режим, глибоке сезонне промочування і короткотривале сезонне промерзання, що також відіграло негативну роль у посушливому 2015 році.

Отже, всихання дерев проявилось різко і за короткий період часу після засушливого літа 2015 р., тобто епіфітотійне відмирання *Abies alba* характеризується раптовим (протягом кількох тижнів) відмиранням крони, що стало першим доказом розвитку бактеріальної інфекції. Цей процес є настільки швидкоплинним, що хвоя на перших етапах патології в окремих випадках засихає без зміни забарвлення, набуваючи переважно бурого глянцевого відтінку, добре помітного на тлі зеленої крони. Відмирання хвої пов'язане не з її інфікуванням, а з ураженням водопровідних елементів – трахеїд. За штучного зараження хвої *Abies alba* є доволі чутливою до різних видів фітопатогенних бактерій, зокрема *Erwinia nimipressuralis* – збудника бактеріальної водянки, на відміну від листків *Betula pendula*, яка в експерименті не чутлива до цього збудника (Gvozdyak, Goychuk, Rosenfeld & Pasichnyk, 2011, Shvets, 2017). На початкових етапах (весна) патоло-

гії хвойних зміна забарвлення трахеїд розпочинається з верхньої частини крони, поступово поширюючись до основи стовбура (рис. 1).



Рис. 1. Бактеріальний опік у верхній частині стовбура *Abies alba* (уражені трахеїди на поперечному (зліва) та на поздовжньому розрізах)

У цей час стовбур інтенсивно заселяють різні види ксилофагів, зокрема, лубоїди і короїди. Згадані групи комах заселяють виключно фізіологічно ослаблені дерева, прискорюють їхнє відмирання та є переносниками інфекції у таких дерев, однак не є чинниками первинної патології. У будь-якому випадку наявність комах-ксилофагів у стовбурі *Abies alba*, як і інших деревних рослин з системними порушеннями метаболічних процесів під дією різних несприятливих абиотичних і біотичних чинників, свідчить про глибоку незворотну патологію дерев, яка завжди закінчується їхнім відмиранням. Дещо пізніше, а іноді майже одночасно, відбувається насичення деревини нижньої і середньої (практично до крони) частин стовбура рідиною з відшаровуванням рідкого (рис. 2).

Зважаючи на це й констатуючи надзвичайну інтенсивність перебігу патології, маємо підстави стверджувати, що епіфітотійне всихання *Abies alba* спричинюють два найбільш шкідливі бактеріози – бактеріальний опік (завжди поширюється у верхній частині крони та призводить до швидкого її відмирання) та бактеріальна водянка (у нижній частині стовбура), зумовлені активізацією фітопатогенних бактерій-ендофітів під дією різних, зокрема синоптичних, екологічних, антропогенних тощо несприятливих чинників як каталізаторів епіфітотійної патології. Наразі збудником бактеріального опіку вважають фітопатогенну бактерію – полібіотрофа *Erwinia amylovora* (Burrill 1882) Winslow et al. 1920 var. *ligniphila*, проте її видову належність варто уточнити. Відмітимо надзвичайно високу агресивність ізольованих із опіку бактерій, які спричинюють епіфітотійні патології.

Візуальне обстеження уражених деревостанів виявило у нижній частині стовбурів і макроскопічні ознаки бактеріальної водянки, що пізніше підтвердилось лабораторними дослідженнями. Ці ознаки є практично ідентичними до описаних на особи-



нах *Betula pendula* в Поліссі (Goychuk, Drozda, & Shvets, 2018), що свідчить про стійку симптоматику бактеріозів, незалежно від виду деревної рослини та регіону досліджень.

До макроскопічних ознак бактеріальної водянки *Abies alba* належать такі морфологічні та анатомічні видозміни органів і структур уражених дерев (див. рис. 2):

- висихання розвивається із верхньої частини крони, але типові симптоми водянки більшою мірою характерні для середньої та нижньої частин стовбура;

- на поверхні рітідому утворюються тріщини та виразки, з часом він відшаровується, з'являються рясні патьоки ексудату, оголюються первинна кора та флоема, а через два роки з'являється ранева меристема (калюс) (рис. 2, а, б);

- практично завжди, навіть у середині спекотного літа, основи стовбурів залишаються вологими, що свідчить про блокаду висхідного (ксилемного) потоку речовин (рис. 2, в);

- дерева з ознаками захворювання мають характерний «їжакуватий вигляд» унаслідок масового розвитку водяних пагонів, які відмирають упродовж кількох вегетаційних періодів (рис. 2, г);

- на пізніх стадіях захворювання на деревах поселяються вторинні патогени – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (1888), *Armillaria mellea* (Vahl) P. Kumm. 1871, *Climacocystis borealis* (Fr.) Kotl. & Pouzar, 1958 та ксилофаги (рис. 2, д);

- на поперечному зрізі стовбурів помітна зміна анатомічних структур: водянисті ксилема і флоема, ділянки мокрої гнилі з характерним запахом бродіння, патологічне ядро;

- деревина уражених дерев дуже важка і практично не піддається обробці унаслідок закупорки трахеїд і дуже високої вологості.

На етапі фітосоціологічних досліджень отримано факти, які дали змогу зв'язати воедино всі одержані результати й виявити одну із безпосередніх причин захворювання *Abies alba*.

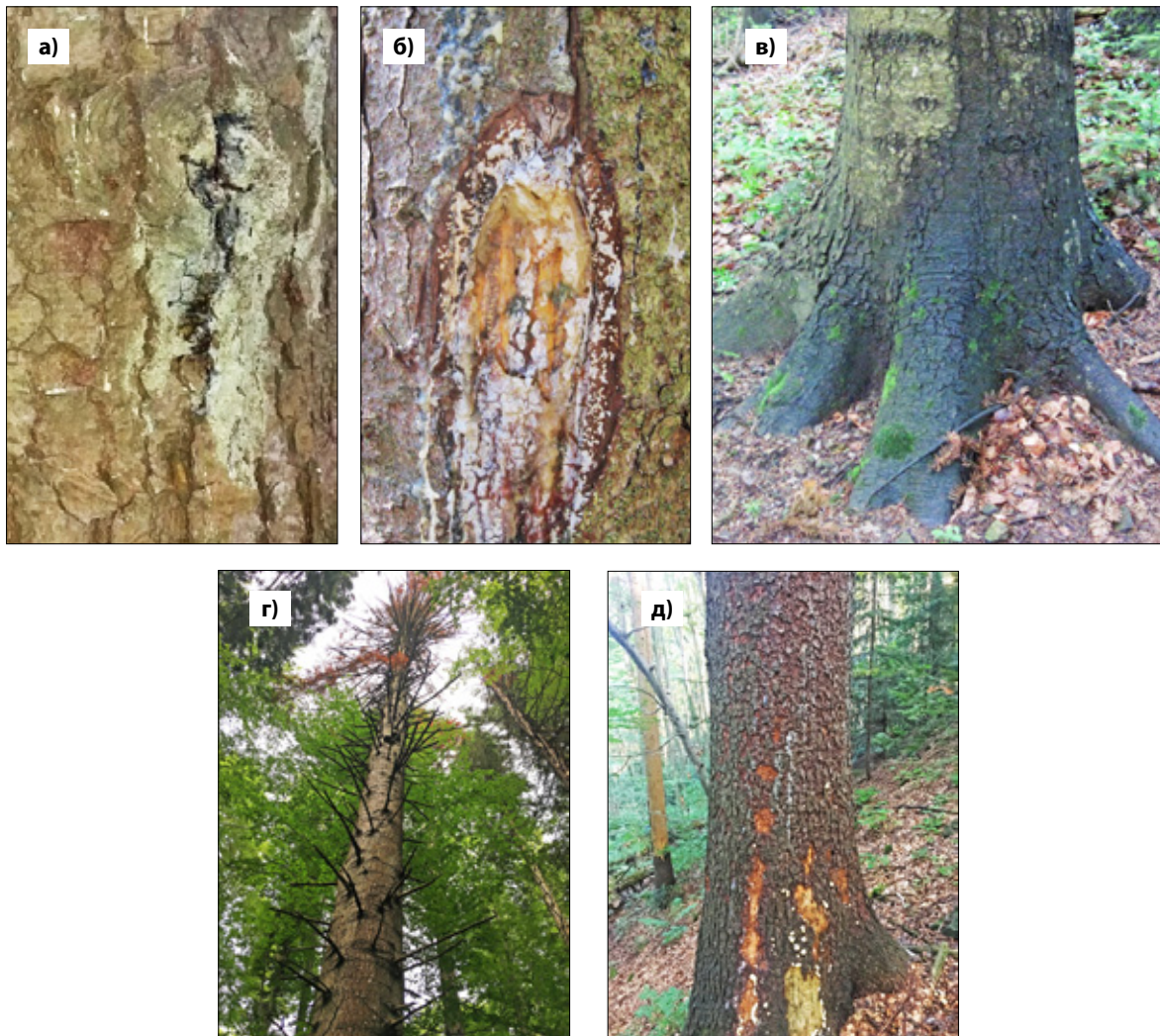


Рис. 2. Макроознаки бактеріальної водянки *Abies alba*:  
 а – тріщини і ексудат на рітідомі; б -сформована виразка з оголеною вторинною флоемою та раневою меристемою (калюсом); в – мокра основа стовбура; г – відмерлі водяні пагони;  
 д – поселення вторинних патогенів.

У процесі досліджень встановлено, що *Abies alba* є елементом п'ятих лісових асоціацій, виділених за методикою еколого-флористичної класифікації рослинності та методу J. Braun-Blanquet (1964). Синтаксономічна схема досліджених ценозів та місце у ній ялицевих лісів має такий вигляд:

**VACCINIO-PICEETEA Br.-Bl. 1939**

*Vaccinio-Piceetalia* Br.-Bl. 1939

*Piceion abietis* Pawł. et al. 1928 (*Vaccinio-Piceion* Br.-Bl. 1938)

*Vaccinio-Abietenion* Oberd. 1962

*Abieti-Piceetum (montanum)* Szaf., Pawł. et Kulcz. 1923 em. J.Mat. 1978

**QUERCO-FAGETEA Br.-Bl. et Vlieg. 1937**

*Fagetalia sylvaticae* Pawł. in Pawł., Sokoł. et Wall. 1928

*Carpinion betuli* Issl. 1931 em. Oberd. 1953

*Tilio cordatae-Carpinetum betuli* Tracz. 1962 var. *Abies alba*

*Fagion sylvaticae* R. Tx. et Diem. 1936

*Luzulo-Fagenion* (Lohm. ex R. Tx. 1954) Oberd. 1957

*Luzulo luzuloidis-Fagetum* (Du Rietz 1923) Markgr.1932 em. Meusel 1937

*Luzulo pilosae-Fagetum* W.Mat. et A. Mat. 1973

*Dentario glandulosae-Fagenion* Oberd. et Müller 1984

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

Фітосоціологічними описами зафіксовано виразну різницю у видовому складі ценозів нормального типу з ознаками захворювання *Abies alba*. Порівняльну фітоценотичну характеристику синтаксонів за участю *Abies alba* наведено у табл. 1.

Таблиця 1

**Фітоценони лісових асоціацій з участю *Abies alba***

| № синтаксону   | 1    | 1a   | 2    | 2a   | 3     | 3a    | 4     | 4a    | 5     | 5a   |
|--|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Кількість видів  | 40   | 43   | 81   | 74   | 33    | 33    | 35    | 36    | 87    | 79   |
| Індекс санітарного стану насаджень, Іс   | 1.2  | 1.2  | 1.50 | 4.63 | 1.16  | 2.80  | 1.00  | 3.10  | 1.00  | 5.80 |
| Клас постійності. Бал шкали Браун-Бланке   |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |
| <b>D.sp. Ass. <i>Abieti-Piceetum (montanum)</i>*</b>   |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |
| <i>Blechnum spicant</i>  | V.2  | V.1  | -    | -    | II.1  | II.1  | III.1 | II.1  | -     | -    |
| <i>Plagiothecium undulatum</i>   | V.1  | V.+  | I.+  | I.+  | IV.1  | V.1   | III.1 | III.1 | I.+   | I.+  |
| <i>Abies alba</i>  | V.5  | V.5  | V.3  | V.5  | V.+   | V.1   | V.2   | V.3   | V.1   | V.5  |
| <i>Fagus sylvatica</i>   | V.+  | -    | I.+  | -    | V.5   | V.+   | V.5   | V.1   | V.5   | V.1  |
| <b>D.sp. Ass. <i>Tilio cordatae-Carpinetum betuli</i> var. <i>Abies alba</i></b>   |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |
| <i>Carex pilosa</i>  | I.+  | II.+ | V.5  | V.5  | I.1   | I.1   | I.+   | -     | V.3   | V.3  |
| <i>Cruciata glabra</i>   | -    | I.+  | V.1  | V.1  | -     | -     | -     | -     | IV.1  | IV.1 |
| <i>Euonymus verrucosus</i>   | -    | -    | V.+  | V.+  | -     | -     | -     | -     | II.+  | I.+  |
| <i>Galium intermedium</i>  | -    | -    | V.+  | IV.+ | -     | -     | -     | -     | I.+   | I.+  |
| <b>D.sp. Ass. <i>Luzulo luzuloidis-Fagetum</i></b>   |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |
| <i>Luzula luzuloides</i>   | II.1 | II.1 | -    | -    | V.4   | V.4   | V.5   | V.5   | -     | -    |
| <i>Prenanthes purpurea</i>   | I.+  | I.1  | -    | -    | IV.1  | IV.1  | V.5   | V.5   | -     | -    |
| <i>Senecio fuchsii</i>   | I.+  | -    | -    | -    | IV.3  | II.3  | V.5   | V.5   | I.+   | -    |
| <b>D.sp. Ass. <i>Luzulo pilosae-Fagetum</i></b>  |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |
| <i>Luzula pilosa</i>   | II.1 | II.1 | -    | I.+  | II.1  | III.1 | III.2 | III.2 | I.+   | I.+  |
| <i>Trientalis europaea</i>   | V.1  | V.1  | -    | -    | IV.1  | IV.1  | V.2   | V.1   | -     | -    |
| <b>D.sp. Ass. <i>Dentario glandulosae-Fagetum</i> var. <i>Abies alba</i></b>   |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |
| <i>Dentaria glandulosa</i>   | -    | -    | I.+  | -    | -     | -     | I.+   | -     | V.3   | V.3  |
| <i>Symphytum cordatum</i>  | -    | -    | I.+  | I.+  | -     | -     | -     | -     | V.4   | V.4  |
| <i>Euphorbia amygdaloides</i>  | I.+  | II.+ | II.+ | I.+  | I.+   | -     | I.+   | -     | V.1   | V.1  |
| <i>Glechoma hirsuta</i>  | -    | -    | I.+  | -    | -     | -     | -     | -     | III.+ | II.+ |
| <i>Salvia glutinosa</i>  | -    | -    | I.+  | I.+  | -     | -     | -     | -     | V.4   | V.4  |
| <b>D.sp. Cl.: a – VACCINIO-PICEETEA; b – Cladonio-Vaccinietalia; c – Dicrano-Pinion, Piceo – Vaccinienion uliginosi; d – Vaccinio-Piceetalia; e – Piceion abietis; f – Vaccinio-Abietenion</b> |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |
| <i>a Dicranum scoparium</i>  | V.+  | V.+  | -    | I.+  | IV.+  | IV.+  | III.+ | III.+ | -     | -    |
| <i>a Hylocomium splendens</i>  | V.2  | V.3  | -    | -    | III.1 | IV.1  | IV.2  | IV.2  | -     | -    |

|                                    |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| <i>a Melampyrum pratense</i>       | V.1   | V.1   | -     | -     | IV.1  | IV.1  | III.2 | IV.2  | -    | -    |
| <i>a Pleurozium schreberi</i>      | V.4   | V.2   | -     | -     | IV.3  | V.3   | III.2 | IV.2  | -    | -    |
| <i>a Ptilium crista-castrensis</i> | V.1   | V.2   | I.+   | I.+   | IV.1  | V.1   | V.1   | V.1   | I.+  | -    |
| <i>a Vaccinium myrtillus</i>       | V.5   | V.5   | II.+  | III.+ | V.2   | V.4   | V.4   | V.3   | I.+  | I.+  |
| <i>a Vaccinium vitis-idaea</i>     | V.1   | V.2   | I.+   | I.+   | V.1   | V.1   | V.+   | V.1   | I.+  | I.+  |
| <i>b Dicranum polysetum</i>        | V.+   | V.+   | -     | -     | I.2   | -     | II.2  | II.+  | -    | -    |
| <i>c Dryopteris austriaca</i>      | V.1   | V.+   | III.+ | II.+  | IV.3  | III.3 | IV.1  | IV.1  | -    | -    |
| <i>c Hypnum cupressiforme</i>      | V.1   | V.+   | II.+  | I.+   | III.1 | II.1  | IV.+  | IV.+  | II.+ | II.+ |
| <i>c Leucobryum glaucum</i>        | V.2   | V.1   | I.+   | II.+  | III.1 | I.1   | IV.1  | IV.+  | I.+  | -    |
| <i>c Polytrichum commune</i>       | V.1   | V.+   | -     | I.+   | IV.2  | IV.2  | IV.+  | IV.+  | -    | -    |
| <i>d Bazzania trilobata</i>        | V.+   | V.+   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -    | -    |
| <i>d Picea abies</i>               | V.4   | V.5   | V.+   | V.+   | V.1   | V.1   | V.3   | V.3   | V.3  | V.3  |
| <i>e Luzula sylvatica</i>          | III.+ | III.+ | -     | -     | II.+  | I.+   | II.+  | II.+  | -    | -    |
| <i>f Athyrium filix-femina</i>     | V.+   | V.+   | II.+  | I.+   | III.+ | III.+ | III.+ | III.+ | I.+  | I.+  |

**D.sp. Cl.: a – QUERCO-FAGETEA; b – Quercetalia pubescenti-petraeae, Potentillo albae-Quercion petraeae; c – Fagetalia sylvaticae; d – Alno-Ulmion; e – Fagion sylvaticae; f – Tilio platyphyllis-Acerion pseudoplatani; g – Carpinion betuli**

|                                  |     |     |       |       |     |     |     |   |       |       |
|----------------------------------|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|---|-------|-------|
| <i>a Aegopodium podagraria</i>   | I.1 | I.1 | III.4 | IV.4  | -   | -   | -   | - | V.1   | V.1   |
| <i>a Anemone nemorosa</i>        | -   | I.+ | V.4   | V.4   | -   | -   | -   | - | V.4   | V.4   |
| <i>a Campanula trachelium</i>    | I.1 | I.+ | III.+ | II.+  | -   | -   | -   | - | II.+  | I.+   |
| <i>a Carex digitata</i>          | I.+ | I.+ | V.1   | V.1   | I.+ | I.+ | I.+ | - | IV.+  | IV.+  |
| <i>a Corylus avellana</i>        | -   | -   | V.2   | V.2   | -   | -   | -   | - | V.2   | V.3   |
| <i>a Hedera helix</i>            | -   | -   | III.2 | III.2 | -   | -   | -   | - | II.2  | II.3  |
| <i>a Hepatica nobilis</i>        | -   | -   | III.1 | II.1  | -   | -   | -   | - | II.+  | I.+   |
| <i>a Lathraea squamaria</i>      | -   | -   | III.1 | II.1  | -   | -   | -   | - | II.+  | II.+  |
| <i>a Lonicera xylosteum</i>      | -   | -   | -     | -     | -   | -   | -   | - | I.+   | I.+   |
| <i>a Melica nutans</i>           | -   | -   | I.+   | I.+   | -   | -   | -   | - | -     | -     |
| <i>a Poa nemoralis</i>           | -   | -   | IV.+  | IV.+  | -   | -   | -   | - | II.+  | III.+ |
| <i>a Ranunculus auricomus</i>    | -   | -   | II.+  | II.+  | -   | -   | -   | - | I.+   | -     |
| <i>a Scilla bifolia</i>          | -   | -   | II.1  | II.1  | -   | -   | -   | - | II.1  | -     |
| <i>a Viola mirabilis</i>         | -   | -   | IV.+  | IV.+  | -   | -   | -   | - | II.+  | I.+   |
| <i>b Ranunculus polyanthemos</i> | -   | -   | -     | -     | -   | -   | -   | - | III.+ | II.+  |
| <i>c Anemone ranunculoides</i>   | -   | -   | II.1  | -     | -   | -   | -   | - | II.+  | II.+  |
| <i>c Aposeris foetida</i>        | -   | -   | -     | -     | -   | -   | -   | - | V.1   | V.+   |
| <i>c Asarum europaeum</i>        | -   | -   | III.+ | I.+   | -   | -   | -   | - | II.+  | I.+   |
| <i>c Atrichum undulatum</i>      | -   | -   | III.+ | II.+  | -   | -   | -   | - | IV.+  | IV.+  |
| <i>c Astrantia major</i>         | -   | -   | I.+   | I.+   | -   | -   | -   | - | II.+  | I.+   |
| <i>c Carex sylvatica</i>         | -   | -   | IV.+  | IV.+  | -   | -   | -   | - | II.+  | II.+  |
| <i>c Corydalis solida</i>        | -   | -   | II.2  | III.2 | -   | -   | -   | - | II.+  | II.+  |
| <i>c Daphne mezereum</i>         | -   | -   | I.+   | I.+   | -   | -   | -   | - | III.+ | III.+ |
| <i>c Dryopteris filix-mas</i>    | -   | -   | III.+ | III.+ | -   | -   | -   | - | IV.+  | IV.+  |
| <i>c Ficaria verna</i>           | -   | -   | V.+   | V.+   | -   | -   | -   | - | IV.+  | IV.3  |
| <i>c Galeobdolon luteum</i>      | -   | -   | IV.3  | V.3   | -   | -   | -   | - | III.4 | III.4 |
| <i>c Galium odoratum</i>         | -   | -   | V.3   | V.4   | -   | -   | -   | - | V.4   | V.4   |
| <i>c Isopyrum thalictroides</i>  | -   | -   | II.+  | I.+   | -   | -   | -   | - | III.+ | II.+  |
| <i>c Lathyrus vernus</i>         | -   | -   | II.+  | II.+  | -   | -   | -   | - | II.+  | I.+   |

Продовження таблиці 1

|                                  |   |     |       |       |     |     |     |     |       |       |
|----------------------------------|---|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| <i>c Milium effusum</i>          | - | -   | IV.+  | IV.+  | -   | -   | -   | -   | IV.+  | IV.+  |
| <i>c Polygonatum multiflorum</i> | - | -   | I.+   | -     | -   | -   | -   | -   | II.+  | I.+   |
| <i>c Primula elatior</i>         | - | -   | II.+  | -     | -   | -   | -   | -   | II.+  | I.+   |
| <i>c Pulmonaria obscura</i>      | - | -   | V.1   | IV.1  | -   | -   | -   | -   | V.2   | II.1  |
| <i>c Ranunculus lanuginosus</i>  | - | -   | II.1  | I.1   | -   | -   | -   | -   | III.2 | I.1   |
| <i>c Sanicula europaea</i>       | - | -   | -     | -     | -   | -   | -   | -   | IV.+  | I.+   |
| <i>c Scrophularia nodosa</i>     | - | -   | I.+   | I.+   | -   | -   | -   | -   | I.+   | -     |
| <i>c Stachys sylvatica</i>       | - | -   | I.+   | I.+   | -   | -   | -   | -   | II.+  | -     |
| <i>c Viola reichenbachiana</i>   | - | -   | III.+ | III.+ | -   | -   | -   | -   | III.+ | III.+ |
| <i>d Circaea lutetiana</i>       | - | -   | III.+ | I.+   | -   | -   | -   | -   | IV.+  | II.+  |
| <i>d Equisetum telmateia</i>     | - | -   | I.+   | I.+   | -   | -   | -   | -   | II.+  | I.+   |
| <i>e Dentaria bulbifera</i>      | - | -   | -     | -     | -   | -   | -   | -   | IV.1  | III.1 |
| <i>f Acer pseudoplatanus</i>     | - | I.+ | V.4   | III.1 | -   | -   | -   | -   | V.3   | III.3 |
| <i>f Actaea spicata</i>          | - | -   | III.+ | III.+ | -   | -   | -   | -   | III.+ | I.+   |
| <i>f Ulmus glabra</i>            | - | I.+ | III.+ | I.+   | -   | -   | -   | -   | II.+  | II.+  |
| <i>g Campanula rapunculoides</i> | - | -   | III.+ | II.+  | -   | -   | -   | -   | III.+ | I.+   |
| <i>g Carpinus betulus</i>        | - | I.+ | V.4   | II.+  | I.+ | I.+ | I.+ | I.+ | V.2   | V.2   |
| <i>g Cerasus avium</i>           | - | -   | V.+   | -     | -   | -   | -   | -   | V.+   | -     |
| <i>g Stellaria holostea</i>      | - | -   | V.4   | V.4   | -   | -   | -   | -   | V.2   | V.2   |

**D.sp. Cl.: a – EPILOBIETEA ANGUSTIFOLII, Atropetalia; b – Sambuco-Salicion**

|                            |       |      |       |       |       |      |       |      |       |       |
|----------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|
| <i>a Fragaria vesca</i>    | -     | I.+  | IV.+  | III.+ | -     | -    | -     | I.+  | II.+  | I.+   |
| <i>a Rubus idaeus</i>      | I.+   | I.+  | IV.1  | III.1 | -     | -    | -     | I.+  | IV.+  | III.+ |
| <i>d Betula pendula</i>    | I.+   | I.+  | III.1 | II.1  | II.1  | I.1  | I.+   | I.+  | I.+   | I.+   |
| <i>d Populus tremula</i>   | III.+ | II.+ | IV.1  | II.1  | IV.1  | II.1 | IV.+  | I.+  | V.+   | II.+  |
| <i>d Salix caprea</i>      | -     | -    | I.+   | I.+   | -     | -    | -     | -    | -     | -     |
| <i>d Sambucus nigra</i>    | -     | -    | II.+  | II.+  | -     | -    | -     | -    | II.+  | II.+  |
| <i>b Sambucus racemosa</i> | I.+   | -    | II.+  | -     | -     | -    | -     | -    | III.+ | -     |
| <i>b Sorbus aucuparia</i>  | III.1 | IV.1 | V.1   | IV.1  | III.+ | IV.+ | III.+ | II.+ | V.+   | IV.+  |

**D.sp. Cl.: a – BETULO-ADENOSTYLETEA, Calamagrostietalia, Adenostylian alliariae**

|                          |   |   |   |   |   |     |   |   |   |     |
|--------------------------|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|-----|
| <i>a Petasites albus</i> | - | - | - | - | - | I.1 | - | - | - | I.+ |
|--------------------------|---|---|---|---|---|-----|---|---|---|-----|

**Інші види:**

|                                |       |       |       |       |       |      |      |     |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|
| <i>Ajuga reptans</i>           | -     | -     | III.+ | III.+ | -     | -    | -    | -   | IV.+  | V.+   |
| <i>Carex brizoides</i>         | -     | -     | I.1   | I.1   | -     | -    | -    | -   | I.1   | II.1  |
| <i>Crocus heuffelianus</i>     | I.+   | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -   | III.+ | I.1   |
| <i>Dryopteris carthusiana</i>  | III.+ | III.+ | V.+   | II.+  | III.+ | II.+ | II.+ | I.+ | V.+   | IV.+  |
| <i>Equisetum sylvaticum</i>    | -     | -     | II.+  | I.+   | -     | -    | -    | -   | I.+   | I.+   |
| <i>Hieracium sylvularum</i>    | I.+   | I.+   | III.+ | III.+ | -     | -    | -    | -   | III.+ | IV.+  |
| <i>Majanthemum bifolium</i>    | I.+   | I.+   | IV.2  | IV.2  | -     | -    | I.+  | I.+ | IV.1  | IV.1  |
| <i>Myelis muralis</i>          | -     | -     | II.+  | II.+  | -     | -    | -    | -   | III.+ | III.+ |
| <i>Oxalis acetosella</i>       | V.+   | V.+   | -     | -     | V+    | V+   | V.+  | V.+ | V.+   | V.+   |
| <i>Phegopteris connectilis</i> | -     | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -   | III.+ | II.+  |
| <i>Rubus hirtus</i>            | -     | I.2   | I.+   | III.3 | -     | I.1  | -    | I.2 | I.+   | IV.5  |
| <i>Viburnum opulus</i>         | -     | -     | III.+ | II.+  | -     | -    | -    | -   | II.+  | III.+ |

Примітка: D.sp. – діагностичні види; 1 *Abieti-Piceetum (montanum)*: 1 – нормальний ценоз; 1a – ценоз із ознаками всихання ялиці білої; 2 *Tilio cordatae-Carpinetum betuli var. Abies alba*: 2 – нормальний ценоз; 2a – ценоз із ознаками всихання ялиці білої; 3 *Luzulo luzuloidis-Fagetum*: 3 – нормальний ценоз; 3a – ценоз із ознаками всихання ялиці білої; 4 *Luzulo pilosae-Fagetum*: 4 – нормальний ценоз; 4a – ценоз із ознаками всихання ялиці білої; 5 *Dentario glandulosae-Fagetum var. Abies alba*: 5 – нормальний ценоз; 5a – ценоз із ознаками всихання ялиці білої



Обстеження ялицевих лісів ДП «Кутське ЛГ» із найвищим ступенем ураження *Abies alba* показало, що вони належать ялицевому варіанту асоціації *Dentario glandulosae-Fagetum* W. Mat. 1964 et Guzikowa et Kornaś 1969 var. *Abies alba*. У трав'яному вкритті таких лісів переважають види, характерні для бучин, хоча у деревних ярусах домінує *Abies alba*, а особин *Fagus sylvatica* у верхніх деревних ярусах практично не залишилося. Про належність ділянок до *Dentario glandulosae-Fagetum* свідчать діагностичні види цієї асоціації, густий підріст *Fagus sylvatica* та загальні характеристики біотопу. Фоновими тут є також види, характерні для класу *QUERCO-FAGETEA*, а видів, характерних для *Abies alba*, тут не виявлено взагалі. Побіжним доказом трансформації букових лісів у ялицеві стала також наявність у ценозах із переважанням *Abies alba* і ознаками її всихання плодових тіл макроміцетів, характерних для бучин, зокрема *Coprinus picaceus* (Bull.) Fr., *Pholiota lenta* (Pers.) Singer, *Lactarius blennius* (Fr.) Fr., *Russula mairei* Singer та ін. (Jahn, Nespiak, & Tüxen, 1967). Дослідження ділянок таких деревостанів підтвердило думку про те, що штучне зменшення участі *Fagus sylvatica* провокує загибель *Abies alba*.

До рідкісних лісових фітоценозів із участю *Abies alba* тут належить ялицевий варіант дубово-грабових лісів – *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* var. *Abies alba*. У таких ценозах добре видно сліди господарювання – знижена участь або повна відсутність характерної для таких лісів *Cerasus avium* (L.) Moench. та інших листяних видів дерев. Такі ліси також є осередками всихання *Abies*

*alba*, в яких вона з домішки стала елементом кількох деревних ярусів, посідаючи місце листяних видів. Багаті умови місцезростання та нетиповий видовий склад такого ценозу лежать у основі порушень біотичної стійкості *Abies alba*. У фітоценозах цієї асоціації рівень її захворювання є дуже високим.

На території ДП «Кутське ЛГ» *Abies alba* є характерним елементом і так званих «кислих бучин», які формуються тут у вигляді ценозів двох асоціацій – *Luzulo luzuloidis-Fagetum* і *Luzulo pilosae-Fagetum* із дуже подібними характеристиками. Вони формуються у бідніших трофотобах, аніж *Dentario glandulosae-Fagetum*, на мілких ґрунтах із виходом кам'янистих розсипищ. У таких лісах із невеликою участю *Abies alba* незначною мірою виражено її пошкодження. Зрідження деревних ярусів неминуче призводить до всихання *Abies alba*. Сприяють цьому і екологічні характеристики біотопу, оскільки ацидофільні бучини займають найвищі місцезростання по верхівках хребтів і формуються на ґрунтах, які незадовільно утримують вологу, і в посушливі роки мікросередовище таких лісів докорінно змінюється.

Найменшу частку уражених дерев відмічено у ценозах асоціації *Abieti-Piceetum (montanum)*, де всі деревні яруси сформовані видами *Picea abies* та *Abies alba*. Їхньою характерною ознакою є добре розвинене мохове вкриття та дуже добре поновлення *Abies alba*. Бука у таких деревостанах практично немає, поодинокі його особини у підрослі не формують лісового середовища. Немає тут і видів, характерних як для класу *QUERCO-FAGETEA*, так і букових лісів зокрема (рис. 3).

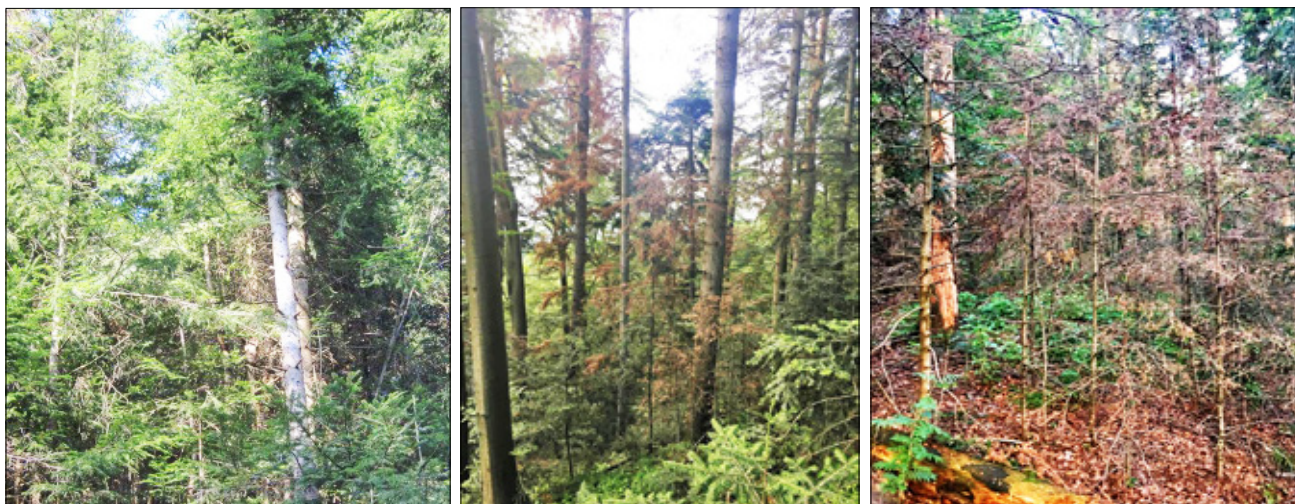


Рис. 3. Залежність рівня захворювання *Abies alba* від належності ценозу: (*Abieti-Piceetum (montanum)*) (зліва); *Dentario glandulosae-Fagetum* (в центрі) і *Luzulo pilosae-Fagetum* із зниженою участю *Fagus sylvatica* (справа)

Для підтвердження факту кореляції фітосанітарного стану лісів з часткою діагностичних для асоціації видів дерев проаналізовано зміну участі деревних видів у здорових фітоценозах та з ознаками всихання *Abies alba* у межах однієї рослинної асоціації. Одночасно встановлено відповідність видового складу лісових ценозів умовам біотопу (табл. 2).

За наведеними у табл. 2 результатами, частка діагностичних видів дерев в осередках всихання *Abies alba* значно відрізняється у порівнянні із здоровими ценозами з типовим видовим складом.

Зазначимо, що комплекс діагностичних трав'яних видів та їхня характерна комбінація були практично однаковими в обох варіантах асоціації,

що забезпечило чистоту експерименту. Синтаксономічний аналіз та коефіцієнти подібності участі деревних видів у ценозах підтверджують, що осередки всихання *Abies alba* приурочені до мішаних лісів, з яких частково або повністю видалено листяні види дерев. Доказом цього є видовий склад підросту, трав'яного і мохового ярусів та мікобіоти, які залишаються «вірними» природному ценозу та умовам біотопу.

**Висновки.** Каталізуючим чинником всихання *Abies alba* є несприятливі синоптичні чинники, зокрема, посуха у літній період, та лісівничі прорахунки. Найбільші осередки всихання *Abies alba* приурочені до ялицево-букових лісів, в яких зрубно більшість дерев бука. Розвиток бактерій, як і всіх патогенних організмів, є лише наслідком дії комплексу чинників та ланцюга багаторічних подій, які відбулися у такій послідовності: пройшла зміна видового складу лісових фітоценозів у бік трансформації ялицево-букових і смереково-ялицево-букових лісів у буково-ялицеві, ялицево-смерекові та чисто ялицеві шляхом масового зрубування бука

у місцях виростання корінних деревостанів. Про це свідчать типи ґрунтів, склад трав'яного та мохового ярусів, мікобіота обстежених ділянок із всихаючими деревами *Abies alba*. Це однозначно призвело до втрати *Abies alba* імунітету, оскільки такі фітоценози позбавлені характерної для *Abies alba* міко- та мікробіоти, зокрема, мікоризоутворювачів і ґрунтової мезофауни, які можуть поставати антагоністами патогенів *Abies alba*. Чисті ж хвойні ліси завжди є осередками розвитку деструктивних процесів. Поширення і розвиток бактеріальної патології відмічені у наступний після посушливого літа рік, посилюючись антропогенними чинниками. Вторинними патогенами, які поселяються на всихаючих деревах, є *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (1888), *Armillaria mellea* s. l., *Climacocystis borealis* (Fr.) Kotl. & Pouzar (1958), ксиліфаги та низка мікроксилотрофів. Саме ці види найчастіше вважаються основною причиною всихання *Abies alba*, проте такими насправді не є, як, зрештою, і сам збудник бактеріозу, який лише використав вільну екологічну нішу у видозмінені біоценозі.

Таблиця 2

Коефіцієнти подібності участі (S) деревних видів у ценозах із участю *Abies alba*

| № синтаксону               | 1*   | 1a | 2    | 2a | 3    | 3a | 4    | 4a | 5    | 5a |
|----------------------------|------|----|------|----|------|----|------|----|------|----|
| <i>Abies alba</i>          | 0,95 |    | 0,80 |    | 0,88 |    | 0,87 |    | 0,55 |    |
| <i>Fagus sylvatica</i>     | 0,97 |    | 0,97 |    | 0,52 |    | 0,55 |    | 0,55 |    |
| <i>Picea abies</i>         | 0,88 |    | 0,98 |    | 1,00 |    | 0,9  |    | 0,90 |    |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> | 0,98 |    | 0,65 |    | 1,00 |    | 1,00 |    | 1,00 |    |
| <i>Ulmus glabra</i>        | 0,98 |    | 1,00 |    | 1,00 |    | 1,00 |    | 1,00 |    |
| <i>Carpinus betulus</i>    | 0,98 |    | 0,65 |    | 1,00 |    | 1,00 |    | 0,92 |    |
| <i>Cerasus avium</i>       | 1,00 |    | 0,97 |    | 1,00 |    | 1,00 |    | 0,97 |    |
| <i>Betula pendula</i>      | 1,00 |    | 0,97 |    | 0,97 |    | 1,00 |    | 1,00 |    |
| <i>Populus tremula</i>     | 1,00 |    | 0,97 |    | 0,97 |    | 1,00 |    | 1,00 |    |
| <i>Sorbus aucuparia</i>    | 1,00 |    | 1,00 |    | 1,00 |    | 1,00 |    | 1,00 |    |

Примітка: номери синтаксонів як у табл. 1, S – коефіцієнт подібності участі деревних видів у ценозі (Brzeziecki, 2008)

Для нормального росту й розвитку ялицевих лісів потрібно запровадити певні лісівничі та охоронні заходи і дотримуватися правил лісівничої поведінки в лісах. Необхідно відновлювати корінні деревостани, максимально наблизивши їхній склад до природних, і, насамперед, варто збільшити частку бука в ялицевих лісах. Важливою складовою здоров'я лісових видів дерев є симбіотрофна мікобіота, тому потрібно оберігати мікоризні гриби, які сприяють нормальному розвитку мікотрофних рослин, беруть участь у процесах кругообігу речовин, підвищенні родючості ґрунтів і створюють складні симбіотичні зв'язки із деревними видами, захищаючи їх від уражень хвороботворними організмами. Розірвати хвороботворний ланцюг в ялицевих лісах можна оперативним вибиранням хворих дерев і перерформуванням хворих ялицевих деревостанів у мі-

шані ялицево-букові з часткою *Abies alba* у межах ценотичного оптимуму.

## Бібліографічні посилання

- Beltiukova, K. Y., Matyshevskaya, M. S., Kulykovskaia, M. D., & Sydorenko, S. S. (1968). *Methods for investigating pathogens of bacterial plant diseases*. Kyiv: Scientific thought (in Russian).
- Braun-Blanquet, J. (1964). *Plant sociology. Basics of vegetation science*. Wien-New York: Springer (in German).
- Brzeziecki, B. (2008). Long-term dynamics of natural stands on the example of two forest communities of the Białowieża National Park: *Pino-Quercetum* and *Tilio-Carpinetum*. Vol. II. *Studies Naturae*, 54, 9-22 (in Polish).

- Carter, J. C. (1945). Wetwood of elms. *Bulletin Illinois Natural History Survey*, 23, 401-448.
- Cherpakov, V.V. (2012). Bacterial dropsy: affected species of coniferous species in Russia. *Actual problems of the forest complex*, 33, 111-115 (in Russian).
- Cherpakov, V.V. (2017). Etiology of bacterial dropsy of woody plants. *Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy*, 220, 125-139 (in Russian).
- Cherpakov, V.V. (2015). The study of the pathogenic properties of bacteria «Wet Wood». *Actual problems of the forest complex*, 41, 158-163 (in Russian).
- Dale, V.H., Joyce, L.A., McNulty S. (2001). Climate change and forest disturbances. *BioScience*, 51 (9), 723-734. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0723:CCAFD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0723:CCAFD]2.0.CO;2)
- Ellenberg, H., & Klotzli, F. (1972). Forest companies and forest sites of Switzerland. *Messages from the Swiss Anstalt for forestry research*, 48 (4), 587-930 (in German).
- Elling, W., Dittmar, C., Pfaffelmoser, K., Rotzer, T. (2009). Dendroecological assessment of the complex causes of decline and recovery of the growth of silver fir (*Abies alba* Mill.) in Southern Germany. *Forest Ecology and Management*, 257, 1175-1187. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.10.014>
- Fukarek, F. (1967). *Phytosociology*. Warsaw: PWR i L. (in Polish)
- Gašperšič, F. (1967). The developmental dynamics of the fir-beech forests in Sneznik in the last 100 years (and Slovene). *Forestry journal*, 7-8, 202-237.
- Golubec, M.A. (2003). Geobotanical zoning of the Ukrainian Carpathians is the basis of rational nature utilization. *Proceedings of the Scientific Society of them. Shevchenko*, 12, 283-292 (in Ukrainian).
- Goychuk, A.F., Drozda, V.F., & Shvets, M.V. (2017). *Bacterial dropsy birch in stands of Zhytomyr Polissya of Ukraine: scientific and methodical recommendations for enterprises of the State Agency of Forest Resources of Ukraine*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (in Ukrainian).
- Goychuk, A., Drozda, V., & Shvets, M. (2018). Risk of birch disappearance in Zhytomyr Polissya of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of sciences of Ukraine*, 17, 16-25 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/411817>
- Gvozdyak, R.I., & Yakovleva, L.M. (1979). *Bacterial diseases of forest tree species*. Kyiv: Scientific thought (in Russian).
- Gvozdyak, R.I., Gojčuk A.F., & Rosenfeld, V.V. (2012). *Bakteriozi of forest trees*. Zhitomir: Polissya (in Ukrainian).
- Gvozdyak, R.I., Goychuk, A.F., & Rosenfeld, V.V. (2014). *Forest Phytopathobacteriology*. Kyiv: Publishing house «Vinichenko» (in Ukrainian).
- Gvozdyak, R.I., Goychuk, A.F., Rosenfeld, V.V., & Pasichnyk, L.A. (2011). *Bacterial diseases and seed microbiot of Scotch Pine (Pinus sylvestris L.)*. Zhitomyr: Polissya (in Ukrainian).
- Hensirik, S.A. (1964). *Forests of Ukrainian Carpathians and their use*. Kiev: Harvest (in Ukrainian).
- Index Fungorum*. Retrieved from <http://www.indexfungorum.org>
- Jacobi, W.R. (2009). Bacterial wetwood. *Colorado state university*, 2, 81-83.
- Jactel, H., Petit, J., & Desprez-Loustau, M.I. (2012). Drought effect on damage by forest insects and pathogens: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 18 (1), 267-276. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02512.x>
- Jahn H., Nespiak, A., & Tüxen, R. (1967). Mushroom sociological investigations in beech forests (*Carici-Fagetum, Melico-Fagetum* and *Luzulo-Fagetum*) of the Weser Mountains. *Mitteilungen der Floristisch-Soziologischen Arbeitsgemeinschaft*, 11-12, 159-197 (in German).
- Kalutsky, I.F. (2008). Forest biocenoses of the Ukrainian Carpathians, problems of their preservation and sustainable development. *Proceedings of the Forestry Academy of sciences of Ukraine*, 6, 55-61 (in Ukrainian).
- Kobal, M., Grcman, H., Zupan, M., Levanic, T., Simoncic, P., Kadunc, A., & Hladnik, D. (2015). Influence of soil properties on silver fir (*Abies alba* Mill.) growth in the Dinaric Mountains. *Forest Ecology and Management*, 337, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.10.017>.
- Kramatets, V.O., & Krinickij, G.T. (2009). Evaluation of status and possible threats to the survival of the spruce forests of the Carpathians in connection with climate change. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 19.15, 38-50 (in Ukrainian).
- Krasnov, V.P., Orlov, A.A., Buzun, V.A., Landin, V.P., & Rustle, Z.M. (2007). *Applied radioecology of the forest*. Zhytomyr: Polissya (in Ukrainian).
- Kučera, P. (2008). Remarks on higher-ranked syntaxa with *Abies alba* in Central Europe: their concepts and nomenclature. *Hacquetia*, 7 (2), 161-172. <https://doi.org/10.2478/v10028-008-0009-0>
- Kulbanska, I.M. (2015). Ecological-forestry factors and their influence on the spread of common asbestosis tuberculosis in the western part of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25 (6), 64-71 (in Ukrainian).
- Lebourgeois, F. (2007). Climatic signal in annual growth variation of silver fir (*Abies alba* Mill.) and spruce (*Picea abies* Karst.) from the French Permanent Plot Network (RENECOFOR). *Annals of Forest Science*, 64, 333-343.
- Lebourgeois, F., Rathgeber, C. B. K., & Ulrich, E. (2010). Sensitivity of French temperate coniferous forests to climate variability and extreme events (*Abies alba*, *Picea abies* and *Pinus sylvestris*). *Journal of Vegetable Science*, 21, 364-376.
- Levanic, T. (1997). Growth depression of silver fir (*Abies alba* Mill.) in the Dinaric phytogeographic



- region between 1960 and 1995. *Collection of forestry and woodworking*, 52, 137-164.
- List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature. Retrieved from <http://www.bacterio.cict.fr/e/erwinia.html>
- Manko, Yu.I., & Gladkova, G.A. (2001). *Drying of spruce in light of the global deterioration of dark coniferous forests*. Vladivostok: Dalnauka (in Russian).
- Matuszkiewicz, W. (2013). *Guide to marking plant communities in Poland*. Warsaw: PWN (in Polish).
- Matuszkiewicz, W., & Polakowska, M. (1995). Materials for phytosociological systematics of mixed coniferous forests in Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 24 (2), 65-74 (in Polish).
- Mayer, H., & Onno, M. (1970). For the systematic evaluation of Abieti-Fagetum and Abietetum in the Western and Eastern Alpine fagion. *Vegetatio*, 20 (5/6), 381-393. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/20035521> (in German).
- Meshkova V.L., Borysenko O.I., & Pryhornytskyi V.I. (2018). Forest site conditions and other features of Scots pine stands favorable for bark beetles. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 106-114. <https://doi.org/10.15421/411812>
- Müller, Th., Oberdorfer, E., & Seibert, P. (1992). *Southern German Plant Societies. Part IV. Forests and shrubs*. Jena: Gustav Fischer (in German).
- On Kosivshchyna, due to diseases, the masses of dried firs. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=PdZaLijmv-k>
- Pinto, P.E., Gegout, J.C., Herve, J.C., & Dhote, J.F. (2007). Changes in environmental controls on the growth of *Abies alba* Mill. in the Vosges Mountains, northeastern France, during the 20th century. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 472-484.
- Pinto, P.E., Gegout, J.C., Herve, J.C., Dhote, J.F. (2008). Respective importance of ecological conditions and stand composition on *Abies alba* Mill. dominant height growth. *Forest Ecology and Management*, 255, 619-629. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.09.031>
- Pogribnyy, O.O., Yusypovych, Yu.M., Zaika, V.K., et al. (2018). Investigation of the causes of white fir stand drying (*Abies alba* Mill.) in the Ukrainian carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 28 (8), 9-13. <https://doi.org/10.15421/40280801> (in Ukrainian).
- Rybalko, T.N., & Gukasyan, A.B. (1986). *Bacteriosis of conifers in Siberia*. Novosibirsk: Science (in Russian).
- Sanitary rules in the forests of Ukraine. (1995). *Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 27, N. 555* (in Ukrainian).
- Scamoni, A. (1967). *Introduction to practical phytosociology*. Warsaw: PWR (In Polish).
- Schelhaas, M., Nabuurs, G., & Schuck, A. (2003). Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9, 1620-1633. doi:10.1046/j.1365-2486.2003.00684.x
- Scientists: on Kosivshchyna massively dries fir because of illness. Retrieved from [https://kurs.if.ua/news/naukovtsi\\_na\\_kosivshchyni\\_masovo\\_vsyhayut\\_yalytsi\\_cherez\\_zahvoryuvannya\\_video\\_55845.html](https://kurs.if.ua/news/naukovtsi_na_kosivshchyni_masovo_vsyhayut_yalytsi_cherez_zahvoryuvannya_video_55845.html)
- Shalovilo, Yu. I., Kovaleva, V. A., & Gut, R. T. (2011). Types of bacterial diseases of coniferous plants. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21 (13), 68-72 (in Ukrainian).
- Shcherbin-Parfenenko, A. L. (1963). *Bacterial diseases of forest species*. Moscow: Goslesbumizdat (in Russian).
- Shink, B., Ward, J.C., & Zeikus, G. (1981). Microbiology of Wetwood Role of Anaerobic Bacterial Populations in Living Trees. *Journal of General Microbiology*, 123, 313-322.
- Shvets, M.V. (2015). About the situation of birch stands in the forests of Zhytomyr Polissya of Ukraine. *Ecological, economic and social Problems of development agrarian Sphere in Conditions of Globalization*, 193-196 (in Ukrainian).
- Shvets, M.V. (2017). Symptomatology and etiology of «wetwood» birch in stands of Zhytomyr Polissya. *Contribution of young scientists on forestry, wood processing technologies and horticulture*. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 32-33 (in Ukrainian).
- Shvydenko A.Z., Buksha I.F., & Krakovskaya S.V. (2018). *Vulnerability of Ukraine's Forests to Climate Change*. Kyiv: Nika-Center.
- Stoyko, S.M. (2009). Potential environmental consequences of global warming in the forest formations of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19.15, 214-224 (in Ukrainian).
- The Plant List. Retrieved from <http://www.theplantlist.org>
- Trestik, M., Kupka, I., & Demel O. (2004). Dying Spruce in North Moravia and Silesia. *Forestry Work*, 7, 12-15 (in Czech).
- Wysocki, C., & Sikorski, P. (2002). *Applied phytosociology*. Warsaw: SGGW Publisher (in Polish).
- Yavorovs'kyy, P.P. (2015). Impact of climate change on forest ecosystems. *Forestry and gardening*, 6 (14), 52-59 (in Ukrainian). [http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc\\_2015\\_6\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2015_6_14).
- Zhang, L., Jiang, Yu., Zhao, Sh., Jiao, L. and Wen, Ya. (2018). Relationships between Tree Age and Climate Sensitivity of Radial Growth in Different Drought Conditions of Qilian Mountains. *Northwestern China Forests*, 9, 135-138. <https://doi.org/10.3390/f9030135>



## Фитоценотические предпосылки усыхания *Abies alba* Mill. в лесных ценозах Покутских Карпат

М.И. Сорока<sup>1</sup>, А. Возняк<sup>2</sup>, А.Ф. Гойчук<sup>3</sup>,  
А.П. Оныськив<sup>4</sup>, П.П. Плихтяк<sup>5</sup>

В последние десятилетия к проблемам горных и предгорных лесов, связанных с усыханием *Picea abies*, добавилась еще одна – начали массово усыхать древостои *Abies alba* Mill. всех возрастных категорий. Если усыханию еловых лесов уделяется значительное внимание научного сообщества, то усыхание пихты белой на территории Покутских Карпат только начинают исследовать. *Abies alba* в Карпатах является одним из важнейших и ценнейших лесообразующих видов, особенностью которого является специфическая эколого-биотопическая характеристика, низкая эдификаторная роль и практически полное отсутствие возможности формировать чистые древостои. Это означает, что для жизни и нормального функционирования деревьев *Abies alba* необходимы сложные взаимосвязи со многими видами различной систематической принадлежности, которые приспособлены к жизни в этой же среде. Ценозы с участием пихты белой формируются в пределах высотного пояса буковых лесов, что является свидетельством близости экологических характеристик *Abies alba* и *Fagus sylvatica*. Биотопические признаки природных пихтовых группировок, как и их синтаксономия, являются предметом многолетних научных дискуссий, однако так и остались до конца не выясненными,

что помешало решению многих проблем, связанных с функционированием пихтовых лесов, в том числе и их усыханием.

Трехлетними исследованиями очагов усыхания *Abies alba* установлены закономерности их возникновения и распространения в лесных ценозах государственного предприятия «Кутское лесное хозяйство». Проведены исследования на предмет выявления деструктивных признаков в организации и функционировании пихтовых лесов, в которых кроются причины их усыхания. Проанализировано влияние абиотических факторов на развитие очагов усыхания и установлено, что оно развилось в следующий после засушливого лета год. С помощью макропризнаков установлена этиология заболевания, вызвавшего усыхание особей *Abies alba*, проведено первичное диагностирование возможных фитопатогенов. С использованием лабораторных анализов и с помощью аналитических методов установлен комплекс первичных и вторичных патогенов, очередность их поселения и возможные причины развития. Выявлено, что первичным возбудителем заболеваний *Abies alba* является бактерия рода *Erwinia*, вызывающая бактериальный рак-водянку. Вторичными патогенами являются *Heterobasidion annosum*, *Phellinus hartigii*, *Armillaria mellea* и *Climacocystis borealis*. Проведены фитосоциологические исследования фитоценозов с высокой долей участия *Abies alba*, принадлежащих различным ассоциациям лесной растительности, идентифицированных с помощью эколого-флористической классификации и метода J. Braun-Blanquet (1964). Описаны фитоценозы ассоциаций *Abieti-Piceetum (montanum)*, *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* var. *Abies alba*, *Luzulo luzuloidis-Fagetum*, *Luzulo pilosae-Fagetum*, *Dentario glandulosae-Fagetum* var. *Abies alba*, среди которых отдельно выделены сообщества с признаками гибели *Abies alba*. Проведены исследования на предмет соответствия видового состава фитоценоза условиям биотопа. Фитосоциологическими исследованиями доказано, что и бактерии, и вторичные патогены чаще всего повреждают деревья *Abies alba* в смешанных лесах с измененным видовым составом. Установлено, что вспышка бактериальной водянки *Abies alba* развивается при изменении видового состава лесных фитоценозов в сторону трансформации пихтово-буковых лесов в буково-пихтовые и чисто пихтовые в результате вырубki бука в коренных древостоях. Наибольшее количество поврежденных деревьев *Abies alba* обнаружено в лесах ассоциации *Dentario glandulosae-Fagetum*, из которых выборочными рубками удалили бук, и в ценозах *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* var. *Abies alba* с пониженным участием лиственных видов деревьев. Зато *Abies alba* в ценозах ассоциации *Abieti-Piceetum (montanum)* практически не повреждается.

**Ключевые слова:** пихтово-буковые леса; Покутские Карпаты; бактериальная водянка; бактериальный ожог; синтаксономия растительности; метод Ж. Браун-Бланке; усыхание лесов.

<sup>1</sup> Сорока Мирослава Ивановна – академик Лесной академии наук Украины, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, древесиноведения і недревесной продукции леса. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, Львов 79057, Украина. Тел.: + 38-032-239-27-11. E-mail: myroslava\_soroka@yahoo.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>

<sup>2</sup> Возняк Анджей – профессор, доктор габилитованный, профессор кафедры гербологии и технологии выращивания растений. Университет Естественный в Люблине, ул. Академика, 13, Люблин 20-950, Польша, Тел. + 48-814-456-610. E-mail: andrzej.wozniak@up.lublin.pl ORCID <https://orcid.org/0000-0002-9845-7003>

<sup>3</sup> Гойчук Анатолий Федорович – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. генерала Родимцева, 19, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-050-930-04-46. E-mail: ogoychuk@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6827-2307>

<sup>4</sup> Оныськив Андрей Петрович – директор, государственное предприятие «Кутское лесное хозяйство», ул. Сечевых Стрельцов, 1, с. Яблонов, 78621, Косовский район, Ивано-Франковская обл., Украина. Тел. +38-03478-3-66-44. E-mail: kdlhlis@ukr.net

<sup>5</sup> Плихтяк Петр Петрович – лесничий, государственное предприятие «Кутское лесное хозяйство», ул. Сечевых Стрельцов, 1, с. Яблонов, 78621, Косовский район, Ивано-Франковская обл., Украина. Тел. +38-03478-3-66-44. E-mail: kdlhlis@ukr.net

## Phytocoenotic preconditions of drying of *Abies alba* Mill. dieback in the Forest Cenoses of the Pokut Carpathians

M. Soroka<sup>1</sup>, A. Woźniak<sup>2</sup>, A. Goychuk<sup>3</sup>, A. Oniskiv<sup>4</sup>,  
P. Plichtyak<sup>5</sup>

In recent decades the problem of mountain and foothill forests is the drying up *Picea abies* and *Abies alba* Mill. If the attention of the scientific community is focused on the death of spruce forests. Drying the fir in the Carpathians is just beginning to be studied. *Abies alba* in the Carpathians is one of the most important and most valuable species, a characteristic feature of which is specific ecological and biotope requirements, low ediative role and practically total lack of ability to create clean stands. This means that for the life and normal functioning of *Abies alba* trees, complex relationships are needed with many species of different systematic groups that are adapted to living in the same environment. The forests with the participation of *Abies alba* arise in the beech forest zone, which proves the proximity of its ecological features with *Fagus sylvatica*. The features of natural habitats of fir communities, as well as their syntaxonomy, are the subject of long-term scientific discussions, but it

is not clear what has become an obstacle in solving many problems related to the functioning of fir forests, including their drying out.

Three-year study of the death centers *Abies alba* established patterns of their occurrence and distribution in the forests of the State-owned enterprise «Kutske Forestry». The study was carried out to detect destructive traits in the organization and functioning of fir forests, where the reasons for their drying out lie. The influence of abiotic factors on the development of drying centers was analyzed and it was determined that it would develop next year after a dry summer. Using macro-genotypes, the etiology of a possible disease that caused the *Abies alba* abyss was established and a preliminary diagnosis of possible phytopathogens was carried out. Using the laboratory tests and analytical methods, a set of primary and secondary pathogens was established, the order of their settlement and the possible reasons for their development. The main cause of the disease is *Abies alba*, caused by *Erwinia* bacteria. Secondary pathogens are *Heterobasidion annosum*, *Phellinus hartigii*, *Armillaria mellea* and *Climacocystis borealis*. Phytosociological studies of phytocoenoses with a high share of *Abies alba* belonging to different forest vegetation communities, identified by the eco-floristic classification of vegetation and the J. Braun-Blanquet method (1964) were carried out. The phytocoenoses *Abieti-Piceetum* (montanum), *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* var. *Abies alba*, *Luzulo luzuloidis-Fagetum*, *Luzulo-pilosae-Fagetum*, *Dentario glandulosae-Fagetum* var. *Abies alba*, among which the group with the traces of *Abies alba* died. Research has been carried out on the appropriateness of species composition of phytocoenoses to habitat conditions. Phytosociological studies have shown that bacteria and secondary pathogens most damage *Abies alba* trees in forest areas with a modified species composition. It was found that the outbreak of *Abies alba* bacteriosis is observed when the species composition of forest phytocoenoses changes in the direction of conveying beech-beech forests to beech and fir by cutting the beech in places of native forest stands. The highest share of damaged *Abies alba* trees is found in the forests of *Dentario glandulosae-Fagetum*, from which selectively selected beech and in *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* var. *Abies alba* with a reduced share of deciduous tree species. Instead, *Abies alba* is practically undamaged in the forests of *Abieti-Piceetum* (montanum).

**Key words:** fir-beech forest; Pomeranian Carpathians; bacterial hydrochloride; bacterial burn; syntaxonomy; J. Brun-Blanche Method; drying out of forests.

<sup>1</sup> Myroslava Soroka – full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Botany. National Forestry University of Ukraine, Lviv, 79057, Ukraine. Phone: + 38-032-239-27-11. E-mail: myroslava\_soroka@yahoo.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>

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

<sup>3</sup> Anatoliiy Goychuk – Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of the Department of Biology Forest and Hunting Science. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, General Rodimtsev st., 19, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-050-930-04-46. E-mail: ogoychuk@gmail.com ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6827-2307>

<sup>4</sup> Andriy Onyskiv – Director, state enterprise «Kuty Forestry», st. Sichovye Streltsiv, 1, smt. Yabluniv, 78621, Kosiv district, Ivano-Frankivsk region, Ukraine. Phone: +38-03478-3-66-44. E-mail: kdlhlis@ukr.net

<sup>5</sup> Petro Plichtyak – forestry, state Enterprise «Kuty Forestry», st. Sichovye Streltsiv, 1, smt. Yabluniv, 78621, Kosiv district, Ivano-Frankivsk region, Ukraine. Phone: +38-03478-3-66-44. E-mail: kdlhlis@ukr.net

## 2. ЛІСОЗНАВСТВО ТА ЛІСІВНИЦТВО



Forestry Academy of Sciences  
of Ukraine

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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411903>  
Article received 2018.11.13  
Article accepted 2019.03.28

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

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*232 : 630\*114.22

### Вплив лісових насаджень плантаційного типу на показники родючості лісових ґрунтів в умовах Західного Лісостепу України

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

*Між насадженнями різного складу та родючістю ґрунту існує тісна взаємодія, яку можна корегувати, змінюючи участь порід у складі деревостану. Питання особливо актуальне з погляду запровадження плантаційних лісових насаджень на місці низькопродуктивних деревостанів. Тому вивчення змін показників родючості ґрунту у системі – плантаційні насадження → ґрунт → корінний деревостан, є надзвичайно важливим чинником забезпечення високої продуктивності та біотичної стійкості лісових фітоценозів.*

*Досліджені темно-сірі опідзолені ґрунти на лесоподібному суглинку характеризуються високим лісорослинним потенціалом, результатом якого є формування чистих і мішаних насаджень модрина та ялини за високими класами бонітету – від I до I<sup>c</sup>. Водночас значення показників родючості ґрунтів (вміст гумусу та рухомих сполук NPK) під цими насадженнями відрізняються.*

*Вміст гумусу у ґрунтах під насадженнями за участю ялини коливається в межах від 0,32 до 4,52 % та в середньому становить 1,80 %, що нижче, ніж під насадженнями модрина – 0,32-9,32 % та 2,17 % відповідно.*

*Склад насаджень впливає на вміст у ґрунті усіх досліджених елементів живлення. Середній вміст легкогідролізованого азоту у ґрунтах під насадженнями за участю ялини є нижчим (5,68 мг/100 г ґрунту), ніж за участю модрина (7,10) та більш амплітудно знижується вниз по профілю. Так, його середній вміст у Не-горизонті становить 9,63 мг/100 г ґрунту, в II – 4,87, в I – 2,52, а під насадженнями за участю модрина – 10,41; 6,51 та 4,24 мг/100 г ґрунту відповідно.*

*Середній вміст рухомих сполук фосфору в обох групах насаджень є доволі подібним – 5,93 мг/100 г ґрунту за участю ялини та 5,80 – модрина. Водночас в I-горизонті у культурах з модриною він значно вищий, ніж у культурах з ялиною – 7,70 проти 2,64 мг/100 г ґрунту, що сприяє росту модрина за I<sup>b</sup>-I<sup>c</sup> класами бонітету. Характер розподілу обмінного калію за профілем ґрунту принципово відрізняється. Так, якщо під насадженнями за участю модрина його найвищий вміст (9,50 мг/100 г ґрунту) зафіксовано в Не-горизонті, то за участю ялини – у I-горизонті (11,85), що свідчить про інтенсивний прояв процесу кислотного гідролізу у ґрунтах під впли-*

<sup>1</sup> Дебринюк Юрій Михайлович – академік Лісівничої академії наук України, академік-секретар ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісових культур і лісової селекції. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: [debryniuk\\_ju@ukr.net](mailto:debryniuk_ju@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

<sup>2</sup> Распопіна Світлана Петрівна – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри лісових культур і меліорацій. Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва, п/в «Докучаєвське - 2» Харківської обл., 62483, Україна. Тел.: 0572- 99-72-56, +38-068-459-64-23, E-mail: [s\\_raspopina@ukr.net](mailto:s_raspopina@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

вом опаду ялини. Проте середньопрофільний вміст обмінного калію у ґрунтах під обома групами насаджень є доволі подібним – 8,90 мг/100 г ґрунту у культурах з модриною та 9,17 – з ялиною.

Загалом чисті ялинові та модринові культури в умовах свіжого і вологого ґрунту Західного Лісостепу України не виявляють негативного впливу на показники родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту. Водночас сприятливіші поживні властивості формуються у ґрунтах під насадженнями за участю модрини, які, своєю чергою, забезпечують найвищий рівень їх продуктивності, що необхідно брати до уваги під час проектування складу лісових культур плантаційного типу.

**Ключові слова:** лісові культури; модрина; ялина; лісорослинні властивості ґрунту, гумус; азот; фосфор; калій.

**Вступ.** Загальновідомо, що одним із основних чинників ґрунтоутворення є рослинність. Так, наприклад, під трав'яною (степовою та різнотравно-степовою) рослинністю формуються чорноземи, під лісовою (хвойною) – підзолисті, а під впливом широколистяних лісів – сірі лісові (опідзолені) ґрунти. Загалом у лісовій екосистемі між деревними насадженнями та ґрунтом існує тісний взаємозв'язок – з одного боку, властивості ґрунтів обумовлюють формування лісів певного складу, а з іншого – деревна рослинність сама є потужним едифікатором. Водночас деревні породи внаслідок різного хімічного складу опаду та архітектоніки кореневих систем, мають специфічний вплив на властивості (хімічні, водно-фізичні, фізико-хімічні тощо) ґрунту, формуючи його певний лісорослинний потенціал і забезпечуючи біотичну стійкість (Peshko, 1965, Remezov, & Pogrebnyak, 1965, Kosenko, 1971, Yakovenko, 1972, Ivanyuk, 2013, Raspopina, 2008, Raspopina, Neyko, & Boiko, 2011, Raspopina, 2012, 2017, Debryniuk, 2007, 2018). Глибокий аналіз природних зв'язків між лісовою рослинністю та середовищем її місцезростання дав змогу видатним вченим-лісівникам – Г.Ф. Морозову та Г.М. Висоцькому підвести теоретичну базу під створення класифікаційної схеми лісів (едафічної сітки Алексєєва-Погребняка), в основу якої було покладено властивості ґрунту, зокрема – трофічність і вологість.

Зважаючи на взаємообумовленість зв'язку між властивостями ґрунту та лісовими насадженнями, змінюючи склад деревостану, можна корегувати рівень актуальної родючості ґрунту. Цей аспект є особливо важливим з погляду запровадження плантаційної системи лісовирощування, яка, серед інших складових, передбачає культивування швидкорослих порід. Вважається, що швидкорослість деревних порід, які й складають плантаційні лісові насадження (ПЛН), забезпечується їх підвищеною енергією до поглинення поживних речовин, унаслідок чого відбувається виснаження ґрунту. Однак, тимчасове та короткотермінове перебування ПЛН із швидкорослих порід на місці корінних (букових, дубових, ясеневих, ялинових, соснових тощо) деревостанів не повинно виявляти негативну дію на відновлений корінний деревостан після рубки плантаційних культур. Водночас, цілком зрозуміло, що і вплив на ґрунт ПЛН різного складу теж буде неоднаковим. Таким чином, дослідження змін різних компонентів лісового біогеоценозу у системі плантаційні лісові насадження → ґрунт → корін-

ний деревостан, є надзвичайно важливим чинником забезпечення високої продуктивності, стійкості та невиснажливого розвитку лісових фітоценозів у контексті сучасної світової тенденції щодо інтенсифікації лісового господарства.

З огляду на наведене вище, актуальними є питання щодо встановлення специфіки впливу насаджень швидкорослих порід різного складу на властивості ґрунтів, а також впливу останніх на таксаційні показники деревостанів. Створення лісових культур загалом та особливо – лісових культур плантаційного типу, може бути успішним тільки у разі якомога повної відповідності їх екологічних вимог едафічним умовам. Так, за оптимальних властивостей ґрунту середній приріст деревини більшості швидкорослих деревних видів може сягати понад 10 м<sup>3</sup>/га в рік, що саме й відповідає вимогам до поняття «швидкоросла порода». При цьому, показник Дм (зміна приросту запасу стовбурової деревини) різних видів модрини та ялини за відповідного режиму вирощування може суттєво перевищувати вказану величину (Debryniuk, 2007).

**Об'єкти та методика дослідження.** Об'єкт дослідження – лісові насадження плантаційного типу за участю різних видів модрини (*Larix L.*) та ялини європейської (*Picea abies L.*) в умовах Західного Лісостепу. Предмет досліджень – показники родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту на лесоподібному суглинку під лісовими насадженнями різного складу. Мета роботи – дослідити показники родючості темно-сірого опідзоленого лісового ґрунту під насадженнями за участю модрини та ялини, а також їх вплив на продуктивність деревостанів в умовах Західного Лісостепу.

Використовуючи методологічні підходи порівняльної екології, вплив деревних рослин на показники родючості ґрунту (темно-сірий опідзолений на лесоподібному суглинку) досліджували у подібних типах лісорослинних умов (D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>), в яких насадження відрізняються формулою складу деревостану, тобто участю певних деревних порід (різні види модрини та ялини) в їх складі. Такий методологічний підхід з високою вірогідністю дає підставу припустити, що відмінності показників ґрунту найбільшою мірою зумовлені видовим складом деревної рослинності.

Дослідження здійснювали на пробних ділянках (ПД), закладених відповідно до загальноприйнятих у лісовій таксації методик (Grom, 2005), у насадженнях з різною участю модрини (*L. decidua* Mill., *L. kaempferi* Carr., *L. eurolepis* Henry), ялини



європейської та дуба звичайного (*Quercus robur* L.). У найхарактерніших місцях насаджень було закладено по три ґрунтові профілі, з яких для лабораторного аналізу було відібрано 78 зразків. Описання профілів здійснювали за загальноприйнятою методикою (Polupan et al., 1981), а відбір зразків – за генетичними горизонтами (He, HI, I).

У лабораторних умовах ґрунтові зразки доводили до повітряно-сухого стану, підготовлювали для аналізування та аналізували за чинними DSTU (DSTU 4289:2004, DSTU 4115–2002, DSTU 7863:2015).

За вмістом гумусу лісові ґрунти диференціювали на: дуже бідні (вміст до 1,0 %), бідні (1,01–2,0 %), недостатньо забезпечені (2,0–3,0 %), середньо забезпечені (3,01–4,0 %) та добре забезпечені – 4,01 % та більше (Pobedov et al., 1986). Рівень забезпеченості ґрунтів елементами мінерального живлення встановлювали за класифікацією Pobedov et al. (1986).

Об'єкти досліджень розташовані на території лісового фонду Західного Лісостепу (Львівська, Тернопільська, Чернівецька обл.), де було закладено 18 пробних ділянок в умовах свіжого та волого ґрунту у типах лісу – свіжа та волога грабова і букова діброви, в яких досліджені ялинові та модринові деревостани характеризуються високою продуктивністю (класи бонітету від I до I<sup>c</sup>). Як контроль використовували характеристики ґрунту під корінними ясенево-дубовими та грабово-дубовими насадженнями (ПД-8а-1, 5я, Н-11). Ґрунтовий покрив досліджених ділянок представлений темно-сірим опідзоленим легкосуглинним ґрунтом на лесоподібному суглинку.

**Результати досліджень.** Ґрунт є одним із найважливіших компонентів лісового біогеоценозу, без урахування властивостей якого неможливе вирощування високопродуктивних і біотично стійких лісових насаджень. Доволі часто потенційну родючість ґрунтів, у т.ч. лісових, ототожнюють із вмістом гумусу, який є інтегрованим продуктом ґрунтоутворення. Тип гумусу та його вміст відображають весь комплекс природних умов едафотопу, а також зміни чинників педогенезу, зокрема, типу та складу рослинності. Гумус – найпотужніший резервуар перетвореної сонячної енергії у земній корі, яка є безперервним джерелом для підтримання життєдіяльності мікроорганізмів і рослин. У ньому зосереджена майже вся частина ґрунтового азоту (>90 %), а також інші макро- та мікроелементи, які з часом поступово трансформуються у доступні для рослин форми. Важлива функція гумусу полягає також у нагромадженні вологи та формуванні й збереженні структури ґрунту, підтриманні його оптимального повітряно-теплового режиму. Незважаючи на те, що здебільшого лісові ґрунти характеризуються невисоким вмістом гумусу, лісові фітоценози продукують значну кількість біомаси, обсяги якої значно перевищують обсяги інших рослинних угруповань на найбагатших ґрунтах, завдяки чому запаси гумусу у лісовій екосистемі є стабільними.

Аналіз вмісту гумусу під лісовими насадженнями показав наявність суттєвих змін залежно від участі ялини в їхньому складі (рис. 1, табл. 1). Так, вміст гумусу закономірно поступово знижується вниз по профілю – від He до I-горизонту, в якому його вміст є мінімальним під усіма насадженнями. Водночас, дещо підвищений вміст гумусу в I-горизонті (> 1 %), зафіксований за складу насаджень 6Ял4Д. Зі зменшенням участі ялини в складі деревостану простежується доволі чітко зростання вмісту гумусу у горизонті (He). Так, найвищі його значення виявлено під дубовими насадженнями з домішкою ялини, а найнижчі – під чистим ялиником та за максимальної участі ялини у складі насаджень.

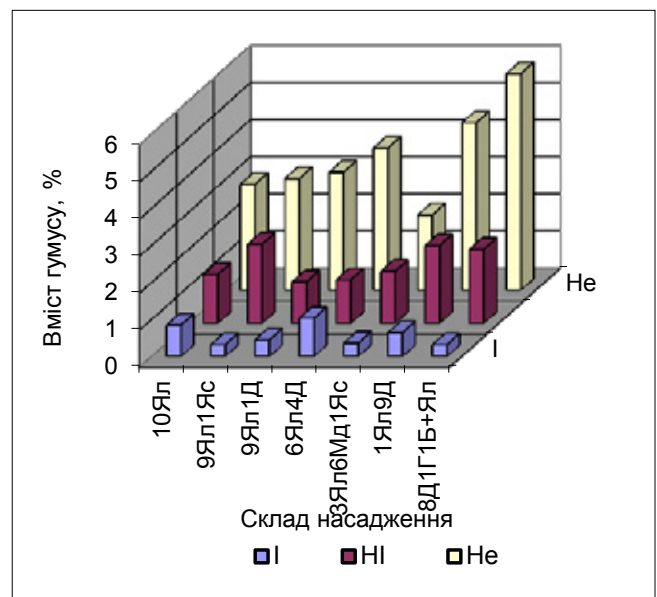


Рис. 1. Вплив складу деревостану за участю ялини на вміст гумусу у темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу

У нижньому гумусовому горизонті (HI) простежується тенденція до деякого зростання вмісту гумусу зі зменшенням участі ялини в складі. Однак, на окремих ділянках (ПД-6а-1) під ялиновим насадженням, де частка хвойної породи становить 9 од., вміст гумусу був найвищим (2,14 %) (див. табл. 1). Водночас, у цьому випадку це, вірогідно, зумовлено більш високим загальним рівнем трофності едафотопу, про що свідчить поява у складі насаджень природним шляхом типового мегатрофу – ясена звичайного.

Отже, ґрунти під ялиновими насадженнями характеризуються доволі помітним профільним зниженням вмісту гумусу, що пояснюється, з одного боку, значним нагромадженням опадів ялини на поверхні ґрунту внаслідок його повільної мінералізації, а з іншого – слабкою участю кореневої системи ялини в гумусотвірному процесі (Pasternak, 1970). Середній вміст гумусу під дослідженими насадженнями за участю ялини у верхньому гумусовому горизонті ґрунту становить 3,24 %, у нижньому – 1,54 %, в ілювіальному – 0,61, а загалом за профілем – 1,79 %.

Таблиця 1

**Вміст гумусу у ґрунтах під лісовими культурами різного складу та деякі таксаційні показники ялини європейської**

| № ПД | Склад насаджень | Вік, років | Вміст гумусу за ґрунтовими горизонтами, % |      |      | Таксаційні показники ялини |                |
|------|-----------------|------------|---|------|------|----------------------------|----------------|
|      |                 |            | He  | HI   | I    | висота, м                  | клас бонітету  |
| 3Б   | 10Ял            | 54         | 2,86                                      | 1,32 | 0,84 | 25,6±0,20                  | I <sup>b</sup> |
| 6а-1 | 9Ял1Яс + Д      | 41         | 3,01                                      | 2,14 | 0,32 | 22,6±0,12                  | I <sup>b</sup> |
| 1м   | 9Ял1Д + Г, Лп   | 46         | 3,18                                      | 1,12 | 0,45 | 19,6±0,37                  | I <sup>a</sup> |
| 16ч  | 6Ял4Д           | 39         | 3,84                                      | 1,18 | 1,03 | 19,9±0,25                  | I <sup>b</sup> |
| 7а-1 | 3Ял6Мдя1Яс      | 39         | 2,03                                      | 1,40 | 0,36 | 22,6±0,08                  | I <sup>b</sup> |
| 17   | 1Ял9Д           | 41         | 4,52                                      | 2,10 | 0,64 | 14,2±0,60                  | I <sup>a</sup> |
| 15а  | 8Д1Г1Б + Ял     | 51         | 5,84                                      | 2,00 | 0,64 | 19,7±0,46                  | I              |

Порівнюючи вміст гумусу під ялиновими, ялиново-дубовими і дубовими насадженнями, відзначимо його значно вищий вміст у верхніх горизонтах у культурах за участю дуба, що зумовлено більш «м'яким» характером лісового перегною, який утворюється під час трансформації опадів широколистяних порід, порівняно з опадом хвойних. Опід у чистих ялиниках та насадженнях за значної участі ялини внаслідок його хімічного складу (бідність на азот і зольні речовини поряд із насиченістю сполуками лігноцелюлозного комплексу) трансформується повільніше та утворює перегній за типом «грубого». Так, якщо під насадженнями за участю ялини ґрунти за ступенем забезпеченості на гумус відносяться до середньозабезпечених, то з переважанням дуба (9Д1Ял; 8Д1Г1Б + Ял) – середньо- та добре забезпечених (див. табл. 1).

Серед показників родючості ґрунту з продуктивністю лісу найтісніше корелює вміст гумусу (Myakushko, Volvach, & Pluta, 1989). Водночас, за результатами наших досліджень щодо продуктивності ялинових деревостанів, встановлено, що між вмістом гумусу та середньою висотою ялини також існує зв'язок, але середньої тісноти ( $R^2 = 0,35$ , рис. 2). Така тіснота зв'язку, вірогідно, зумовлена дією антропогенного чинника, зокрема, вирубуванням кращих екземплярів ялини для зниження конкуренції між дубом та ялиною, чим забезпечується стійка участь дуба у складі насаджень та поліпшення умов його росту.

Нами також досліджено вплив на вміст гумусу лісових насаджень за участю модрина (рис. 3). За отриманими результатами, насадження за участю модрина, також як і ялини, найбільшою мірою впливають на вміст гумусу у верхніх горизонтах (табл. 2). Загалом за профілем ґрунту вміст гумусу варіює в межах 0,32-9,32 %. Деякі лісові ділянки, де участь модрина у складі деревостану становить 3 од., характеризуються дуже високим (9,32 %) вмістом органічної речовини, зокрема, 86-річні модриново-дубові насадження (ПД-75а). Водночас, для досліджених ґрунтів такий високий вміст гумусу скоріш виняток, ніж закономірність, і, насамперед, є історичним результатом синтезу органічної

речовини під впливом оптимальних природних чинників. У грабово-дубових насадженнях за участю модрина у 10 % ґрунти оцінено як середньомусовані (див. табл. 2, див. рис. 3).

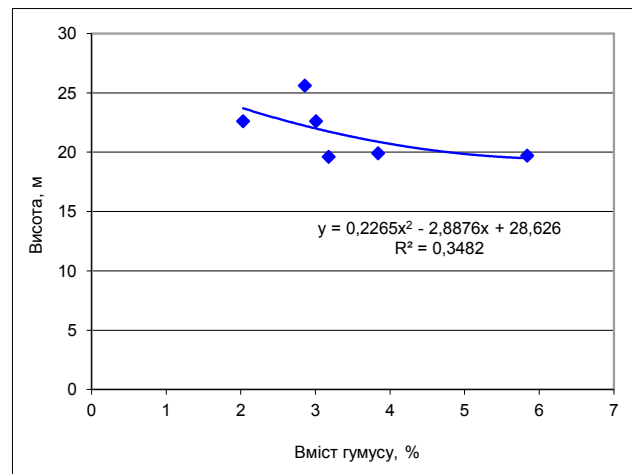


Рис. 2. Зв'язок між вмістом гумусу в He-горизонті та висотою ялини

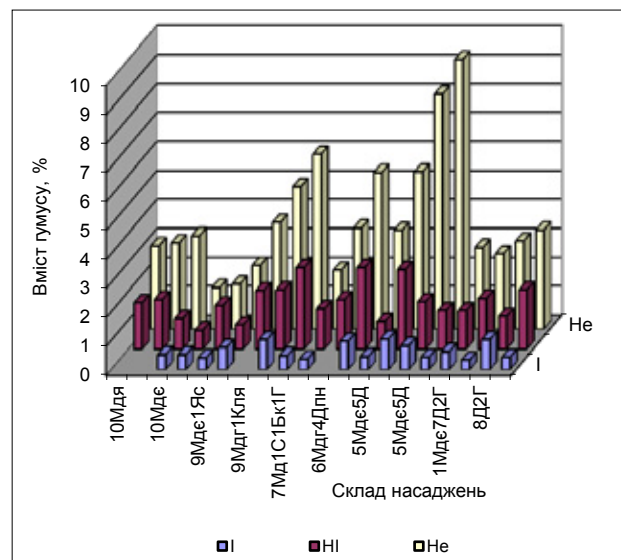


Рис. 3. Вміст гумусу у темно-сірому опідзоленому ґрунті під насадженнями за участю модрина в умовах Західного Лісостепу

**Вміст гумусу у ґрунтах під лісовими насадженнями з різною часткою модрини та деякі таксаційні показники модрини**

| № ПД | Склад насаджень   | Вік, років | Вміст гумусу за ґрунтовими горизонтами, % |      |               | Таксаційні показники модрини |                |
|------|-------------------|------------|---|------|---------------|------------------------------|----------------|
|      |                   |            | He  | HI   | I             | висота, м                    | клас бонітету  |
| 2п   | 10Мдя             | 39         | 2,88                                      | 1,61 | дані відсутні | 23,2±0,20                    | I <sup>a</sup> |
| 5п   | 10Мдя             | 48         | 2,98                                      | 1,72 | дані відсутні | 28,2±0,33                    | I <sup>b</sup> |
| 13лп | 10Мде + Яс, Кл, Д | 39         | 3,22                                      | 1,06 | 0,51          | 26,2±0,63                    | I <sup>c</sup> |
| 74   | 9Мде1Г            | 73         | 1,43                                      | 0,65 | 0,51          | 27,5±0,21                    | I <sup>b</sup> |
| 7а-2 | 9Мдя1Яс           | 39         | 1,55                                      | 1,52 | 0,4           | 27,1±0,88                    | I <sup>c</sup> |
| 75   | 9Мде1Д + Г        | 58         | 2,2                                       | 0,84 | 0,75          | 24,7±0,23                    | I              |
| 4п   | 9Мдг1Кля + Вз, Г  | 40         | 3,68                                      | 2,02 | дані відсутні | 25,8±0,30                    | I <sup>c</sup> |
| 122а | 8Мд1Вч1Д + Г, Ял  | 56         | 4,92                                      | 2,05 | 1,02          | 31,9±0,54                    | I <sup>b</sup> |
| 1з   | 7Мде1С1Бк1Г + Д   | 58         | 6,04                                      | 2,82 | 0,47          | 29,8±0,35                    | I <sup>b</sup> |
| 7а-1 | 6Мд3Ял1Яс         | 39         | 2,03                                      | 1,40 | 0,36          | 29,7±0,10                    | I <sup>c</sup> |
| 1п   | 6Мдг4Дпн + Лп     | 42         | 3,49                                      | 1,72 | дані відсутні | 26,3±0,51                    | I <sup>b</sup> |
| 100а | 6Мде3Д1Б          | 56         | 5,41                                      | 2,82 | 0,96          | 26,9±0,52                    | I <sup>a</sup> |
| 22в  | 5Мде5Д + С        | 45         | 3,41                                      | 0,96 | 0,44          | 25,8±0,22                    | I <sup>a</sup> |
| 4пе  | 5Мдя3С2Ял + Д, Г  | 36         | 5,43                                      | 2,75 | 1,04          | 21,2±0,48                    | I <sup>a</sup> |
| 116п | 5Мде5Д + С, Г     | 78         | 8,12                                      | 1,65 | 0,81          | 31,4±0,25                    | I <sup>a</sup> |
| 75а  | 3Мде7Д + Г        | 86         | 9,32                                      | 1,34 | 0,42          | 36,4±0,74                    | I <sup>b</sup> |
| 4д   | 1Мде7Д2Г          | 124        | 2,82                                      | 1,34 | 0,61          | 36,3±0,20                    | I <sup>a</sup> |
| 8а-1 | 6Дз2Яс1Клг1Дп     | 44         | 2,60                                      | 1,76 | 0,32          | -                            | -              |
| 5я   | 8Д2Г + Б, Лп, Бк  | 51         | 3,04                                      | 1,14 | 1,02          | -                            | -              |
| Н-11 | 10Д + Г           | 68         | 3,42                                      | 2,05 | 0,42          | -                            | -              |

Під чистими насадженнями модрини (незалежно від її виду) вміст гумусу є доволі подібним на усіх досліджених ділянках з діапазоном значень у He-горизонті 2,88-3,22 %. За участю модрини в 9 од. найменший вміст гумусу (1,43 %) виявлено у 73-річному насадженні модрини європейської, а найвищий (3,68 %) – у 40-річному насадженні модрини гібридної. Під середньовіковими насадженнями, де участь модрини становить 6 од., вміст гумусу коливається у межах 2,03-5,41, а за її участю у 7-8 од. – 4,92-6,04 %, тобто ґрунти є середньозабезпеченими за гумусом (див. табл. 2, див. рис. 3).

Отже, вплив на вміст гумусу мішаних і чистих насаджень модрини найбільшою мірою простежується у верхніх (He, HI) горизонтах ґрунту. При цьому в грабово-дубових насадженнях без модрини, порівняно з насадженнями за її участю, гумусованість ґрунту зменшується, що, вірогідно, зумовлено дещо повільнішою мінералізацією грабово-дубової підстилки за відсутності опаду модрини.

Як і в ялинових, так і в модринових насадженнях зниження вмісту гумусу за ґрунтовим профілем також є доволі помітним, хоча коренева система модрини значно потужніша, ніж у ялини, і її участь у гумусотвірному процесі повинна бути краще вираженою.

Середнє значення органічної речовини під насадженнями за участю модрини у He-горизонті ґрун-

ту становить 3,90 %, HI – 1,66 %, у I-горизонті – 0,63, а загалом за профілем – 2,17 %. Водночас, як за окремим горизонтами, так і загалом за профілем ґрунту, вміст гумусу під насадженнями за участю модрини є вищим, ніж під насадженнями за участю ялини (рис. 4).

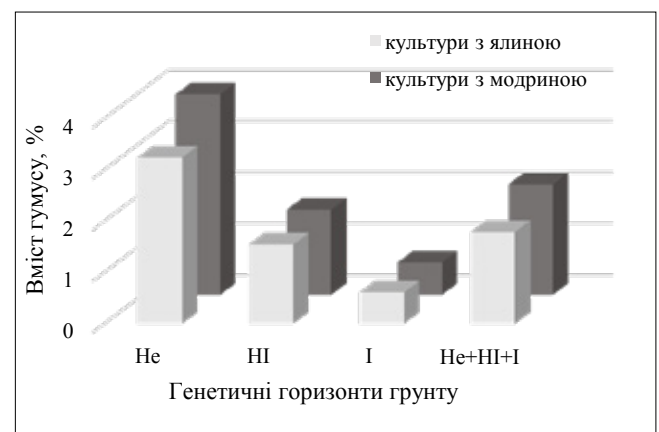


Рис. 4. Вміст гумусу у темно-сірому опідзоленому ґрунті під насадженнями різного складу в умовах Західного Лісостепу

Кореляційним аналізом встановлено закономірне зростання висоти модрини із збільшенням вмісту органічної речовини у гумусовому шарі ґрунту.

При чому, якщо для насаджень за участю ялини виявлено кореляцію середнього рівня, то за участю модрини – сильного ( $R^2 = 0,66$ ) (рис. 5).

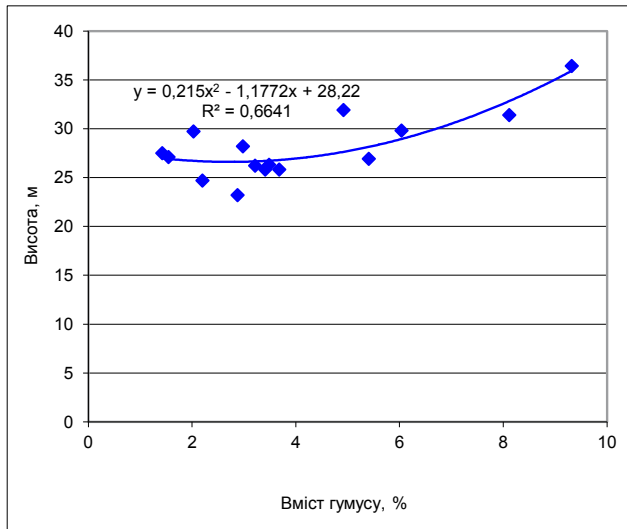


Рис. 5. Зв'язок між вмістом гумусу в горизонті He та висотою модрини

З органічною речовиною ґрунту тісно пов'язаний вміст поживних речовин, особливо, елементів-органогенів. Нами у ґрунтах під дослідженими насадженнями було визначено динаміку вмісту основних елементів мінерального живлення рослин (рухомі форми NPK), значення яких мають братися до уваги під час планування лісовідновних робіт (Pasternak, 1986).

Загалом, у лісових насадженнях за участю ялини європейської забезпеченість ґрунтів доступним азотом, зокрема його легкогідролізованою формою,

можна охарактеризувати як підвищену та подекуди, у разі мінімальної участі ялини, навіть високу (табл. 3). Тенденція до зростання вмісту азоту зі зменшенням частки ялини у складі деревостану характерна як для верхнього (He), так і для нижнього (HI) гумусових горизонтів. В I-горизонті його кількість є стабільно дуже низькою.

Залежність продуктивності (за висотою) ялинових деревостанів із вмістом доступного азоту описується зв'язком середнього рівня ( $R^2 = 0,23$ ). Відсутність тісного зв'язку між цими показниками знов таки, вірогідно, може бути зумовлена вибиранням кращих дерев під час здійснення рубок догляду, що порушує репрезентативність між вмістом азоту і висотою ялини.

Динаміка вмісту гідролізованого азоту під насадженнями за участю модрини має свою специфіку (табл. 4). Так, середньопрофільний вміст ґрунтового азоту у модринових насадженнях вищий (7,10 мг/100 г ґрунту), ніж під ялиновими (5,68 мг/100 г ґрунту), а загалом найбільший його вміст зафіксований під насадженнями за участю модрини від 6 до 8 од. (усереднене значення – 14,62 мг/100 г ґрунту).

За зменшення участі модрини до 1-3 од., а також у грабово-дубових культурах, вміст азоту в ґрунті різко знижується – до 8,48 мг/100 г ґрунту. Ймовірно, це зумовлено зменшенням обсягу опадів модрини, який прискорює трансформацію лісового детриту та, тим самим, збагачує ґрунти мінеральним азотом. Зауважимо, що динаміка вмісту азоту за генетичними горизонтами ґрунту під модриновими насадженнями є дуже подібною з добре вираженими діапазонами зростання та спадання (див. табл. 4, рис. 6).

Таблиця 3

**Вміст рухомих сполук NPK у темно-сірому опідзоленому ґрунті під штучними насадженнями за участю ялини, мг/100 г ґрунту**

| № ПД | Склад насадження | Вік, років | Індекс типу лісу      | Горизонт ґрунту | N    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|------|------------------|------------|-----------------------|-----------------|------|-------------------------------|------------------|
| 3Б   | 10Ял             | 54         | D <sub>3</sub> -Д     | He              | 9,8  | 6,8                           | 9,4              |
|      |                  |            |                       | HI              | 5,3  | 3,2                           | 8,2              |
|      |                  |            |                       | I               | 4,2  | 1,5                           | 12,8             |
| 1м   | 9Ял1Д + Г, Лп    | 46         | D <sub>3</sub> -гД    | He              | 7,8  | 7,1                           | 8,0              |
|      |                  |            |                       | HI              | 4,6  | 5,2                           | 6,2              |
|      |                  |            |                       | I               | 2,2  | 2,4                           | 13,0             |
|      |                  |            |                       | HE              | 9,5  | 8,52                          | 6,0              |
| 16ч  | 6Ял4Д            | 56         | D <sub>3</sub> -г-бкД | Eh              | 4,5  | 8,65                          | 3,8              |
|      |                  |            |                       | I               | 2,2  | 5,05                          | 12,1             |
| 17   | 9Д1Ял            | 41         | D <sub>2</sub> -гД    | He              | 11,4 | 6,5                           | 10,5             |
|      |                  |            |                       | HI              | 5,1  | 1,7                           | 4,8              |
|      |                  |            |                       | I               | 1,5  | 1,6                           | 9,5              |
| 15а  | 8Д1Г1Б + Ял      | 51         | D <sub>3</sub> -гД    | He              | 13,1 | 9,32                          | 11,2             |
|      |                  |            |                       | HI              | 9,2  | 8,94                          | 8,4              |
|      |                  |            |                       | I               | 1,7  | 4,34                          | 7,8              |



**Вміст рухомих форм NPK у темно-сірому опідзоленому ґрунті (за генетичними горизонтами) під лісовими насадженнями за участю різних видів модрина, мг/100 г ґрунту**

| № ПД | Склад насаджень; вік модрина, років | N    |      |      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |      |      | K <sub>2</sub> O |      |      |
|------|-------------------------------------|------|------|------|-------------------------------|------|------|------------------|------|------|
|      |                                     | He   | HI   | I    | He                            | HI   | I    | He               | HI   | I    |
| 2п   | 10Мдя; 39                           | 8,4  | -    | 5,3  | 6,1                           | -    | 6,5  | 6,6              | -    | 6,6  |
| 5п   | 10Мдя; 48                           | 8,1  | -    | 5,5  | 5,8                           | -    | 6,1  | 4,2              | -    | 4,8  |
| 13лп | 10Мде + Яс, Кл, Д; 39               | 9,5  | 8,0  | 1,4  | 5,4                           | 5,0  | 2,8  | 5,6              | 4,0  | 12,4 |
| 74   | 9Мде1Г; 73                          | 4,2  | 1,8  | 2,2  | 6,1                           | 14,2 | 22,4 | 7,5              | 13,5 | 14,6 |
| 7а-2 | 9Мдя1Яс; 39                         | 4,2  | 3,5  | 1,4  | 1,5                           | 0,5  | 3,1  | 6,6              | 11,4 | 15,6 |
| 75   | 9Мде1Д + Г; 58                      | 7,2  | 4,8  | 3,1  | 3,4                           | 1,2  | 1,2  | 4,2              | 1,1  | 0,3  |
| 4п   | 9Мдг1Кля + Вз, Г; 40                | 11,2 | -    | 7,1  | 5,1                           | -    | 4,7  | 8,2              | -    | 7,4  |
| 122а | 8Мд1Вч1Д + Г, Ял; 56                | 17,2 | 13,8 | 11,2 | 10,4                          | 3,6  | 1,2  | 13,2             | 9,0  | 4,4  |
| 1з   | 7Мде1С1Бк1Г + Д; 58                 | 16,4 | 9,2  | 5,0  | 14,1                          | 8,2  | 10,5 | 10,2             | 4,5  | 8,1  |
| 7а-1 | 6Мд3Ял1Яс; 39                       | 8,1  | 4,2  | 2,8  | 1,5                           | 1,3  | 6,7  | 11,4             | 11,4 | 11,4 |
| 1п   | 6Мдг4Дпн + Лп; 42                   | 12,6 | -    | 6,3  | 4,3                           | -    | 2,4  | 6,6              | -    | 6,6  |
| 100а | 6Мде3Д1Б; 56                        | 22,2 | 15,8 | 8,5  | 12,4                          | 10,0 | 2,6  | 18,5             | 9,2  | 8,8  |
| 22в  | 5Мде5Д + С; 45                      | 6,4  | 5,0  | 2,1  | 3,5                           | 1,7  | 2,1  | 9,2              | 4,5  | 11,2 |
| 4пе  | 5Мдя3С2Ял + Д, Г; 36                | 12,0 | 7,4  | 6,2  | 6,2                           | 3,0  | 1,2  | 8,5              | 12,6 | 6,0  |
| 116п | 5Мде5Д + С, Г; 78                   | 11,4 | 4,6  | 1,8  | 20,2                          | 6,2  | 1,4  | 14,5             | 7,0  | 11,5 |
| 75а  | 3Мде7Д + Г; 86                      | 9,6  | 4,4  | 1,2  | 14,2                          | 5,0  | 8,8  | 18,1             | 8,0  | 11,5 |
| 4д   | 1Мде7Д2Г; 124                       | 8,2  | 2,1  | 0,9  | 2,4                           | 2,8  | 8,1  | 10,2             | 5,3  | 12,4 |
| 8а-1 | 6Дз2Яс1Клг1Дп; 44                   | 7,0  | 4,2  | 1,4  | 0,5                           | 1,1  | 12,5 | 9,0              | 11,4 | 1,6  |
| 5я   | 8Д2Г + Б, Лп, Бк; 51                | 10,2 | 4,1  | 2,0  | 6,5                           | 12,6 | 9,1  | 7,5              | 4,2  | 11,8 |
| Н-11 | 10Д + Г; 68                         | 7,4  | 9,1  | 1,8  | 1,6                           | 1,3  | 1,2  | 10,2             | 5,3  | 12,5 |

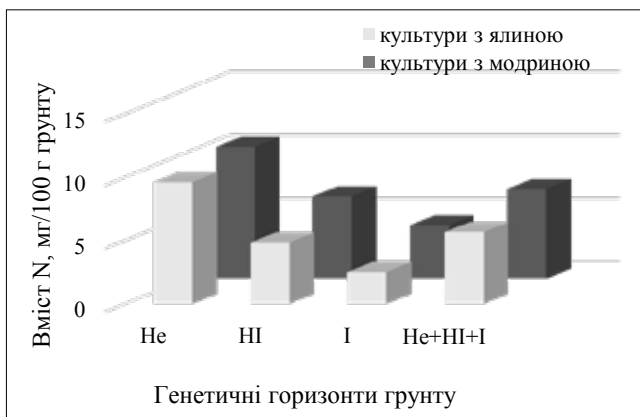


Рис. 6. Профільний вміст легкогідролізованого азоту у темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу під лісовими культурами різного складу

Порівняльний аналіз вмісту рухомого азоту у ґрунтах під насадженнями різного складу показав, що ґрунти у культурах за участю модрина відзначаються його вищим вмістом за усіма генетичними горизонтами, ніж за участю ялини.

Щодо зв'язку між вмістом азоту і висотою модрина, то спостережено лише певну тенденцію до зростання висоти модрина із збільшенням ґрунтового азоту ( $R^2 = 0,029$ ) (рис. 7).

Основна причина наявності лише тенденції до кореляції між зазначеними показниками може бути

наслідком, по-перше, впливу антропогенного чинника, про дію якого зазначено вище, а, по-друге, швидкої мінералізації збагаченого на азот, рослинного опаду за участю модрина та його подальшої міграції у ґрунт, завдяки чому хвойна порода не відчуває дефіциту азоту.

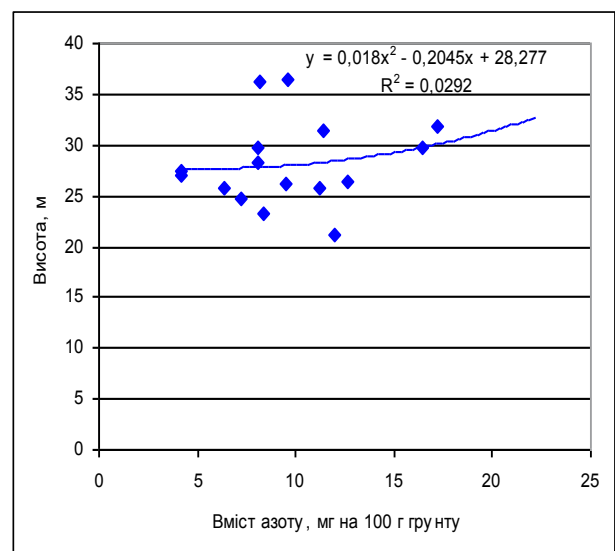


Рис. 7. Зв'язок між вмістом легкогідролізованого азоту в He-горизонті темно-сірого опідзоленого ґрунту та висотою модрина в чистих і мішаних насадженнях Західного Лісостепу

Аналіз вмісту рухомих форм фосфору в ґрунтових горизонтах під ялиновими насадженнями вказує на значну варіабельність його абсолютних значень (див. табл. 3). Так, якщо у He-горизонті забезпеченість ґрунту фосфором є низькою та подекуди середньою, то у горизонтах HI та I – низькою та дуже низькою (рис. 8). На окремих ділянках (у насадженнях за участю дуба) спадання запасу рухомих форм фосфору по профілю ґрунту є поступовим (ПД-16ч, 1м), а на більшості ділянок, навпаки, різким (ПД-3Б, 17) (див. табл. 3).



Рис. 8. Профільний розподіл вмісту рухомого фосфору у темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу під лісовими культурами різного складу

Щодо вмісту фосфору під модриновими насадженнями, то тут теж простежується значна його варіабельність. Рівень забезпеченості цим елементом є доволі амплітудним – в межах від дуже низького (8а-1, 7а-1) до високого (ПД-116п, див. табл. 4). Проте, інтенсивність росту модрини в обох випадках є високою. Загалом вміст фосфору у ґрунтах під насадженнями досліджених хвойних порід є доволі подібним. Виняток становлять ілювіальні горизонти ґрунтів у деревостанах за участю модрини, де вміст фосфору відчутно зростає (див. табл. 4), що, з одного боку, вказує на збагаченість материнської породи цим важливим для рослин елементом, а з іншого – впливає на високу продуктивність модрини на цих ділянках. Так, Мігупова (2010) саме фосфор вважає тим елементом, дефіцит якого найбільшою мірою гальмує продуктивність лісових насаджень. Незначний вміст рухомого фосфору та калію в гумусовому горизонті під насадженнями модрини виявила також Maslova (1970).

Середньопрофільний вміст рухомого калію також, як і вміст фосфору, у ґрунтах під насадженнями за участю модрини та ялини є доволі подібним (рис. 9). За нашими спостереженнями (Rasporina, 2017), вміст рухомого калію у верхньому гумусовому горизонті лісових ґрунтів зумовлений, насамперед, мінералізацією лісової підстилки, а нижче за профілем – гідролізом мінеральної частини ґрунту.

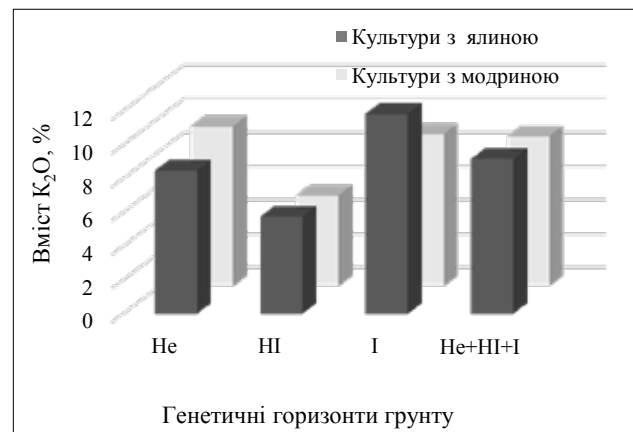


Рис. 9. Вміст обмінного калію за профілем темно-сірого опідзоленого ґрунту під лісовими культурами різного складу у Західному Лісостепу

Отже, збільшення вмісту обмінного калію у ґрунтах під насадженнями за участю ялини свідчить про інтенсивніший вплив опадів ялини на процес кислотного гідролізу, ніж модрини (див. рис. 9, див. табл. 3). В ялиново-модриновому насадженні (7а-1) вміст рухомих форм калію є подібним у всіх досліджених горизонтах ґрунту (див. табл. 4).

**Висновки.** В умовах Західного Лісостепу на добре дренованих ґрунтах – темно-сірих опідзоленних на лесоподібному суглинку, досліджені лісові насадження характеризуються високим рівнем продуктивності – клас бонітету деревостанів за участю модрини коливається в межах від I до I<sup>c</sup>, ялини – I-I<sup>b</sup>.

Вплив чистих і мішаних насаджень модрини та ялини на показники родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту має свої особливості. Вміст гумусу у ґрунтах під насадженнями за участю ялини коливається в межах від 0,32 до 4,52 % та в середньому становить 1,80 %, що нижче, ніж під насадженнями модрини, в яких діапазон його значень становить від 0,32 до 9,32 %, а середній вміст – 2,17 %. За збільшення участі ялини у складі насаджень вміст гумусу має тенденцію до зниження.

Найвищий вміст гумусу у модринових насадженнях зафіксовано у середньовікових та пристигаючих деревостанах за участі модрини від 3 до 6 од. При цьому, в корінних грабово-дубових деревостанах та в насадженнях, де участь модрини зменшується до 10 %, спостерігається його помітне зниження. Підвищення вмісту гумусу позитивно впливає на середню висоту деревостанів модрини.

Вплив складу насаджень на вміст основних елементів живлення (NPK) у темно-сірому опідзоленому ґрунті простежується для всіх досліджених елементів та має різноспрямований характер.

Середній вміст легкогідролізованого азоту у ґрунтах під насадженнями за участю ялини є нижчим (5,68 мг/100 г ґрунту), ніж за участю модрини (7,10 мг/100 г ґрунту) та більш амплітудно знижується вниз по профілю. Так, його вміст у He-горизонті становить 9,63 мг/100 г ґрунту, в

НІ – 4,87, в І – 2,52, а під насадженнями за участю модрини – 10,41, 6,51 та 4,24 мг/100 г ґрунту відповідно. Загалом забезпеченість ґрунту азотом ялинових насаджень відповідає середньому, а модринових – підвищеному рівню.

Середній вміст рухомих сполук фосфору у обох типах насаджень є доволі подібним – 5,93 (за участю ялини) та 5,80 мг/100 г ґрунту (за участю модрини). Водночас його вміст в І-горизонті у чистих та мішаних культурах модрини значно вищий, ніж у культурах за участю ялини – 7,70 проти 2,64 мг/100 г ґрунту, що сприяє підвищенню бонітету деревостанів модрини до I<sup>b</sup> та I<sup>c</sup> класів.

Характер розподілу обмінного калію за профілем темно-сірого опідзоленого ґрунту у досліджених групах насаджень принципово відрізняється. Так, якщо під насадженнями за участю модрини його найвищий вміст (9,50 мг/100 г ґрунту) зафіксовано у Не-горизонті, то за участю ялини – у І-горизонті (11,85 мг/100 г ґрунту), що свідчить про доволі інтенсивний прояв процесу кислотного гідролізу у ґрунтах під впливом опадів ялини. Водночас середньопрофільний вміст обмінного калію у ґрунтах під обома групами насаджень є подібним – 8,90 мг/100 г ґрунту у культурах з модриною та 9,17 – з ялиною.

Чисті ялинові та модринові деревостани в умовах свіжого та вологого ґрунту Західного Лісостепу України не виявляють негативного впливу на показники родючості темно-сірого опідзоленого ґрунту, що дає підставу для їх широкого застосування у плантаційних лісових культурах. Водночас більш сприятливі поживні властивості утворюються у культурах за участю модрини, завдяки чому її деревостани формуються за найвищими класами бонітету, що необхідно брати до уваги під час проектування складу насаджень плантаційного типу.

### Бібліографічні посилання

- Bogashova, L. G. (1959). On the impact of pure and mixed stands on the forest-growing properties of the soil. *Scientific works of the Voronezh State Reserve*, 8, 232-244 (in Russian).
- Debryniuk, Iu. M. (2007). *Plantation forest cultures in Western Forest-steppe of Ukraine: conception, methodology, resource potential* (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from [https://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00454280\\_1.html](https://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00454280_1.html) (in Ukrainian).
- Debryniuk, Iu. M. (2018). The influence of plantation-type forests on the water-based and physical properties of forest soil in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 26-36. <https://doi.org/10.1007/s11816-009-0088-5> (in Ukrainian).
- DSTU 4289: 2004 (2005). Soil quality. Methods for determination of organic matter. Edition is official. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine (in Ukrainian).
- DSTU 4287: 2004 (2008). Soil quality. Sampling. Edition is official. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine (in Ukrainian).
- DSTU 4115–2002. (2002). Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by Chiricov modified method. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine (in Ukrainian).
- DSTU 7863:2015 (2015). Soil quality. Determination of available hydrolysable nitrogen by Kornfeld method. Kyiv: Derzhspozhyvstandart of Ukraine (in Ukrainian).
- Grom, M. M. (2005). *Forest assessment: Educational manual*. Lviv: Ukrainian National Forestry University (in Ukrainian).
- Ivanyuk, T. M. (2013). Physical-chemical parameters of soils of fresh fairly fertile site type in Polissya, Ukraine. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 23.4, 40-43 (in Ukrainian).
- Kosenko, A. F. (1971). Soil conditions in oak forests of Western Podolia. *Forestry and Forest Melioration*, 27, 86-93 (in Russian).
- Maslova, R. V. (1970). *Cultures of larch in the central region of the subzone of coniferous forests with linden and oak* (Doctoral dissertation, Bryansk Institute of Technology, Bryansk, Russia) (in Russian).
- Myukushko, V. K., Volvach, F. V., & Plyuta, P. G. (1989). *Ecology of pine forests*. Kyiv: Harvest (in Russian).
- Migunova, E. S. (2010). *Forests and forest lands (quantitative assessment of interrelations)*. Kharkov: New word (in Russian).
- Pasternak, P. S. (1970). Changes in forest vegetation properties of brown mountain forest soils of the Carpathians under the influence of the main tree species. In *Soil Science – Forestry* (pp. 58-88). Kyiv: Harvest (in Russian).
- Pasternak, P. S., & Smolyaninov, I. I. (1986). Organic matter of forest soils in the main types of forest growing conditions of lowland forests of the USSR. *Forestry and agroforestry*, 72, 8-14 (in Russian).
- Peshko, V. S. (1965). *Larch in the plantations of the western regions of the Ukrainian SSR* (Doctoral dissertation, the V. V. Dokuchaev Kharkov Agricultural Institute, Kharkov, Ukraine). Retrieved from <https://search.rsl.ru/ru/record/01006464466> (in Russian).
- Pobedov, V. S., Bulavyk, I. M., Lebedev, E. A., Shymansky, P. S., Volchkov, V. E., & Prokshin, D. N. (1986). *Handbook of fertilizers in forestry*. Moscow: Agropromizdat (in Russian).
- Polupan, N. I., Kysil, V. D., Kovalishin, D. I., Dusanovskyy V. L., Vernander, N. B., ...Andrushchenko H. A. (1981). *Field determinant of soils*. Kyiv: Harvest (in Russian).
- Raspopina, S. P. (2008). Nutrient status of soils and productivity of fresh fertile site types. *Forestry and Forest Melioration*, 112, 100-106 (in Ukrainian).

- Raspopina, S.P. (2012). The assessment of capacity for forest production of lands. *Forestry and Forest Melioration*, 121, 51-57 (in Ukrainian).
- Raspopina, S., Neyko, I., & Boiko, S. (2011). The impact of parent rock on the productivity of oak forests of left-bank Ukraine. *Forest Research Papers*, 72 (2), 115-119 (in Polish).
- Raspopina, S.P. (2017). *The scientific basis of estimating the potential of soils for forest growth and the suitability of soils for growing forest plantations in plain parts of Ukraine*. (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine) (in Ukrainian).
- Remezov, N.P., & Pogrebnyak, P.S. (1965). *Forest soil science*. Moscow: Forest Industry (in Russian).
- Yakovenko, I.G. (1972). Influence of oak-spruce crops on dark grey forest soils. *Bulletin of Agricultural Science*, 12, 72-76 (in Ukrainian).

### Влияние лесных насаждений плантационного типа на показатели плодородия лесных почв в условиях Западной Лесостепи Украины

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

Между насаждениями различного состава и плодородием почвы существует тесное взаимодействие, которое можно корректировать, изменяя участие пород в составе древостоя. Вопрос особенно актуален с точки зрения культивирования плантационных лесных насаждений на месте низкопродуктивных древостоев. Поэтому изучение изменений показателей плодородия почвы в системе *плантационные насаждения* → *почва* → *коренной древостой* является чрезвычайно важным фактором обеспечения высокой производительности и биотической устойчивости лесных фитоценозов.

Исследованные темно-серые оподзоленные почвы на лессовидных суглинках характеризуют-

ся высоким лесорастительным потенциалом, результатом которого является формирование чистых и смешанных насаждений лиственницы и ели высоких классов бонитета – от I до I<sup>c</sup>. В то же время, значения показателей плодородия почвы (содержание гумуса и подвижных соединений NPK) под этими насаждениями отличаются.

Содержание гумуса в почвах под насаждениями с участием ели варьирует в пределах от 0,32 до 4,52 % и в среднем составляет 1,80 %, что ниже, чем под насаждениями лиственницы – 0,32-9,32 % и 2,17 % соответственно.

Состав насаждений влияет на содержание в почве всех исследованных элементов питания. Среднее содержание легкогидролизованного азота в почвах под насаждениями с участием ели ниже (5,68 мг/100 г почвы), нежели с участием лиственницы (7,10 мг/100 г почвы) и снижается вниз по профилю более амплитудно. Так, его содержание в горизонте He составляет 9,63, в H1 – 4,87, в I – 2,52 мг/100 г почвы; под насаждениями с участием лиственницы эти значения составляют 10,41, 6,51 и 4,24 мг/100 г почвы соответственно.

Среднее содержание подвижных соединений фосфора в обеих группах насаждений оказалось довольно подобным – 5,93 (при участии ели) и 5,80 мг/100 г почвы (при участии лиственницы). Однако, в I-горизонте под чистыми и смешанными культурами лиственницы оно значительно выше, чем в древостоях с участием ели – 7,70 против 2,64 мг/100 г почвы, что способствует повышению бонитета древостоев лиственницы до I<sup>b</sup>-I<sup>c</sup> классов.

Характер распределения обменного калия по профилю почвы принципиально отличается. Так, если под насаждениями с участием лиственницы его наивысшее содержание (9,50 мг/100 г почвы) зафиксировано в He-горизонте, то с участием ели – в I-горизонте (11,85 мг/100 г почвы), что свидетельствует о достаточно интенсивном проявлении процесса кислотного гидролиза в почвах под влиянием опада ели. В то же время, среднепрофильное его содержание в почвах под исследованными культурами является подобным – 8,90 в культурах с лиственницей и 9,17 мг/100 г почвы – с елью.

В целом чистые еловые и лиственничные культуры в условиях свежего и влажного гряда Западной Лесостепи Украины не оказывают негативного влияния на показатели плодородия темно-серой оподзоленной почвы. Однако, более благоприятные питательные свойства почв формируются под насаждениями с участием лиственницы, которые, в свою очередь, обеспечивают высокий уровень их производительности, что необходимо учитывать при проектировании состава насаждений плантационного типа.

**Ключевые слова:** лесные культуры; лиственница; ель; лесорастительные свойства почвы, гумус; азот; фосфор; калий.

<sup>1</sup> Дебринюк Юрий Михайлович – академик Лесной академии наук Украины, академик-секретарь ЛАН Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и лесной селекции. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: debrynuk\_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

<sup>2</sup> Распопина Светлана Петровна – доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой лесных культур и мелиораций. Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, п/в «Докучаевское - 2» Харьковской обл., 62483, Украина. Тел.: 0572-99-72-56, +38-068-459-64-23. E-mail: s\_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

## Influence of plantation-type forests on forest soil fertility indicators under conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

Iu. Debryniuk<sup>1</sup>, S. Raspopina<sup>2</sup>

There is a close interaction between plantations of different composition and soil fertility which can be adjusted by changing the species involved in the stand composition. The issue is particularly relevant from the point of view of the introduction of plantation forests in place of low-yield forest stands. Therefore, the study of changes in soil fertility indicators in the system: *plantation stands* → *soil* → *primary forest stand* is an extremely important factor in ensuring high productivity and biotic stability of forest phytocoenoses.

The investigated dark-grey podzolized soils on loess loams are characterized by high forest growth potential, the result of which is the formation of pure and mixed stands of larch and spruce of high site classes – from I to I<sup>c</sup>. At the same time, the values of soil fertility indicators (humus content and NPK mobile compounds) under these stands are different.

The humus content in the soils under plantations with the participation of spruce varies from 0.32 to 4.52% and averages 1.80%, which is lower than those

under larch plantations – 0.32-9.32% and 2.17 %, respectively.

The composition of plantations affects the content of all the studied nutrients in the soil. The average content of lightly hydrolyzed nitrogen in soils under plantations with spruce is lower (5.68 mg/100 g of soil) than with the participation of larch (7.10 mg/100 g of soil) and drops down the profile more amplitude-like. Thus, its content in the horizon He is 9.63, in HI – 4.87, in I – 2.52 mg/100 g of soil; under the stands involving larch, these values are 10.41, 6.51 and 4.24 mg/100 g of soil, respectively.

The average content of mobile phosphorus compounds in both types of the plantations was quite similar – 5.93 (with the participation of spruce) and 5.80 mg/100 g of soil (with the participation of larch). However, in the I-horizon under pure and mixed larch cultures, it is significantly higher in the stands with the participation of spruce – 7.70 vs 2.64 mg/100 g of soil, which contributes to increasing the site class of larch stands to I<sup>b</sup>-I<sup>c</sup> classes.

The nature of exchangeable potassium distribution in the soil profile is fundamentally different. Thus, under the plantations with the participation of larch its highest content (9.50 mg/100 g of soil) was recorded in the He-horizon, whereas with the participation of spruce – in the I-horizon (11.85 mg/100 g of soil), which indicates fairly intense process of acid hydrolysis in soils under the influence of spruce litter. At the same time, its average profile content in the soils under the study cultures is similar – 8.90 in cultures with larch and 9.17 mg/100 g of soil – with spruce.

On the whole, pure spruce and larch plantations under conditions of fresh and moist fertile site types of the Western Forest-Steppe of Ukraine do not adversely affect the fertility indicators of the dark-grey podzolized soil. However, the more favorable nutritional properties of soils are formed under plantations involving larch, which, in turn, provides a high level of their productivity, which must be taken into account when designing the composition of plantation-like stands.

**Key words:** plated forest; larch; spruce; soil forest-growth properties, humus; nitrogen; phosphorus; potassium.

<sup>1</sup> Iurii Debryniuk – full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Crops and Forest Selection, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12, + 38-067-195-78-36. E-mail: debryniuk\_ju@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

<sup>2</sup> Svitlana Raspopina – Doctor of Agricultural Sciences, Assistant professor of the Department of Forest Crops and melioration, Kharkov National Agrarian University after V. V. Dokuchaev. The village «Dokuchaevske - 2», Kharkiv district, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: 0572- 99-72-56, + 38-067-195-78-36. E-mail: s\_raspopina@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>.





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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411904>  
Article received 2018.10.16  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr Zaika  
vkzaika@ukr.net

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 631\*2 : [630\*177.952] (477.84)

## Лісовідновні процеси в дубових деревостанах за участю липи дрібнолистої в умовах Західного Поділля

В. К. Заїка<sup>1</sup>, Ю. С. Каленюк<sup>2</sup>

*Досліджено лісовідновні процеси в 41-100-річних дубових деревостанах за участю липи дрібнолистої та на зрубках 1-5-річного віку в умовах свіжої грабової діброви Західного Поділля. Частка дуба і липи в їхньому складі коливається від поодиноких дерев до 10 одиниць. Встановлено, що природне поновлення в деревостанах проходить переважно незадовільно. Загальна кількість підросту деревних видів змінюється в межах від 1,13 до 10,27 тис. екз./га. У його видовому складі трапляються дуби звичайний і червоний, ясен звичайний, клен гостролистий, клен-явір, в'яз голий, граб звичайний, липа дрібнолиста, горобина звичайна і бук лісовий. У віковій структурі на більшості дослідних ділянок домінує 1-3-річний підріст. У 59% деревостанів його частка становить 50-100%, а в інших коливається в межах 28,6-48,4%. Серед деревних видів найкраще поновлюються клен гостролистий, клен-явір, граб звичайний та в'яз голий, підріст яких під наметом материнських деревостанів досягає 4-8-річного віку і більше. Підріст дуба звичайного 1-3-річного віку виявлено на 72,3% ділянок, де його кількість становить 0,25-2,63 тис. екз./га. Підріст липи насінневого походження трапляється в 45,5% дослідних деревостанів у кількості 0,25-1,38 тис. екз./га з часткою у складі 5,6-35,0%. Кількість дрібного підросту на різних ділянках коливається в межах від 50 до 100%. У деревостанах переважає середньо ослаблений (41,1-54,1%) та значною мірою представлений дуже ослаблений (19,1-41,8%) підріст деревних видів. Частка здорового підросту коливається у межах 14,0-30,5%. Трапляння підросту в деревостанах становить 30-95%. Серед деревних видів найнижчими показниками трапляння характеризується підріст липи дрібнолистої. Природне насінне поновлення липи дрібнолистої виявлено на 38% від кількості обстежених 1-5-річних зрубів. Його кількість становить 55-275 екз./га. Середня висота підросту липи збільшується з віком: від 13,2 см на 1-річних до 40,6 см – на 5-річних зрубках. Життєздатність горішків липи в різні роки досліджень залишається переважно високою і варіює від 55 до 94%.*

**Ключові слова:** самосів; підріст; життєздатність горішків; трапляння; фізіологічний стан; видовий склад.

**Вступ.** Лісовий фітоценоз формується впродовж десятків років як сукупність деревних, кущових і трав'яних видів, часто різних за біологічними властивостями. Природне насінне поновлення в деревостанах пов'язане не тільки зі здатністю видів до інтенсивного плодоношення, але й їхнього потомства – до виживання в умовах низької інтенсивності світла. Липа дрібнолиста (*Tilia cordata*

Mill.), особливо її підріст, належить до найбільш тіневитривалих деревних видів (Murakhtanov, 1981). Вона характеризується щорічним плодоношенням (Hordienko, & Karpenko, 1996, Murakhtanov, 1981, Hordienko, Houchuk, & Hordienko, 1999). Однак, рясність урожаю залежать від умов середовища, причому високі врожаї реєструють у різних частинах ареалу липи через кожні 2-6 років, а середні – че-

<sup>1</sup> Заїка Володимир Костянтинович – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-42-80, +38-067-148-06-26. E-mail: vkzaika@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-023>

<sup>2</sup> Каленюк Юрій Степанович – викладач, Кременецький лісотехнічний коледж, вул. Молодіжна 1, с. Білокриниця Тернопільської обл., 47014, Україна. Тел.: 035-46-52-404; +38-096-367-15-16. E-mail: kaleniukyurii@gmail.com

рез рік (Hordienko, & Karpenko, 1996, Murakhtanov, 1981, Hordienko, Hoychuk, & Hordienko, 1999). У роки рясного плодоношення в липових деревостанах осипається більше 1 млн. горішків, а в періоди середньої урожайності – 500-700 тис. шт./га. В окремі роки урожайність чистих липняків Поволжя може досягати 100 кг/га (Murakhtanov, 1981). В умовах Лісостепу і Полісся України рясні врожаї липи повторюються з періодичністю в 2-3 роки (Hordienko, & Karpenko, 1996, Hordienko, Hoychuk, & Hordienko, 1999). Частка життєздатних горішків тут становить 85,2-90,4%. Підраховано, що в деревостанах щорічно опадає 280-700 тис./га життєздатних горішків липи дрібнолистої, які здатні прорости і сформувати підріст.

Однак, природне насінневе поновлення липи в деревостанах проходить загалом незадовільно. Це зумовлено несприятливими умовами для проростання горішків і росту самосіву під наметом деревостанів чи навіть на зрубках (Bondar, 2004, Hordienko, & Karpenko, 1996, Hordienko, Hoychuk, & Hordienko, 1999). Грунтова схожість горішків липи в природних умовах не перевищує 30-40%, а тих, що потрапили в лісову підстилку, наближається до нуля (Murakhtanov, 1981). В умовах Лісостепу і Полісся України горішки липи починають проростати в кінці травня і навіть на початку червня. В цей період зазвичай встановлюється висока температура повітря, розростається трав'яна рослинність, виникає дефіцит вологи в ґрунті, а самосів у перші роки після появи росте повільно, що створює несприятливі умови для конкуренції самосіву за чинники середовища (Bondar, 2004, Hordienko, & Karpenko, 1996). Водночас липа має добру здатність до вегетативного розмноження шляхом формування порості навколо пнів або відводків (Murakhtanov, 1981). На куртинне поновлення липи під наметом деревостанів та інтенсифікацію росту її підросу у випадку утворення прогалів вказував також Pigott (1975).

Липа в Україні на 77% площі, яку вона займає, має природне походження, з яких 58% деревостанів належать до порослевого і 19% – до насінного походження. Штучні липові насадження ростуть на площі 23% (Soshensky, Girs, & Swynchuk, 2018). Їхню таксаційну структуру та особливості росту липи у різних за складом деревостанах висвітлено в низці робіт (Soshensky, Girs, & Swynchuk, 2015, 2018, Soshensky, 2015, 2015a, 2016).

Досліджуючи природне поновлення липи дрібнолистої на Поділлі, Bondar (2004) виявив підріст цього деревного виду на 44% зрубів різного віку, де його кількість коливалася в межах від 4 до 1320 екз./га.

Отже, успішне природне поновлення липи в грабових дібровах розвивається лише на окремих ділянках. Водночас доцільність її участі у складі дубових деревостанів різних типів лісу є беззаперечною (Hordienko, & Karpenko, 1996, Hordienko, Hoychuk, & Hordienko, 1999). Липа позитивно впливає на ріст і формування дубових деревостанів, а тому актуальним питанням є вивчення шляхів

сприяння її природному поновленню та поширенню в дубових лісостанах Лісостепу.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єктом дослідження* слугували лісовідновні процеси в дубових деревостанах різного віку за участю липи дрібнолистої (серцелистої) в умовах свіжої грабової діброви Західного Поділля. *Предмет дослідження* – кількість підросу деревних видів, їхні фізіологічний стан та інтенсивність росту.

*Мета дослідження* полягала у встановленні особливостей лісовідновних процесів у дубових деревостанах за різної участі в їхньому складі липи дрібнолистої.

Дослідження проводили в дубових деревостанах за участю липи дрібнолистої. Загалом закладено 22 пробні площі в 41-100-річних лісостанах, де частка липи й дуба у складі деревостанів коливається від поодиноких екземплярів до 10 одиниць. Детальна лісівничо-таксаційна характеристика цих деревостанів наведена у нашій попередній роботі (Zaika, & Kalenyuk, 2018).

Кількість підросу деревних видів досліджували згідно з прийнятою в лісівництві методикою (Vedmid, Shkudor, & Buzun, 2008). Для цього на кожній пробній площі закладали по 20 площадок площею по 4 м<sup>2</sup> (2 × 2 м). На кожній обліковій площадці визначали кількість екземплярів самосіву й підросу, яку розподіляли за деревними видами, фізіологічним станом рослин і групами віку. Підріст за віком поділяли на 1-, 2-3-, 4-8- і 9-15-річки, а за висотою на групи: до 0,25, 0,26-0,50, 0,51-0,75, 0,76-1,00, 1,01-1,50, 1,51-2,00 м. Підріст заввишки до 0,50 м вважали дрібним, 0,51-1,50 м – середнім та 1,51 м і вище – великим. За фізіологічним станом підріст поділяли на здоровий, середньо ослаблений і дуже ослаблений (Vedmid, Shkudor, & Buzun, 2008).

На 1-5-річних зрубках досліджували природне поновлення липи дрібнолистої. В різних частинах Західного Поділля обстежили по 10 ділянок лісових культур кожної вікової групи (загалом 50 ділянок). На кожній із них здійснили облік кількості екземплярів підросу липи та вимірювання висоти у 15-20 особин.

**Результати дослідження.** Лісовий фітоценоз складається із сукупності деревних і кущових видів, які часто істотно відрізняються між собою біологічними властивостями: відношенням до світлового і ґрунтового живлення, інтенсивністю росту, періодичністю та інтенсивністю плодоношення тощо. Ці властивості зумовлюють здатність видів до природного насінневого поновлення та виживання їхнього потомства в конкурентній боротьбі за екологічні чинники. В умовах свіжої грабової діброви Західного Поділля формуються складні мішані деревостани за участю дубів звичайного і червоного, граба звичайного, кленів гостролистого і явора, в'яза голого, ясена звичайного, липи дрібнолистої, берези повислої тощо (Zaika & Kalenyuk, 2018). Під їхній намет потрапляє близько 1% світла, що створює несприятливі умови для формування

підросту деревних видів. Зазвичай, найуспішніше в таких умовах поновлюються найтішевитриваліші деревні види, до яких належать клен гостролистий, клен-явір, в'яз голий і граб звичайний.

За результатами досліджень, деревні види загалом слабо поновлюються під наметом дубових деревостанів. Нами виявлено від 1,13 до 10,27 тис. екз./га підросту різних деревних видів (табл. 1). У складі підросту трапляються дуби

звичайний і червоний, ясен звичайний, клен гостролистий, клен-явір, в'яз голий, граб звичайний, липа дрібнолиста, горобина звичайна і бук лісовий. Низькими показниками природного поновлення характеризуються деревостани на ділянках 6, 7, 8, 9 і 12, де загальна кількість підросту деревних видів становить лише 1,13-2,51 тис. екз./га. На ділянках 5, 16, 17, 18, 19, 20, 21 його кількість перевищує 7 тис. екз./га.

Таблиця 1

**Кількість підросту деревних видів під наметом дослідних лісостанів,  
тис. екз./га (2015 рік)**

| № пр. пл. | Деревостан                    |            | Індекс деревн. виду | Вік підросту, років |             |             |             | Разом       |      |
|-----------|-------------------------------|------------|---------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|
|           | склад                         | вік, років |                     | 1                   | 2-3         | 4-8         | 9-15        | к-сть       | %    |
| 1         | 2                             | 3          | 4                   | 5                   | 6           | 7           | 8           | 9           | 10   |
| 1         | 10Лпд + Бп                    | 45         | Дч                  | 0,75                | 0,25        |             |             | 1,00        | 13,8 |
|           |                               |            | Кля                 | 0,50                | 0,50        | 0,38        | 1,00        | 2,38        | 32,8 |
|           |                               |            | Бкл                 | –                   | 0,63        | 0,13        | –           | 0,75        | 10,3 |
|           |                               |            | Гз                  | –                   | 0,88        | 1,50        | –           | 2,38        | 32,8 |
|           |                               |            | Грб                 | –                   |             | 0,75        | –           | 0,75        | 10,3 |
| Всього    |                               |            |                     | <u>1,25</u>         | <u>2,25</u> | <u>2,75</u> | <u>1,00</u> | <u>5,63</u> |      |
|           |                               |            |                     | 17,2                | 31,0        | 37,9        | 13,8        | 100,0       |      |
| 2         | 8Лпд1Мде1Гз + Дз, Клг, Чш     | 51         | Дз                  | 0,75                | 0,50        |             | –           | 1,25        | 30,3 |
|           |                               |            | Клг                 | 0,38                | 0,88        | 0,63        | –           | 1,88        | 45,5 |
|           |                               |            | Гз                  |                     | 0,63        | 0,38        | –           | 1,00        | 24,2 |
| Всього    |                               |            |                     | <u>1,13</u>         | <u>2,01</u> | <u>1,00</u> | –           | <u>4,13</u> |      |
|           |                               |            |                     | 27,3                | 48,5        | 24,2        | –           | 100,0       |      |
| 3         | 6Лпд2Ясз1Дз1Бп + Гз, Взг, Клг | 45         | Дз                  | 0,25                | 0,63        | –           | –           | 0,88        | 25,0 |
|           |                               |            | Клг                 | 0,63                | 0,63        | –           | –           | 1,25        | 35,7 |
|           |                               |            | Взг                 |                     | 0,50        | –           | –           | 0,50        | 14,3 |
|           |                               |            | Гз                  |                     | 0,88        | –           | –           | 0,88        | 25,0 |
| Всього    |                               |            |                     | <u>0,88</u>         | <u>2,63</u> | –           | –           | <u>3,50</u> |      |
|           |                               |            |                     | 25,0                | 75,0        | –           | –           | 100,0       |      |
| 4         | 4Лпд2Ясз2Чш1Дз1Клг + Дч, Гз   | 55         | Дч                  | 0,63                | 0,75        | –           | –           | 1,38        | 35,5 |
|           |                               |            | Яз                  | 0,75                |             | –           | –           | 0,75        | 19,4 |
|           |                               |            | Клг                 | 0,50                |             | –           | –           | 0,50        | 12,9 |
|           |                               |            | Гз                  |                     | 0,63        | –           | –           | 1,25        | 32,3 |
| Всього    |                               |            |                     | <u>1,88</u>         | <u>1,38</u> | <u>0,63</u> | –           | <u>3,88</u> |      |
|           |                               |            |                     | 48,4                | 35,5        | 16,1        | –           | 100,0       |      |
| 5         | 4Дз3Клг2Лпд1Бп + Гз, Кля, Взг | 50         | Дз                  | 0,75                | 0,50        |             | –           | 1,25        | 17,5 |
|           |                               |            | Клг                 | 0,13                | 1,38        | 0,63        | –           | 2,13        | 29,5 |
|           |                               |            | Кля                 | 0,25                | 0,38        | 1,00        | –           | 1,63        | 22,8 |
|           |                               |            | Взг                 |                     | 0,13        | 1,13        | –           | 1,25        | 17,5 |
|           |                               |            | Гз                  |                     | 0,63        | 0,25        | –           | 0,88        | 12,3 |
| Всього    |                               |            |                     | <u>1,13</u>         | <u>3,00</u> | <u>3,00</u> | –           | <u>7,14</u> |      |
|           |                               |            |                     | 15,8                | 42,1        | 42,1        | –           | 100,0       |      |
| 6         | 5Лпд3Дз2Гз + Кля              | 56         | Дз                  | 0,25                | 0,13        |             | –           | 0,38        | 15,0 |
|           |                               |            | Лпд                 |                     |             | 0,88        | –           | 0,88        | 35,0 |
|           |                               |            | Кля                 | –                   | 0,50        |             | –           | 0,50        | 20,0 |
|           |                               |            | Гз                  | –                   | 0,13        | 0,63        | –           | 0,75        | 30,0 |
| Всього    |                               |            |                     | <u>0,25</u>         | <u>0,76</u> | <u>1,50</u> | –           | <u>2,51</u> |      |
|           |                               |            |                     | 10,0                | 30,0        | 60,0        | –           | 100,0       |      |

| 1      | 2                               | 3  | 4   | 5                   | 6                    | 7                   | 8 | 9                    | 10   |
|--------|---------------------------------|----|-----|---------------------|----------------------|---------------------|---|----------------------|------|
|        |                                 |    | Дз  | 0,63                |                      |                     | – | 0,63                 | 35,7 |
| 7      | 4Лпд3Дз2Гз1Чш                   | 56 | Лпд |                     |                      | 0,88                | – | 0,88                 | 50,0 |
|        |                                 |    | Гз  |                     | 0,25                 |                     |   | 0,25                 | 14,3 |
| Всього |                                 |    |     | <u>0,63</u><br>35,7 | <u>0,25</u><br>14,3  | <u>0,88</u><br>50,0 |   | <u>1,76</u><br>100,0 |      |
| 8      | 5Дз4Лпд1Гз + Ясз, Клг, Чш       | 55 | Лпд | –                   | 0,25                 | –                   | – | 0,25                 | 22,2 |
|        |                                 |    | Клг | –                   | 0,38                 | –                   | – | 0,38                 | 33,3 |
|        |                                 |    | Гз  | –                   | 0,50                 | –                   | – | 0,50                 | 44,5 |
| Всього |                                 |    |     |                     | <u>1,13</u><br>100,0 |                     |   | <u>1,13</u><br>100,0 |      |
| 9      | 5Дз4Лпд1Гз                      | 58 | Кля | –                   | –                    | 0,25                | – | 0,25                 | 14,3 |
|        |                                 |    | Клг | –                   | –                    | 0,63                | – | 0,63                 | 35,7 |
|        |                                 |    | Гз  | –                   | 0,50                 | 0,38                | – | 0,88                 | 50,0 |
| Всього |                                 |    |     |                     | <u>0,50</u><br>28,6  | <u>1,25</u><br>71,4 |   | <u>1,76</u><br>100,0 |      |
| 10     | 5Дз3Лпд1Кля1Гз + Ясз            | 41 | Яз  | 2,13                | 0,63                 | –                   | – | 2,75                 | 53,7 |
|        |                                 |    | Взг | 0,38                | 0,63                 | –                   | – | 1,00                 | 19,5 |
|        |                                 |    | Клг | 0,63                | 0,75                 | –                   | – | 1,38                 | 26,8 |
| Всього |                                 |    |     | <u>3,13</u><br>61,0 | <u>2,00</u><br>39,0  |                     |   | <u>5,13</u><br>100,0 |      |
| 11     | 3Дз4Гз2Лпд1Ясз + Клг, Чш        | 59 | Дз  | 1,00                | –                    | –                   | – | 1,00                 | 22,2 |
|        |                                 |    | Лпд | –                   | 0,25                 | –                   | – | 0,25                 | 5,6  |
|        |                                 |    | Клг | –                   | 0,88                 | 0,75                | – | 1,63                 | 36,1 |
|        |                                 |    | Гз  | –                   | 0,75                 | 0,88                | – | 1,63                 | 36,1 |
| Всього |                                 |    |     | <u>1,00</u><br>22,2 | <u>1,88</u><br>41,7  | <u>1,63</u><br>36,1 |   | <u>4,50</u><br>100,0 |      |
| 12     | 10Дз + Бп                       | 44 | Дз  | 0,88                | –                    | –                   | – | 0,88                 | 35,0 |
|        |                                 |    | Кля | –                   | 0,63                 | –                   | – | 0,63                 | 25,0 |
|        |                                 |    | Гз  | –                   | –                    | 1,00                | – | 1,00                 | 40,0 |
| Всього |                                 |    |     | <u>0,88</u><br>35,0 | <u>0,63</u><br>25,0  | <u>1,00</u><br>40,0 |   | <u>2,51</u><br>100,0 |      |
| 13     | 9Дз1Ос + Лпд, Гз, Чш            | 55 | Дз  | 1,25                | –                    | –                   | – | 1,25                 | 32,3 |
|        |                                 |    | Лпд | –                   | 0,63                 | –                   | – | 0,63                 | 16,1 |
|        |                                 |    | Гз  | –                   | 0,88                 | 1,13                | – | 2,00                 | 51,6 |
| Всього |                                 |    |     | <u>1,25</u><br>32,3 | <u>1,50</u><br>38,7  | <u>1,13</u><br>29,0 |   | <u>3,88</u><br>100,0 |      |
| 14     | 5Дз2Лпд1Клг1Гз<br>1Взг + Бп, Чш | 63 | Дз  | 0,75                | –                    | –                   | – | 0,75                 | 11,3 |
|        |                                 |    | Кля | 0,25                | 0,75                 | 1,50                | – | 2,50                 | 37,7 |
|        |                                 |    | Взг | –                   | 1,00                 | 1,50                | – | 2,50                 | 37,7 |
|        |                                 |    | Гз  | 0,25                | 0,63                 | –                   | – | 0,88                 | 13,2 |
| Всього |                                 |    |     | <u>1,25</u><br>18,9 | <u>2,38</u><br>35,8  | <u>3,00</u><br>45,3 |   | <u>6,63</u><br>100,0 |      |
| 15     | 6Дз3Лпд1Гз + Ос                 | 75 | Дз  | 1,63                | 0,50                 | –                   | – | 2,13                 | 32,7 |
|        |                                 |    | Лпд | –                   | 0,75                 | 0,63                | – | 1,38                 | 21,2 |
|        |                                 |    | Гз  | –                   | 1,25                 | 1,75                | – | 3,00                 | 46,2 |
| Всього |                                 |    |     | <u>1,63</u><br>25,0 | <u>2,50</u><br>38,5  | <u>2,38</u><br>36,5 |   | <u>6,51</u><br>100,0 |      |
| 16     | 9Дз1Гз + Лпд, Клг, Взг          | 64 | Дз  | 0,75                | 0,63                 | –                   | – | 1,38                 | 17,7 |
|        |                                 |    | Клг | 0,63                | 1,00                 | 1,25                | – | 2,88                 | 37,1 |
|        |                                 |    | Взг | –                   | 0,25                 | 1,25                | – | 1,50                 | 19,4 |
|        |                                 |    | Гз  | –                   | 0,50                 | 1,50                | – | 2,00                 | 25,8 |

Продовження таблиці 1

| 1      | 2  | 3   | 4                              | 5                              | 6                                    | 7                                    | 8                      | 9                                    | 10                                   |
|--------|--|-----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Всього |  |     |                                | <u>1,38</u><br>17,7            | <u>2,38</u><br>30,6                  | <u>4,00</u><br>51,6                  | –                      | <u>7,76</u><br>100,0                 |                                      |
| 17     | <u>10Дз</u><br>6Гз2Лпд1Клг1Чш +<br>Кля, Бкл, Взг | 77  | Дз<br>Клг<br>Кля<br>Бкл<br>Взг | 1,50<br>–<br>1,50<br>0,50<br>– | 0,88<br>0,50<br>0,38<br>0,25<br>0,50 | –<br>1,13<br>0,75<br>–<br>1,13       | –<br>–<br>–<br>–<br>–  | 2,38<br>1,63<br>2,63<br>0,75<br>1,63 | 26,4<br>18,1<br>29,2<br>8,3<br>18,1  |
| Всього |  |     |                                | <u>3,50</u><br>38,9            | <u>2,50</u><br>27,8                  | <u>3,00</u><br>33,3                  | –                      | <u>9,02</u><br>100,0                 |                                      |
| 18     | 6Лпд2Дз2Гз                                       | 100 | Дз<br>Лпд<br>Взг<br>Гз         | 1,00<br>–<br>–<br>–            | 0,75<br>–<br>0,38<br>0,50            | 0,88<br>0,88<br>0,38<br>1,50         | –<br>–<br>0,38<br>1,00 | 2,63<br>0,88<br>1,14<br>3,00         | 34,4<br>11,5<br>14,8<br>39,3         |
| Всього |  |     |                                | <u>1,00</u><br>13,1            | <u>1,63</u><br>21,3                  | <u>3,63</u><br>47,5                  | <u>1,38</u><br>18,0    | <u>7,65</u><br>100,0                 |                                      |
| 19     | 5Дз3Лпд2Гз + Клг                                 | 90  | Дз<br>Лпд<br>Клг<br>Гз         | 1,38<br>–<br>0,25<br>–         | 0,63<br>–<br>0,75<br>1,25            | –<br>0,88<br>1,13<br>1,38            | –<br>–<br>0,75<br>1,00 | 2,00<br>0,88<br>2,88<br>3,63         | 21,3<br>9,3<br>30,7<br>38,7          |
| Всього |  |     |                                | <u>1,63</u><br>17,3            | <u>2,63</u><br>28,0                  | <u>3,38</u><br>36,0                  | <u>1,75</u><br>18,7    | <u>9,38</u><br>100,0                 |                                      |
| 20     | 2Дз5Гз2Лпд1Ясз + Клг,<br>Взг                     | 92  | Дз<br>Лпд<br>Яз<br>Клг<br>Взг  | 2,00<br>–<br>1,13<br>–<br>–    | 0,88<br>–<br>1,13<br>1,13<br>0,38    | 0,25<br>1,13<br>0,63<br>0,88<br>0,75 | –<br>–<br>–<br>–<br>–  | 3,13<br>1,13<br>2,88<br>2,00<br>1,13 | 30,5<br>11,0<br>28,0<br>19,5<br>11,0 |
| Всього |  |     |                                | <u>3,13</u><br>30,5            | <u>3,50</u><br>34,1                  | <u>3,63</u><br>35,4                  | –                      | <u>10,27</u><br>100,0                |                                      |
| 21     | 5Дз3Гз2Лпд                                       | 96  | Дз<br>Лпд<br>Взг<br>Гз         | 1,00<br>–<br>–<br>–            | 0,38<br>–<br>0,75<br>1,38            | –<br>0,63<br>1,50<br>1,25            | –<br>–<br>0,88<br>0,63 | 1,38<br>0,63<br>3,13<br>3,25         | 16,4<br>7,5<br>37,3<br>38,8          |
| Всього |  |     |                                | <u>1,00</u><br>11,9            | <u>2,50</u><br>29,9                  | <u>3,38</u><br>40,3                  | <u>1,50</u><br>17,9    | <u>8,39</u><br>100,0                 |                                      |
| 22     | 9Дз1Гз + Лпд, Ясз                                | 89  | Дз<br>Лпд<br>Яз<br>Гз          | 1,63<br>–<br>0,88<br>–         | 0,88<br>0,50<br>1,00<br>–            | –<br>0,88<br>–<br>1,00               | –<br>–<br>–<br>–       | 2,50<br>1,38<br>1,88<br>1,00         | 37,0<br>20,4<br>27,8<br>14,8         |
| Всього |  |     |                                | <u>2,50</u><br>37,0            | <u>2,38</u><br>35,2                  | <u>1,88</u><br>27,8                  | –                      | <u>6,75</u><br>100,0                 |                                      |

Примітки: Дз – дуб звичайний, Клг – клен гостролистий, Кля – клен-явір, Лпд – липа дрібнолиста (серцелиста), Взг – в'яз голий, Гз – граб звичайний, Дч – дуб червоний, Грб – горобина звичайна, Бкл – бук лісовий; Ясз – ясен звичайний.

У чисельнику – абсолютні значення (тис. екз./га), в знаменнику – відносні (%).

За віковою структурою на переважній кількості ділянок домінує 1-3-річний підріст. У 59% деревостанів його частка становить 50-100%, а на інших – коливається в межах 28,6-48,4%. Найбільшу частку 1-3-річного підросту деревних видів (понад 75%) виявлено в деревостанах на пробних площах 2, 4, 10, де він на 30% і більше представлений дубами звичайним і червоним, ясенем звичайним.

Підріст старшого віку під наметом деревостанів трапляється дуже зрідка. Вікові групи 4-8 років і більше восьми років сформовані підростом кленів гостролистого та явора, в'яза і граба. Необхідно зазначити, що 9-15-річний підріст трапляється тільки на окремих ділянках (пр. пл. 1, 18, 19, 21) із часткою 13,8-18,7%, а 4-8-річний не виявлений тільки в двох деревостанах (пр. пл. 3 і 10). На ін-



ших ділянках його частка коливається в межах 16,1-71,4%.

Отримані результати показують, що на появу і формування підросту деревних видів під наметом деревостанів впливає сукупність чинників, які, своєю чергою, впливають на видові біологічні особливості плодоношення, умови проростання насінин та виживання і ріст молодого покоління деревних видів. Особливе значення тут відіграє кількість підросту тіневитривалих видів.

Нами здійснене дослідження кореляційних зв'язків між загальною кількістю підросту і таксаційними показниками материнських деревостанів. Так, величина кореляційного зв'язку ( $r$ ) кількості підросту з густиною деревостанів становить  $-0,13$ , з середнім діаметром  $-0,35$ , з середньою висотою  $-0,26$  і з абсолютною повнотою  $-0,31$ . Множинний коефіцієнт кореляції залежності кількості підросту від таксаційних показників деревостанів становить  $0,47$ .

Серед деревних видів найкраще поновлюються клен гостролистий, клен-явір, граб звичайний і в'яз голий. Підріст цих деревних видів добре виживає і росте під наметом материнських деревостанів в умовах недостатнього освітлення. Ці види формують підріст 4-8-річного віку і старший.

Дуб звичайний характеризується переважно незадовільним плодоношенням. Очевидно, сприятливі для плодоношення роки у цього деревного виду в умовах Західного Поділля повторюються доволі зрідка. Нами виявлено підріст дуба 1-3-річного віку на 72,3% ділянок, де його кількість становила в межах 0,25-2,63 тис. екз./га. У двох деревостанах (пр. пл. 18 і 20) виявлено 0,25-0,88 тис. екз./га підросту дуба звичайного вікової групи 4-8 років, який приурочений до розріджених ділянках деревостанів.

Ще гірше поновлюється липа дрібнолиста. Її підріст насінневого походження виявлено на 45,5% дослідних деревостанів у кількості 0,25-1,38 тис. екз./га з участю у видовому складі природного поновлення 5,6-35,0%. Незалежно від умов для проростання насіння та інтенсивності плодоношення липи дрібнолистої, вид характеризується незадовільним насінневим поновленням. Цей факт відзначено також іншими дослідниками (Hordienko, & Karpenko, 1996, Murakhtanov, 1981, Hordienko, Horychuk, & Hordienko, 1999). Її життєздатне насіння незадовільно проростає у лісовій підстилці, а підріст поступається в конкуренції клену гостролистому, клену-явору і в'язу гладкому.

На дослідних ділянках відзначено значну варіабельність підросту деревних видів за висотою (табл. 2).

Таблиця 2

**Загальний розподіл підросту деревних видів за висотою, %**

| № пр. пл. | Висотні групи підросту, м |           |           |           |           |           |
|-----------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           | до 0,25                   | 0,26-0,50 | 0,51-0,75 | 0,76-1,00 | 1,01-1,50 | 1,51-2,00 |
| 1         | 43,4                      | 25,5      | 21,1      | 7,2       | 2,8       | –         |
| 2         | 72,8                      | 16,8      | 10,4      | –         | –         | –         |
| 3         | 93,8                      | 6,2       | –         | –         | –         | –         |
| 4         | 88,5                      | 8,2       | 2,8       | 0,5       | –         | –         |
| 5         | 82,6                      | 15,5      | 1,9       | –         | –         | –         |
| 6         | 60,3                      | 10,1      | 6,7       | 22,9      | –         | –         |
| 7         | 45,6                      | 4,4       | 28,5      | 21,6      | –         | –         |
| 8         | 65,6                      | 30,3      | 4,1       | –         | –         | –         |
| 9         | 46,0                      | 44,5      | 8,3       | 1,2       | –         | –         |
| 10        | 97,9                      | 2,1       | –         | –         | –         | –         |
| 11        | 33,6                      | 24,0      | 20,5      | 16,6      | 5,3       | –         |
| 12        | 63,8                      | 20,4      | 15,8      | –         | –         | –         |
| 13        | 54,0                      | 22,9      | 15,2      | 7,9       | –         | –         |
| 14        | 42,0                      | 34,8      | 19,3      | 3,8       | –         | –         |
| 15        | 63,7                      | 32,4      | 3,2       | 0,7       | –         | –         |
| 16        | 70,0                      | 27,3      | 2,6       | –         | –         | –         |
| 17        | 71,0                      | 28,0      | 1,0       | –         | –         | –         |
| 18        | 53,9                      | 19,4      | 20,4      | 3,3       | 2,3       | 0,7       |
| 19        | 47,1                      | 19,3      | 18,5      | 10,9      | 4,2       | –         |
| 20        | 79,7                      | 10,4      | 6,0       | 3,5       | 0,4       | –         |
| 21        | 49,8                      | 29,1      | 19,6      | 1,5       | –         | –         |
| 22        | 68,4                      | 18,1      | 13,2      | 0,3       | –         | –         |

Кількість дрібного підросту заввишки до 50 см на різних ділянках коливається в межах від 50 до 100%. Лише в окремих деревостанах (пр. пл. 1, 7, 11, 19) кількість дрібного підросту виявилась в межах 50-69%. У переважній кількості деревостанів частка дрібного підросту перевищує 80%. Кількість середнього підросту змінюється в дуже широких межах – від повної відсутності до 50%. Необхідно виділити низку деревостанів (пр. пл. 1, 6, 7, 11, 13, 14, 19, 21), де частка середнього підросту перевищує 20%. Незначна кількість (0,7%) великого підросту виявлена лише на ділянці 18.

Серед деревних видів весь підріст дубів звичайного і червоного, ясена звичайного, бука лісового відноситься до дрібного, заввишки не більше 25 см. На ділянках 3 і 10 трапляється тільки дрібний підріст різних деревних видів.

Несприятливі умови для росту підросту окремих деревних видів склались і на деяких інших ділянках. Так, у низці деревостанів (пр. пл. 4, 5, 20) трапляється лише дрібний підріст клена гостролистого, граба звичайного (пр. пл. 8 і 14), в'яза голого (пр. пл. 20), клена-явора (пр. пл. 12), липи дрібнолистої (пр. пл. 13). Помірний кореляційний зв'язок встановлено між густиною деревостанів і часткою дрібного ( $r=0,33$ ) та середнього ( $r=-0,33$ ) підросту. Спостерігається зростання залежності висоти підросту де-

ревних видів від густоти деревостанів. Зі збільшенням густоти материнських деревостанів кількість середнього за висотою підросту зменшується. Така залежність зумовлена відпадом підросту світлолюбних видів та пригніченням росту тіневитривалих.

Материнський деревостан істотно впливає не лише на ріст, але й на фізіологічний стан підросту деревних видів (табл. 3).

Отже, в досліджених деревостанах переважає середньо ослаблений підріст деревних видів, частка якого становить 41,1-54,1%. Поряд із цим, значною мірою представлений дуже ослаблений підріст (19,1-41,8%). Частка здорового підросту в деревостанах коливається в межах 14,0-30,5%. Серед деревних видів найгіршим станом характеризується підріст дуба звичайного, дуба червоного і ясена звичайного. На переважній кількості ділянок частка дуже ослабленого підросту цих видів змінюється в межах 30-60%, а здорового – від 3,8 до 18,7%.

Трапляння підросту деревних видів у деревостанах становить 30-95% (див. табл. 3). Низьким показниками трапляння характеризується підріст на ділянках 4, 6, 7, 8, 9, 12, де його частка становить 30-50%. Серед деревних видів найнижчим показником трапляння характеризується підріст липи дрібнолистої.

Таблиця 3

## Трапляння підросту деревних видів та його фізіологічний стан, %

| № пр. пл. | Стан підросту |                     |                 | Трапляння, % |
|-----------|---------------|---------------------|-----------------|--------------|
|           | здоровий      | середньо ослаблений | дуже ослаблений |              |
| 1         | 16,2          | 53,7                | 30,1            | 90           |
| 2         | 14,8          | 45,0                | 40,2            | 65           |
| 3         | 17,4          | 45,4                | 37,2            | 65           |
| 4         | 17,2          | 41,1                | 41,7            | 50           |
| 5         | 20,9          | 46,2                | 32,9            | 80           |
| 6         | 18,4          | 45,2                | 36,4            | 40           |
| 7         | 14,9          | 48,8                | 36,3            | 40           |
| 8         | 18,9          | 47,9                | 33,2            | 30           |
| 9         | 28,0          | 47,7                | 24,3            | 35           |
| 10        | 14,0          | 49,5                | 36,5            | 75           |
| 11        | 18,2          | 54,0                | 27,8            | 75           |
| 12        | 22,4          | 51,9                | 25,7            | 50           |
| 13        | 23,8          | 43,2                | 33,0            | 70           |
| 14        | 27,3          | 51,7                | 21,0            | 75           |
| 15        | 26,0          | 48,9                | 25,1            | 90           |
| 16        | 30,5          | 50,4                | 19,1            | 80           |
| 17        | 23,1          | 50,0                | 26,9            | 90           |
| 18        | 26,0          | 51,6                | 22,4            | 90           |
| 19        | 22,9          | 50,8                | 26,3            | 95           |
| 20        | 21,1          | 49,7                | 29,2            | 80           |
| 21        | 28,7          | 48,9                | 22,4            | 85           |
| 22        | 19,6          | 49,6                | 30,8            | 80           |

Незадовільне природне насінне поновлення липи дрібнолистої виявлено також на зрубках (табл. 4).

Нами виявлено природне насінне поновлення липи дрібнолистої на 38% зрубів. На однорічних зрубках підріст липи трапляється на 50% ділянок, на 2- і 3-річних – на 40% і на 4-5-річних – на 30%. Його кількість коливається в межах 55-275 екз./га. Встановлено певні закономірності зміни кількості підросту липи із збільшенням віку зрубів. Так, на

однорічних зрубках середнє значення кількості підросту липи становить 154 екз./га. На 2-3-річних зрубках його кількість зростає до 214-248, а на 5-річних – знижується до 89 екз./га. Очевидно, що із збільшенням віку зрубів кількість підросту липи на них буде зменшуватись у зв'язку з відпадом внаслідок конкуренції з боку трав'яної рослинності. На ділянках лісових культур міжряддя в умовах грабових дібров інтенсивно заростають трав'яною рослинністю, а догляд здійснюють тільки в рядах (рис.).

Таблиця 4

**Кількість самосіву та підросту (екз./га) липи дрібнолистої на зрубках Західного Поділля**

| Вік зрубів, роки | Номери ділянок |     |     |     |     | Середні значення |          |      |
|------------------|----------------|-----|-----|-----|-----|------------------|----------|------|
|                  | 1              | 2   | 3   | 4   | 5   | екз./га          | h, см    | V, % |
| 1                | 165            | 179 | 124 | 143 | 161 | 154              | 13,2±0,6 | 14,4 |
| 2                | 205            | 150 | 220 | 185 | –   | 214              | 19,9±1,1 | 22,1 |
| 3                | 251            | 275 | 189 | 248 | –   | 248              | 26,7±1,4 | 26,8 |
| 4                | 167            | 278 | 125 | –   | –   | 190              | 32,6±1,8 | 27,6 |
| 5                | 88             | 125 | 55  | –   | –   | 89               | 40,6±2,2 | 31,7 |

Примітка. Коефіцієнт варіації стосується висоти підросту



Рис. Загальний вигляд 5-річного зруба в умовах свіжої грабової діброви

Середня висота підросту липи збільшується з віком – від 13,2 см на 1-річних до 40,6 см – на 5-річних зрубках. Підріст липи на зрубках зазвичай є попереднім і на 1-2 роки старшим, ніж вік самих зрубів. У зв'язку з цим, варіабельність висоти підросту липи на зрубках збільшується з їх віком від 14,4 (1-річний) до 31,7% (5-річний). На збільшення варіабельності висоти підросту липи тут впливає трав'яна рослинність, яка інтенсивно розвивається на зрубках.

Незадовільне насінне поновлення липи дрібнолистої на зрубках пояснюється біологічною особливістю її горішків, які мають глибокий насінний спокій, умовами їх проростання і росту самого самосіву. Загалом горішки липи характеризуються високими показниками життєздатності (табл. 5).

Життєздатність горішків липи в різні роки спостереження залишається переважно високою і коливається від 55 до 94%. Найнижчі її показники (55%) спостережено в 2017 р. в Улашківському і в 2015 р. – у Дорогичівському лісництвах. Переважаючою є життєздатність у межах 85-94%. Зважаючи на те, що липа дрібнолиста переважно щорічно рясно цвіте і плодоносить, а її горішки характеризуються високою життєздатністю, потенційно можна очікувати її високий лісовідновний потенціал. Однак, у лісових фітоценозах і на зрубках підріст липи дрібнолистої відсутній або наявний у незначній кількості.

Незважаючи на незадовільне природне поновлення липи дрібнолистої, її розведенню в регіоні дослідження приділяється недостатньо уваги. Загалом у лісгоспах західно-подільського регіону щорічна заготівля насіння липи коливається в межах 0,5-14,0 кг, з якого вирощують 0,9-12,1 тис. сіяньців (табл. 6).

За щорічної заготівлі горішків липи дрібнолистої в окремі роки садивний матеріал деревного виду не вирощують взагалі. Лісові культури за участю липи дрібнолистої впродовж досліджуваного періоду створені на площі 1,9-15,2 га за незначної часті її екземплярів у складі штучного насадження (60-80 шт./га). На нашу думку, для успішного формування деревостанів з часткою липи 1-2 од. в лісові культури необхідно вводити 200-300 екз./га цієї породи.

**Висновки.** Природне поновлення в деревостанах свіжої грабової діброви Західного Поділля є переважно незадовільним. Загальна кількість підросту деревних видів коливається в межах від 1,13 до 10,27 тис. екз./га. У його складі трапляються дуби звичайний і червоний, ясен звичайний, клен гостролистий, клен-явір, в'яз голий, граб звичайний,

Таблиця 5

## Посівні якості горішків липи дрібнолистої в деревостанах Західного Поділля

| Державне підприємство | Лісництво      | Рік  | Життєздатність горішків, % | Клас якості |
|-----------------------|----------------|------|----------------------------|-------------|
| Кременецьке           | Суразьке       | 2013 | 91                         | 1           |
| Кременецьке           | Суразьке       | 2014 | 89                         | 1           |
| Бучацьке              | Дорогичівське  | 2015 | 55                         | 3           |
| Кременецьке           | Суразьке       | 2015 | 86                         | 1           |
| Тернопільське         | Золозецьке     | 2015 | 94                         | 1           |
| Бережанське           | Бережанське    | 2016 | 89                         | 1           |
| Бучацьке              | Золотопотіцьке | 2016 | 70                         | 2           |
| Кременецьке           | Суразьке       | 2016 | 89                         | 1           |
| Чортківське           | Улашівське     | 2016 | 85                         | 1           |
| Чортківське           | Улашівське     | 2017 | 55                         | 3           |

Примітка. Показники схожості наведені за даними ВП «Львівська лісонасіннева лабораторія»

Таблиця 6

## Обсяги заготівлі насіння, вирощування сіянців і створення лісових культур за участю липи дрібнолистої

| Рік                                    | Заготовлено горішків, кг | Вирощено сіянців, тис. шт. | Створено лісових культур, га | Кількість сіянців липи в культурах, шт. / га |
|--|--------------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| ДП «Кременецьке лісове господарство»   |                          |                            |                              |  |
| 2012                                   | 13,0                     | 3,1                        | –                            | –  |
| 2011                                   | 14,0                     | 2,5                        | –                            | –  |
| 2010                                   | 8,0                      | –                          | –                            | –  |
| 2009                                   | 5,0                      | 0,9                        | –                            | –  |
| 2008                                   | 4,4                      | 4,2                        | 12,6                         | 80   |
| ДП «Тернопільське лісове господарство» |                          |                            |                              |  |
| 2012                                   | 2,3                      | 3,0                        | –                            | –  |
| 2011                                   | 2,0                      | 9,9                        | 10,4                         | 60   |
| 2010                                   | 2,5                      | –                          | –                            | –  |
| 2009                                   | 5,3                      | 8,2                        | 9,3                          | 80   |
| 2008                                   | 6                        | 12,1                       | 15,2                         | 60   |
| ДП «Чортківське лісове господарство»   |                          |                            |                              |  |
| 2012                                   | 2,9                      | 2,3                        | –                            | –  |
| 2011                                   | 6,0                      | –                          | –                            | –  |
| 2010                                   | 0,5                      | 1,7                        | –                            | –  |
| 2009                                   | 2,0                      | 3,2                        | –                            | –  |
| 2008                                   | 3,1                      | 4,1                        | 1,9                          | 60   |

липа дрібнолиста, горобина звичайна, бук лісовий. У віковій структурі на більшості ділянок домінує 1-3-річний підріст. У 59% досліджених деревостанів його частка становить 50-100%, а на інших коливається в межах 28,6-48,4%. Серед деревних видів найкраще поновлюються клен гостролистий і клен-явір, граб звичайний та в'яз голий, підріст яких під наметом материнських деревостанів досягає 4-8-річного віку і більше. Підріст дуба 1-3-річного віку виявлено на 72,3% ділянок, де його кількість становить 0,25-2,63 тис. шт./га. Підріст липи насінневого походження трапляється в 45,5% до-

слідних деревостанів в кількості 0,25-1,38 тис. шт./га з участю 5,6-35,0% від загальної кількості природного поновлення. Кількість дрібного підросту на різних ділянках коливається в межах від 50 до 100%. У деревостанах переважає середньо ослаблений (41,1-54,1%) та значною мірою представлений дуже ослаблений (19,1-41,8%) підріст деревних видів. Частка здорового підросту в деревостанах коливається в межах 14,0-30,5%. Трапляння підросту в деревостанах становить 30-95%. Серед деревних видів найнижчими показниками трапляння характеризується підріст липи дрібнолистої.

Природне насіннєве поновлення липи дрібно-листої виявлено на 38% від загальної кількості обстежених 1-5-річних зрубів. Його кількість змінюється в межах 55-275 шт./га. Середня висота підросту липи збільшується з віком – від 13,2 см на 1-річних, до 40,6 см на 5-річних зрубках. Життєздатність горішків липи в різні роки досліджень залишається переважно високою (55-94%).

На зрубках після створення лісових культур для збереження підросту липи необхідно здійснювати агротехнічні догляди не лише в рядах, але й в міжрядях. На ділянках за відсутності або незначної кількості підросту липи необхідно вводити її в лісові культури в кількості 200-300 шт./га. В умовах грабових дібров Західного Поділля під час формування деревостанів необхідно забезпечити частку липи в їхньому складі в кількості 1-2 одиниці.

### Бібліографічні посилання

- Bondar, A.O. (2004). Renewal of tree plants on the logging areas. *Scientific Bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 14.6, 154-165 (in Ukrainian).
- Vedmid, M.M., Shkudor, V.D., & Buzun, V.O. (2008). *Regeneration of natural forest stands of the West Polissya*. Zhytomyr: Polissya (in Ukrainian).
- Hordienko, M.I., & Karpenko, I.V. (1996). *Small-leaved lime and the lime-involving plantations*. Kyiv: Agriculture (in Ukrainian).
- Hordienko, M.I., Hoychuk, A.F., & Hordienko, N.M. (1999). *Artificial forests in fertile oak forest types*. Zhytomyr: Polissya (in Ukrainian).
- Zaika, V.K., & Kalenyuk, Yu.S. (2018). Growth and formation of oak forest stands with the participation of small-leaved lime under conditions of fresh hornbeam-oak forests of the West Podillya. *Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 37-45. <https://doi.org/10.15421/411818> (in Ukrainian).
- Murakhtanov, E.S. (1981). *Limespecies*. Moscow: Forestry (in Russian).
- Pigott, C.D. (1975). Natural regeneration of *Tilia cordata* in relation to forest structure in the forests of Bialowieza, Poland. *Biological sciences*, 270 (904), 151-179.
- Soshensky, O.M., Girs, O.A., & Swynchuk, V.A. (2015). Analysis of productivity of lime stands in Ukraine [Electronic resource]. *Scientific reports of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 3, 1-11. – Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd\\_2015\\_3\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd_2015_3_22) (in Ukrainian).
- Soshensky, O.M. (2015). Size-quality structure of lime tree trunks in young- and middle-aged stands. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. – Series of forestry and ornamental gardening*, 229, 31-38 (in Ukrainian).
- Soshensky, O.M. (2015a). Development of standards for determining the growing stock and size-quality

structure of mature lime stands. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25.9, 82-89 (in Ukrainian).

Soshensky, O.M. (2016). Mensurational description of lime stand structure by diameter. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26.3, 164-171 (in Ukrainian).

Soshensky, O., Girs, O., & Swynchuk, V. (2018). *Measurements of trees and trees of linden heart disease*. Kyiv: CPP «Comprint» (in Ukrainian).

### Лесовосстановительные процессы в дубовых древостоях с участием липы мелколистной в условиях Западного Подолья

В. К. Заика<sup>1</sup>, Ю. С. Каленюк<sup>2</sup>

Исследованы лесовосстановительные процессы в 41-100-летних дубовых древостоях с участием липы мелколистной и на вырубках 1-5-летнего возраста в условиях свежей грабовой дубравы Западного Подолья. Долевое участие дуба и липы в их составе колеблется от единичных деревьев до 10 единиц. Исследование количества подроста древесных видов проводили путем закладки на каждом участке по 20 пробных участков площадью 4 м<sup>2</sup> каждый (2 × 2 м). На них определяли количество самосева и подроста, который распределяли по древесным видам, физиологическому состоянию и группам возраста. Подрост высотой до 0,50 м считался мелким, 0,51-1,50 м – средним, 1,51 м и выше – крупным. По физиологическому состоянию подрост разделяли на здоровый, средне ослабленный и очень ослабленный. Установлено, что естественное возобновление в древостоях проходит преимущественно неудовлетворительно. Общее количество подроста древесных видов колеблется в пределах от 1,13 до 10,27 тыс. экз./га. В его видовом составе встречаются дуб черешчатый и красный, ясень обыкновенный, клен остролистный, клен-явор, вяз голый, граб обыкновенный, липа мелколистная, рябина обыкновенная, бук лесной. Выявлено, что в возрастной структуре на подавляющем количестве опытных участков доминирует 1-3-летний подрост. В 59% древостоев его участие составляет 50-100%, а в других колеблется в пределах 28,6-48,4%. Среди древесных видов лучше всего возобновляются клен остролистный, клен-явор,

<sup>1</sup> Заика Владимир Константинович – академик Лесной академии наук Украины, доктор биологических наук, профессор кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-258-42-80, +38-067-148-06-26. E-mail: vkzaiika@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-023>

<sup>2</sup> Каленюк Юрий Степанович – преподаватель, Кременецкий лесотехнический колледж, ул. Молодежная 1, с. Белокриница Тернопольской обл., 47014, Украина. Тел.: 035-46-52-404; +38-096-367-15-16. E-mail: kaleniukyurii@gmail.com



граб обыкновенный, вяз голый, подрост которых под пологом материнских древостоев достигает 4-8-летнего возраста и старше. Подрост дуба 1-3-летнего возраста выявлен на 72,3% участков, где его количество составляет 0,25-2,63 тыс. экз./га. Подрост липы семенного происхождения встречается в 45,5% экспериментальных древостоев в количестве 0,25-1,38 тыс. экз./га с долевым участием 5,6-35,0%. Встречаемость подростка в древостоях составляет 30-95%. Среди древесных видов низкими показателями встречаемости характеризуется подрост липы мелколистной. Долевое участие мелкого подростка на разных участках колеблется в пределах от 50 до 100%. Среди древесных видов весь подрост дуба черешчатого и красного, ясеня обыкновенного и бука лесного относится к мелкому, высота которого обычно не превышает 25 см. В древостоях преобладает среднеослабленный (41,1-54,1%) и значительно представлен очень ослабленный (19,1-41,8%) подрост древесных видов. Долевое участие здорового подростка в древостоях колеблется в пределах 14,0-30,5%. Естественное семенное возобновление липы мелколистной выявлено на 38% от числа обследованных 1-5-летних вырубков. На однолетних рубках подрост липы встречается на 50% участков, на 2 и 3-летних – на 40% и на 4-5-летних – на 30%. Его количество колеблется в пределах 55-275 экз./га. Средняя высота подростка липы увеличивается с возрастом – от 13,2 см на 1-летних до 40,6 см на 5-летних рубках. Жизнеспособность орешков липы в разные годы исследований остается преимущественно высокой и колеблется в пределах 55-94%.

**Ключевые слова:** самосев; подрост; жизнеспособность орешков; встречаемость; физиологическое состояние; видовой состав.

### Forest regeneration processes in oak stands with the participation of small-leaved lime under the conditions of the West Podillya

V. Zaika<sup>1</sup>, Yu. Kalenuk<sup>2</sup>

The forest regeneration processes were investigated in the 41-100-year-old oak stands with the participation of small-leaved lime and on the 1-5-year-old harvesting areas under conditions of fresh hornbeam-oak forests

<sup>1</sup> *Volodymyr Zaika* – full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Forestry, Ukrainian National Forestry University, 103, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-258-42-80, + 38-067-148-06-26. E-mail: vkzaika@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-023>

<sup>2</sup> *Yurii Kalenuk* – Lecturer, Kremenetskiy Forestry College, 1, Molodizhna st., Bilokrynytsya, Ternopilregion, 47014, Ukraine. Tel: 03546-52-404; +38-096-367-15-16. E-mail: kaleniukyurii@gmail.com

of the West Podillya. The share of oak and lime in their composition varies from single trees to 10 units. The estimation of the natural regeneration of tree species amount was carried out by establishing in each site of 20 plots with an area of 4 m<sup>2</sup> (2 × 2 m). Self-seeding and advance growth plants were assessed and grouped according to species, physiological condition and age groups. The advance growth up to 0.50 m in height is considered to be small, 0.51-1.50 m – medium, and 1.51 m and above – large. According to the physiological condition, the advance growth is divided into healthy, moderately weakened and much weakened plants. It is found that natural regeneration in the stands is mostly unsatisfactory. The total number of natural regeneration of tree species in the advance growth ranges from 1.13 to 10.27 thousand plants / ha. Its species composition includes English and red oak, common ash, Norway maple and sycamore, European white elm, hornbeam, small-leaved lime, rowan tree, and beech. It was found that the age structure in the majority of the study plots is dominated by the 1-3-year-old advance growth. In 59% of the stands, its proportion is 50-100%, while in other it varies within 28.6-48.4%. Among the tree species, Norway maple and sycamore, hornbeam and elm are the best to regenerate. Their advance growth under the canopy of the parent stands reaches 4-8 years old and older. Oak advance growth of 1-3 years old was found in 72.3% of the plots (0.25-2.63 thousand plants / ha). Lime advance growth of seed origin occurs in 45.5% of the study stands and is 0.25-1.38 thousand plants / ha with proportion 5.6-35.0%. The frequency of advance growth occurrence in the forest stands is 30-95%. Among the tree species, the lowest rates of occurrence are characteristic of the advance growth of small-leaved lime. The amount of small advance growth in different plots varies from 50 to 100%. Among the tree species, the entire advance growth of common and red oak, common ash and beech belong to the small one which does not exceed 25 cm. In the forest stands, the moderately weakened (41.1-54.1%) young growth is prevalent and, to a large extent, the very weakened (19.1-41.8%) advance growth of tree species is present. The share of healthy advance growth in the stands varies within 14.0-30.5%. Natural seed regeneration of small-leaved lime is found on 38% of the investigated 1-5-year-old cutover areas. The advance growth of lime on 1-year-old cutovers occurs in 50% of the plots, on 2- and 3-year-olds – in 40%, and on 4-5-year-olds – in 30%. Its quantity ranges from 55 to 275 pcs per hectare. The average height of lime seedlings increases with age from 13.2 cm on 1-year-old cutover areas to 40.6 cm on 5-year-old cutover areas. The viability of lime nuts in different years of observation remains largely high and ranges from 55 to 94%.

**Key words:** self-seeding; advance growth; viability of nuts; occurrence; physiological state; species composition.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411905>  
Article received 2018.10.13  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Vasyl Zayachuk  
zayachuk\_vsim@ukr.net  
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*173 / 174-021.144-043.97] (292.452)

## ***Taxus baccata* L. в Українських Карпатах: поширення, участь у складі лісостанів, продуктивність**

В. Я. Заячук<sup>1</sup>

*Проаналізовано історичний хід наукових досліджень, пов'язаних із тисом ягідним в Українських Карпатах. Встановлено теперішню типологічну, висотну та експозиційну структури поширення насаджень за участю тиса ягідного в Українських Карпатах. Уточнено площу поширення деревостанів за участю цього деревного виду в регіоні досліджень. Встановлено, що загальна площа насаджень за участю тиса ягідного в Українських Карпатах складає 285,0 га. Вид поширений переважно у типах лісорослинних умовах – вологих грудах (192,7 га / 68,36%) та вологих сугрудах (86,5 га / 30,68%). Росте, в основному, під наметом перестійних (158,5 га / 56,23%) та середньовікових (103,6 га / 36,75%) насаджень і приурочений до середньоповнотних (188,6 га / 66,90%) і високоповнотних (91,7 га / 32,53%) деревостанів. Тис ягідний переважно виступає як домішка у складі мішаних і широколистяних лісів (206,7 га / 73,32%) під наметом високобонітетних деревостанів I-I<sup>a</sup> класів (199,7 га / 70,84%). Природні деревостани тиса ягідного поширені переважно на Закарпатті у висотних діапазонах 700-800 (112,8 га) та 900-1000 м (38 га) н.р.м., а також у Прикарпатті до висоти 300 м (64,9 га) н.р.м. Проаналізовано екологічну, лісівничу та господарську цінність цього виду, деталізовано причини його зникання в регіоні досліджень, встановлено лімітуючі чинники поширення тиса ягідного на території Українських Карпат. Причинами значного скорочення ареалу тиса ягідного в Карпатах та масового зрубування його дерев у минулому є надзвичайно висока господарська цінність деревини, незадовільне природне поновлення, повільний ріст, низька конкурентна здатність, незадовільне насіннепоношення під наметом деревостанів, отруйність деревного виду.*

**Ключові слова:** тип лісорослинних умов; тип лісу; група віку; деревостан; повнота; бонітет; висота над рівнем моря; експозиція схилу, причини зникання.

**Вступ.** Глобальні зміни кліматичних умов на земній кулі та інтенсивна господарська діяльність людини за останні десятиліття призвели до суттєвого порушення, а, часто, і деградації природних екосистем. Україна, виконуючи вимоги міжнародних договорів, зокрема Конвенції про біологічне різноманіття (1992 р.) та Конвенції про збереження дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (1979 р.), розширює території природо-заповідного фонду задля збереження цінних природних екосистем з видами рослин, грибів і тварин, яким загрожує зникнення. У цьому аспекті необхідно детально ви-

вчити їхнє поширення, морфологічну будову, просторову структуру, причини зникання та успішність природного поновлення. Одним із таких видів на території України є тис ягідний, який перебуває під охороною (внесений до «Червоної книги України» з природоохоронним статусом – уразливий).

Перші наукові публікації, присвячені проблематиці поширення, особливостей росту та охорони деревостанів тиса ягідного на теренах Українських Карпат, з'являються наприкінці XIX – першій половині XX ст. (Spousta, 1893, Shafer, 1913, Sokolovskiy, 1920, Kontniy, 1937). Дослідники ви-

<sup>1</sup> Заячук Василь Яремович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ботаніки, деревнознавства і недревних ресурсів лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-235-10-48, +38-067-840-05-16. E-mail: zayachuk\_vsim@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0342-2482>

вчають цей вид та описують місця поширення тиса ягідного в регіоні досліджень.

Так, Петро Контний вивчав формування верхньої межі лісу в Карпатах, поширення, ріст і збереження деревних видів, зокрема, тиса ягідного. Результати довготривалих наукових пошуків автор аргументував архівними матеріалами про історичні факти з досліджень лісів Східних Карпат. Результати його ботанічних та лісівничих пошуків висвітлені, зокрема, у працях: «Матеріали до історії лісів у Східних Карпатах» (1939) та «З минулого тиса» (1937) (остання опублікована у звіті про роботу товариства приятелів Гуцульщини, створеного у 1934 р., до якого належав Петро Контний) та ін. Наведені П. Контним історичні дані свідчать про наявність тиса ягідного ще в 17-18 ст. у значній кількості в лісових насадженнях басейну гірських річок Білого і Чорного Черемошів. Окупаційна влада Австрії та Польщі ввела для місцевих жителів – гуцулів спеціальну данину деревиною тиса, що призвело до практично цілковитого винищення цього деревного виду на території Українських Карпат. Для підтвердження архівних даних П. Контний віднайшов в околицях гірських населених пунктів – Гринява, Криворівня, Дземброня, Жаб'є (тепер – Верховина) рештки коріння і пен'ків тиса віком 600-700 років. Унікальною знахідкою виявився кількатисячолітній пен'ок тиса діаметром близько 2 м на горі Крента. Старожили Верховинщини переказують згадки про півтораметрові в діаметрі дерева тиса ягідного. Отже, тогочасні східнокарпатські ліси за участю тиса ягідного належали до найстаріших в Європі. Зокрема, за участю Петра Контного в с. Княж-двір (на цей час Коломийського р-ну Івано-Франківської обл.) було створено тисовий заповідник.

Причинами значного скорочення ареалу тиса ягідного в Карпатах та масового зрубування в минулому його дерев є надзвичайно висока господарська цінність деревини, незадовільне поновлення, низька конкурентна здатність, повільний ріст, незадовільне насінноношення під наметом деревостанів, отруйність деревного виду.

Низька яскравість насінноношення тиса пов'язана з особливостями його генеративного розвитку. Тис ягідний в генеративну фазу вступає у разі поодинокого зростання – з 20-30-річного віку, а в насадженні – з 80-100-річного віку. Тис формує також поросьть від пнів, розмножується живцями і відводками. Дослідниками описані випадки вкорінення нижніх гілок у разі їх дотику із землею (Grushvitskiy & Zhilin, 1978).

Народні назви тиса ягідного – «негній-дерево», «червоне дерево» відповідають його особливостям. Деревина тиса дійсно червона, під дією води стає темно-фіолетовою, майже чорною. Вид стійкий до грибкових захворювань і пошкоджень шкідниками, за винятком одного гриба (*Polyporus sulphureus*), який провокує серцевинну гниль. Інколи на стовбурі спостерігають напливи, вкриті короткими пагонами з блідою хвоєю, так звані «відьміні митли». Молоді пагони, кора, хвоя тиса отруйні, оскільки

містять алкалоїд таксин, шкідливий для людини, корів, коней (хоча вони нешкідливі для оленів та зайців) (Grushvitskiy & Zhilin, 1978), що нерідко було причиною частих порубок дерев тиса на територіях ведення полонинного господарства.

Деревина тиса ягідного – відмінний будівельний, столярний, токарний матеріал, добре полірується. Її використовували для виробництва декоративних меблів, окремих деталей возів, спорудження мостів. В історичних джерелах є відомості про те, що оборонці Хустського замку відстрілювалися від татар гарматними ядрами з деревини тиса. Місцеві жителі Карпат зобов'язані були сплачувати податок деревиною тиса в часи Австро-Угорської імперії.

Про обсяги торгівлі деревиною, зокрема тиса ягідного, в Карпатському регіоні писав Михайло Грушевський у праці «На горах» у 1912 році: «Вигинув до останку під рукою чоловіка красний тис, повільний і вигідний. Тисячоліття були потрібні на те, щоб нагородити ті спустошення, які виробляли хижі промисловці на тисовім роді протягом кількох тижнів – а вони не давали йому навіть років. Тису з високогірної Гуцульщини вивезено у 1881 р. – 53080 шт. дерев, у 1882 р. – 79851 шт., у 1887 р. – 81182 шт.».

В останні десятиліття цій проблематиці присвячені праці низки вчених (Hleb, Kabal, Polyanchuk & Sukhariuk, 2014, Demianiuk, 2017, Hnatiuk & Huz, 2018). Проте і дотепер площі поширення насаджень за участю тиса ягідного залишаються не уточненими. Наведені різними авторами площі коливаються в межах 200-400 га (Hnatiuk & Huz, 2018).

**Об'єкти та методика дослідження.** Об'єктом досліджень були лісові насадження за участю *Taxus baccata* L. в Українських Карпатах. Предмет досліджень – розподіл площ лісостанів за участю тиса ягідного за типами лісорослинних умов, групами віку, відносною повнотою, класами бонітету, участю в складі, висотою розташування, експозицією схилів та причини зникання деревного виду в регіоні досліджень. Мета досліджень – встановлення типологічної, висотної та експозиційної структури поширення насаджень за участю тиса ягідного в Українських Карпатах на основі власних досліджень, висновків попередників та лісоінвентаризаційних матеріалів лісовпорядних експедицій.

Комплексні дослідження здійснювали з використанням наступних методик: лісівничо-таксаційних – для закладання пробних площ та визначення таксаційної будови деревостанів; фітоценоотичних – для вивчення фітоценоотичної структури деревостанів; математично-статистичних – для обробки статистичних даних і моделювання статистичних залежностей; фотографічних – для обробки отриманого в ході досліджень фотоматеріалу. Типи лісорослинних умов і типи лісу визначали за методикою Gerushynsky (1996). Для встановлення лісівничо-таксаційних показників деревостанів використовували загальноприйняті в лісівництві

та лісовій таксації методики (Dospekhov, 1979, Gerushynsky, 1987, Goroshko, Myklush & Khomyuk, 2004, Grom, 2005).

**Результати досліджень.** За результатами власних досліджень, наявних літературних джерел, аналізу лісоінвентаризаційних матеріалів лісгосподарських підприємств, лісовпорядних експедицій та повидільної таксаційної бази низки лісгосподарських підприємств Держагентства лісових ресурсів України станом на 01.01.2018 р. нами встановлено площу лісових насаджень за участю тиса

ягідного з розподілом за типами лісорослинних умов (табл. 1).

Отже, загальна площа насаджень за участю тиса ягідного в досліджуваному регіоні складає 285,0 га. Найширше локалітети тиса ягідного в межах Закарпатської області представлені на території Карпатського біосферного заповідника (в Угольському тисово-буковому масиві та урочищі Тисовий Грунь на площі 170,1 га), у держлісфонді ДП «Великобичківське ЛМГ» (21,0 га), ДП «Свалявське ЛГ» (1,9 га), ДП «Мукачівське ЛГ» (0,1 га).

Таблиця 1

**Розподіл площ насаджень за участю тиса ягідного за типами лісорослинних умов в Українських Карпатах (га / тис. м<sup>3</sup>)**

| Область та підприємство                          | Індекси типів лісорослинних умов |                  |                 |                   | Всього            |
|--|----------------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
|  | C <sub>2</sub>                   | C <sub>3</sub>   | D <sub>2</sub>  | D <sub>3</sub>    |                   |
| <b>Закарпатська</b>                              | –                                | <b>69,7/*</b>    | <b>2/0,08</b>   | <b>121,4</b>      | <b>193,1/0,08</b> |
| ДП «Великобичківське ЛМГ»                        | –                                | 21,0             | –               | –                 | 21,0              |
| ДП «Свалявське ЛГ»                               | –                                | –                | 1,9/0,07        | –                 | 1,9/0,07          |
| ДП «Мукачівське ЛГ»                              | –                                | –                | 0,1/0,01        | –                 | 0,1/0,01          |
| Карпатський біосферний заповідник                | –                                | 48,7             | –               | 121,4             | 170,1             |
| <b>Івано-Франківська</b>                         | <b>0,7/0,01</b>                  | <b>5,8/0,04</b>  | –               | <b>64,8/3,33</b>  | <b>71,3/3,38</b>  |
| ДП «Болехівське ЛГ»                              | 0,3                              | –                | –               | –                 | 0,3               |
| ДП «Вигодське ЛГ»                                | –                                | 0,8              | –               | –                 | 0,8               |
| ДП «Івано-Франківське ЛГ»                        | 0,4/0,01                         | –                | –               | –                 | 0,4/0,01          |
| ДП «Коломийське ЛГ»                              | –                                | –                | –               | –                 | 69,8/3,37         |
| Карпатський національний природний парк          | –                                | 1,0              | –               | –                 | 1,0               |
| <b>Чернівецька</b>                               | –                                | <b>10,0</b>      | –               | <b>6,5</b>        | <b>16,5</b>       |
| ДП «Чернівецьке ЛГ»                              | –                                | 10,0             | –               | –                 | 10,0              |
| Чернівецький військовий лісгосп                  | –                                | –                | –               | 6,5               | 6,5               |
| <b>Львівська</b>                                 | –                                | –                | –               | –                 | 3,1               |
| Національний природний парк «Сколівські Бескиди» | –                                | 1,2              | –               | 1,9               | 3,1               |
| <b>Разом</b>                                     | <b>0,7/0,01</b>                  | <b>87,7/0,04</b> | <b>2,0/0,08</b> | <b>194,6/3,33</b> | <b>285,0/3,46</b> |

\*Примітка. Запас деревини відсутній через його мізерні показники

На території Івано-Франківської області осередки тиса розташовані в межах держлісфонду ДП «Коломийське ЛГ» в урочищі Княж-двір (64,8 га – найбільший суцільний масив тиса ягідного на території України), Карпатського національного природного парку (1,0 га), ДП «Вигодське ЛГ» (0,8 га), ДП «Болехівське ЛГ» (0,3 га), ДП «Івано-Франківське ЛГ» (0,4 га). У Чернівецькій області насадження за участю тиса наявні у держлісфонді ДП «Чернівецьке ЛГ» (10 га) та Чернівецького військового лісгоспу (6,5 га), зокрема, у заказнику «Тисовий Яр».

Розподіл площ деревостанів тиса ягідного за типами лісорослинних умов в Українських Карпатах (див. табл. 1) показує, що цей вид поширений пере-

важно у двох типах лісорослинних умовах – вологих грудах (194,6 га / 68,28%) та вологих сугрудах (87,7 га / 30,77%). Лише незначні площі деревостанів цієї породи приурочені до свіжих грудів і сугрудів.

Найбільші площі тиса ягідного зосереджені у вологій тисовій бучині. Тис поширений під наметом ялицевих, мішаних ялицево-букових і букових лісів, де у невеликій кількості наявний в ярусі підросту. Його поновлення відбувається вкрай незадовільно. Вид середньовибагливий до родючості та вологості ґрунту. Коренева система тиса ягідного розвинена, пластична, має ендотрофну мікоризу, завдяки чому цей вид росте в різних ґрунтових умо-

вах – на пухких або щільних, кам'янистих чи слабоскелетних опідзолених вологих лісових ґрунтах.

На Буковині наявний єдиний генетичний резерват тиса ягідного на двох ділянках Кучурівського л-ва ДП «Чернівецьке ЛГ» (кв. 10, вид. 16 та кв. 11, вид. 13) площею близько 10 га. Цей осередок тиса знаходиться на околиці с. Глибочок на розчленованій ярами ділянці. Тис росте у другому ярусі під наметом деревостану в умовах вологої грабової

субучини ( $C_3$ -зБК). Таксаційні показники тисового ярусу наступні: середня висота – 4,3 м, середній діаметр – 5,0 см, запас –  $\sim 1$  м<sup>3</sup>/га). На ділянці домінує підріст бука, тоді як підріст тиса відсутній. Науковці та практики-лісівники звертають увагу на штучне походження цього осередку тиса.

Нами здійснено розподіл площ та запасу стовбурової деревини тиса за групами віку в межах досліджуваного регіону (табл. 2).

Таблиця 2

**Розподіл площ та запасу стовбурової деревини тиса ягідного за групами віку (га / тис. м<sup>3</sup>)**

| Область та підприємство                          | Групи віку        |                   |                   |                  |                  |                   |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|
|  | Молодняки 1 класу | Молодняки 2 класу | Середньовікові    | Стигли           | Перестійні       | Всього            |
| <b>Закарпатська</b>                              | –                 | –                 | <b>46/0,08</b>    | –                | <b>147,1</b>     | <b>193,1/0,08</b> |
| ДП «Великобичківське ЛМГ»                        | –                 | –                 | –                 | –                | 21               | 21                |
| ДП «Свалявське ЛГ»                               | –                 | –                 | 1,9/0,07          | –                | –                | 1,9/0,07          |
| ДП «Мукачівське ЛГ»                              | –                 | –                 | 0,1/0,01          | –                | –                | 0,1/0,01          |
| Карпатський біосферний заповідник                | –                 | –                 | 44,0              | –                | 126,1            | 170,1             |
| <b>Івано-Франківська</b>                         | <b>0,4/0,01</b>   | <b>7/0,14</b>     | <b>47,6/2,36</b>  | <b>5,9/0,27</b>  | <b>11,4/0,6</b>  | <b>72,3/3,38</b>  |
| ДП «Болехівське ЛГ»                              | –                 | –                 | 0,3               | –                | –                | 0,3               |
| ДП «Вигодське ЛГ»                                | –                 | –                 | 0,8               | –                | –                | 0,8               |
| ДП «Івано-Франківське ЛГ»                        | 0,4/0,01          | –                 | –                 | –                | –                | 0,4/0,01          |
| ДП «Коломийське ЛГ»                              | –                 | –                 | 46,5/2,36         | 4,9/0,27         | 11,4/0,6         | 69,8/3,37         |
| Карпатський національний природний парк          | –                 | –                 | –                 | 1,0              | –                | 1,0               |
| <b>Чернівецька</b>                               | –                 | –                 | <b>10</b>         | <b>6,5</b>       | –                | <b>16,5</b>       |
| ДП «Чернівецьке ЛГ»                              | –                 | –                 | 10                | –                | –                | 10                |
| Чернівецький військовий лісгосп                  | –                 | –                 | –                 | 6,5              | –                | 6,5               |
| <b>Львівська</b>                                 | <b>3,1</b>        | –                 | –                 | –                | –                | <b>3,1</b>        |
| Національний природний парк «Сколівські Бескиди» | 3,1               | –                 | –                 | –                | –                | 3,1               |
| <b>Разом</b>                                     | <b>3,5/0,01</b>   | <b>7/0,14</b>     | <b>103,6/2,44</b> | <b>11,4/0,27</b> | <b>158,5/0,6</b> | <b>285,0/3,46</b> |

За результатами досліджень, тис ягідний в межах Закарпатської області поширений на території Карпатського біосферного заповідника під наметом середньовікових (44,0 га / 15,44%) та перестійних (126,1 га / 44,25%) насаджень. На території Івано-Франківської області найбільший осередок тиса розташований під наметом середньовікових (46,5 га / 16,32%) насаджень в межах держлісфонду ДП «Коломийське ЛГ». У Чернівецькій області локалітети тиса зосереджені під наметом середньовікового (10,0 га / 3,51%) насаджень у держлісфонді ДП «Чернівецьке ЛГ» та Чернівецького військового лісгоспу (6,5 га / 2,28%) під наметом стиглого

насаджень. Отже, тис ягідний в регіоні досліджень росте, в основному, під наметом перестійних (158,5 га / 56,23%) та середньовікових насаджень (103,6 га / 36,75%).

Під час вивчення розподілу площ насаджень за участю тиса ягідного за відносною повнотою встановлено, що в межах Закарпатської області (Карпатський біосферний заповідник та ДП «Великобичківське ЛМГ») вид, переважно, поширений під наметом насаджень з повнотою 0,6-0,8 (153,4 га/53,82%) (табл. 3). На території Івано-Франківської області (ДП «Коломийське ЛГ») вид, в основному, росте в складі високоповнотних (0,8-1,0) насаджень (49,0 / 17,19%).



Таблиця 3

Розподіл площ насаджень за участю тиса ягідного за відносною повнотою (га / тис. м<sup>3</sup>)

| Область та підприємство                          | <0,3       | 0,4-0,5    | 0,5-0,6    | 0,6-0,7             | 0,7-0,8            | 0,8-0,9            | 0,9-1              | Всього              |
|--|------------|------------|------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <b>Закарпатська</b>                              | –          | –          | <b>6,3</b> | <b>142,5 / 0,01</b> | <b>10,9 / 0,07</b> | <b>4,4</b>         | <b>29</b>          | <b>193,1 / 0,08</b> |
| ДП «Великобичківське ЛМГ»                        | –          | –          | –          | 21                  | –                  | –                  | –                  | 21                  |
| ДП «Свалявське ЛГ»                               | –          | –          | –          | –                   | 1,9 / 0,07         | –                  | –                  | 1,9 / 0,07          |
| ДП «Мукачівське ЛГ»                              | –          | –          | –          | 0,1 / 0,01          | –                  | –                  | –                  | 0,1 / 0,01          |
| Карпатський біосферний заповідник                | –          | –          | 6,3        | 121,4               | 9                  | 4,4                | 29                 | 170,1               |
| <b>Івано-Франківська</b>                         | –          | <b>0,6</b> | <b>1,1</b> | <b>6,7 / 0,24</b>   | <b>13,1 / 0,47</b> | <b>24,4 / 1,29</b> | <b>25,4 / 1,38</b> | <b>72,3 / 3,38</b>  |
| ДП «Болехівське ЛГ»                              | –          | 0,3        | –          | –                   | –                  | –                  | –                  | 0,3                 |
| ДП «Вигодське ЛГ»                                | –          | –          | –          | –                   | –                  | 0,8                | –                  | 0,8                 |
| ДП «Івано-Франківське ЛГ»                        | –          | –          | –          | 0,4 / 0,01          | –                  | –                  | –                  | 0,4 / 0,01          |
| ДП «Коломийське ЛГ»                              | –          | 0,3        | 1,1        | 6,3 / 0,23          | 13,1 / 0,47        | 23,6 / 1,29        | 25,4 / 1,38        | 69,8 / 3,37         |
| Карпатський національний природний парк          | 1          | –          | –          | –                   | –                  | –                  | –                  | 1                   |
| <b>Чернівецька</b>                               | –          | –          | –          | –                   | <b>8</b>           | <b>8,5</b>         | –                  | <b>16,5</b>         |
| ДП «Чернівецьке ЛГ»                              | –          | –          | –          | –                   | 4                  | 6                  | –                  | 10                  |
| Чернівецький військовий лісгосп                  | –          | –          | –          | –                   | 4                  | 2,5                | –                  | 6,5                 |
| <b>Львівська</b>                                 | <b>3,1</b> | –          | –          | –                   | –                  | –                  | –                  | <b>3,1</b>          |
| Національний природний парк «Сколівські Бескиди» | 3,1        | –          | –          | –                   | –                  | –                  | –                  | 3,1                 |
| <b>Разом</b>                                     | <b>3,1</b> | <b>0,6</b> | <b>7,4</b> | <b>149,2 / 0,25</b> | <b>32,0 / 0,54</b> | <b>37,3 / 1,29</b> | <b>54,4 / 1,38</b> | <b>285,0 / 3,46</b> |

Загалом у регіоні досліджень тис ягідний росте під наметом середньоповнотних (188,6 га / 66,18%) та високоповнотних (91,7 га / 32,18%) деревостанів.

Результати досліджень Pavliuk & Marchenko (2004) підтверджують, що зниження повноти деревостану внаслідок проведення рубок догляду високої інтенсивності негативно впливає на хід природного поновлення тиса ягідного. Розрідження першого та другого ярусу деревостанів позитивно впливає на збільшення морфометричних показників підросту тиса ягідного, але негативно – на кількість підросту. Після проведення рубки догляду кількість дерев, які здатні до насінношення, знижується до 4%. Тому автори роблять висновок про недоцільність здійснення будь-яких лісгосподарських заходів у насадженнях зі значною кількістю тиса ягідного в складі з метою його збереження.

Нами (Zayachuk, 2014) на плантації тиса ягідного в дендрарії ВЛНС «Березинка» ДП «Мукачівське ЛГ» під наметом деревостану обліковано від 39 до 84 шт. сходів цього виду на 1 м<sup>2</sup>, кількість яких згодом, за відсутності оптимального освітлення, стрімко скорочується. Раціональне використання сходів полягає в їх викопуванні та наступному до-

рошуванні, що дасть змогу забезпечити достатньою кількістю садивного матеріалу цього виду для його відтворення у природних фітоценозах.

У ботанічному заказнику загальнодержавного значення «Княздвірський» Pavliuk & Marchenko (2004) під наметом середньовікових і стиглих ялицево-букових деревостанів облікували самосів тиса ягідного в кількості близько 10,6 тис. шт. на 1 га, переважну більшість якого склали однорічки (8,0 тис. шт.). Проте з віком, за відсутності оптимального освітлення, кількість підросту стрімко зменшується. На цій же ділянці обліковано лише 1,4 тис. шт. 2-3 річок, 0,8 тис. шт. – 4-7 річок та 0,4 тис. шт. – підросту старшого сім років.

У процесі досліджень насаджень за участю тиса ягідного з розподілом за кількістю одиниць виду в складі деревостану з'ясовано, що тис росте переважно в третьому ярусі мішаних, переважно, буково-ялицево-смерекових насаджень (табл. 4).

Зокрема, на території Закарпатської області тис поширений серед підросту в межах Карпатського біосферного заповідника (170,1 га / 59,68%). Повернення тиса ягідного в природні фітоценози шляхом створення лісових культур практикують

в Національному природному парку «Сколівські Бескиди». Так, за останні роки тут створено лісові культури на двох ділянках з початковим складом 5Бкл4Яцб1Яв + Тс, Мде (площа 1,2 га, тип лісу –  $C_3$ -см-яцБк) та 5Бкл3Яцб2Яв + Тс (площа 1,9 га, тип лісу –  $D_3$ -см-яцБк).

Розподіл площ деревостанів за участю тиса ягідного за класами бонітету в регіоні досліджень показав, що тис росте в основному під наметом високобонітетних насаджень I-I<sup>b</sup> класів (230,6 га / 80,91%) (табл. 5).

Таблиця 4

**Розподіл насаджень за участю тиса ягідного за кількістю одиниць тиса в складі деревостану (га / тис. м<sup>3</sup>)**

| Область та підприємство                          | Кількість одиниць тиса в складі деревостану |                 |                  |                   |
|--|---|-----------------|------------------|-------------------|
|  | До 1  | 1               | 2-10             | Всього            |
| <b>Закарпатська область</b>                      | <b>191,1</b>                                | <b>1,9/0,07</b> | <b>0,1/0,01</b>  | <b>193,1/0,08</b> |
| ДП «Великобичківське ЛМГ»                        | 21  | –               | –                | 21                |
| ДП «Свалявське ЛГ»                               | –   | 1,9/0,07        | –                | 1,9/0,07          |
| ДП «Мукачівське ЛГ»                              | –   | –               | 0,1/0,01         | 0,1/0,01          |
| Карпатський біосферний заповідник                | 170,1                                       | –               | –                | 170,1             |
| <b>Івано-Франківська область</b>                 | <b>1,9</b>                                  | <b>5,3/0,04</b> | <b>65,1/3,34</b> | <b>72,3/3,38</b>  |
| ДП «Болехівське ЛГ»                              | –   | –               | 0,3              | 0,3               |
| ДП «Вигодське ЛГ»                                | 0,8   | –               | –                | 0,8               |
| ДП «Івано-Франківське ЛГ»                        | –   | –               | 0,4/0,01         | 0,4/0,01          |
| ДП «Коломийське ЛГ»                              | 1,1   | 5,3/0,04        | 63,4/3,33        | 69,8/3,37         |
| Карпатський національний природний парк          | –   | –               | 1                | 1                 |
| <b>Чернівецька область</b>                       | <b>6,5</b>                                  | –               | <b>10</b>        | <b>16,5</b>       |
| ДП «Чернівецьке ЛГ»                              | –   | –               | 10               | 10                |
| Чернівецький військовий лісгосп                  | 6,5   | –               | –                | 6,5               |
| <b>Львівська область</b>                         | <b>3,1</b>                                  | –               | –                | <b>3,1</b>        |
| Національний природний парк «Сколівські Бескиди» | 3,1   | –               | –                | 3,1               |
| <b>Разом</b>                                     | <b>202,6</b>                                | <b>7,2/0,11</b> | <b>75,2/3,35</b> | <b>285,0/3,46</b> |

Таблиця 5

**Розподіл деревостанів за участю тиса ягідного за класами бонітету (га / тис. м<sup>3</sup>)**

| Область та підприємство                 | Класи бонітету   |                   |                |                  |               |                 |                 |                   |
|---|------------------|-------------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|   | I                | I <sup>a</sup>    | I <sup>b</sup> | II               | III           | IV              | V <sup>a</sup>  | Всього            |
|   | 2                | 3                 | 4              | 5                | 6             | 7               | 8               | 9                 |
| <b>Закарпатська область</b>             | –                | <b>136,7/0,07</b> | <b>29,0</b>    | <b>25,7</b>      | <b>1,6</b>    | –               | <b>0,1/0,01</b> | <b>193,1/0,08</b> |
| ДП «Великобичківське ЛМГ»               | –                | –                 | –              | 21               | –             | –               | –               | 21                |
| ДП «Свалявське ЛГ»                      | –                | 1,9/0,07          | –              | –                | –             | –               | –               | 1,9/0,07          |
| ДП «Мукачівське ЛГ»                     | –                | –                 | –              | –                | –             | –               | 0,1/0,01        | 0,1/0,01          |
| Карпатський біосферний заповідник       | –                | 134,8             | 29,0           | 4,7              | 1,6           | –               | –               | 170,1             |
| <b>Івано-Франківська область</b>        | <b>41,4/2,18</b> | <b>5,1/0,16</b>   | –              | <b>20,4/0,99</b> | <b>5/0,04</b> | <b>0,4/0,01</b> | –               | <b>71,3/3,38</b>  |
| ДП «Болехівське ЛГ»                     | –                | –                 | –              | 0,3              | –             | –               | –               | 0,3               |
| ДП «Вигодське ЛГ»                       | –                | 0,8               | –              | –                | –             | –               | –               | 0,8               |
| ДП «Івано-Франківське ЛГ»               | –                | –                 | –              | –                | –             | 0,4/0,01        | –               | 0,4/0,01          |
| ДП «Коломийське ЛГ»                     | 41,4/2,18        | 4,3/0,16          | –              | 19,1/0,99        | 5/0,04        | –               | –               | 69,8/3,37         |
| Карпатський національний природний парк | –                | –                 | –              | 1,0              | –             | –               | –               | 1,0               |

| 1  | 2                     | 3                      | 4                      | 5                     | 6                    | 7                    | 8                    | 9                      |
|--|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| <b>Чернівецька область</b>                       | <b>10</b>             | <b>6,5</b>             | –                      | –                     | –                    | –                    | –                    | <b>16,5</b>            |
| ДП «Чернівецьке ЛГ»                              | 10                    | –                      | –                      | –                     | –                    | –                    | –                    | 10                     |
| Чернівецький військовий лісгосп                  | –                     | 6,5                    | –                      | –                     | –                    | –                    | –                    | 6,5                    |
| <b>Львівська область</b>                         | <b>1,9</b>            | –                      | –                      | <b>1,2</b>            | –                    | –                    | –                    | <b>3,1</b>             |
| Національний природний парк «Сколівські Бескиди» | 1,9                   | –                      | –                      | 1,2                   | –                    | –                    | –                    | 3,1                    |
| <b>Разом</b>                                     | <b>53,3/<br/>2,18</b> | <b>148,3/<br/>0,23</b> | <b>29,0/<br/>10,18</b> | <b>47,3/<br/>0,99</b> | <b>6,6/<br/>0,04</b> | <b>0,4/<br/>0,01</b> | <b>0,1/<br/>0,01</b> | <b>285,0/<br/>3,46</b> |

Дослідженнями Hleb, Kabal, Polyanchuk & Sukhariuk (2014) встановлено, що в низькобонітетних деревостанах, де конкурентоздатність бука та ялиці відносно невисока, тіневитривалий тис навіть під наметом лісу формує значну кількість підросту. Проте під наметом деревостанів тис ягідний відзначається невисокими морфометричними показниками. Річний приріст за висотою у молодих рослин становить 2-3 см, збільшуючись згодом до 15-20 см. Екземпляри тиса віком 60 років сягають лише 6-8 м заввишки, 150-річні – близько 14-15 м, а 400-річні його особини на Кавказі мають висоту в середньому 25 м. За дослідженнями Pavliuk & Marchenko (2004), більшість дерев тиса ягідного у ботанічному заказнику «Княздвірський» сягають висоти всього 1,5-6,5 м та діаметра лише 2-10 см за їх загальної кількості 810 шт./га. Лише поодинокі дерева тиса сягають висоти до 12,5 м та досягають діаметра близько 20 см.

Тис ягідний може формувати насадження на різній висоті над рівнем моря. Так, деревний вид в межах свого ареалу (Європа, Кавказ, Мала та Передня Азія, Північна Африка) найпоширеніший в межах висот 500-1100 м н.р.м., хоча в Альпах росте до 1400, на Кавказі – до 1500, в Карпатах – до 1600, Малій Азії – до 2000-2300 м н.р.м. (Zayachuk, 2014). У південній частині свого природного ареалу вид сягає верхньої межі лісу (висота залежить від регіону поширення), де росте кущем і не утворює насінин.

Розподіл площ насаджень за участю тиса ягідного за висотою над рівнем моря в Українських Карпатах представлений в табл. 6. За результатами досліджень, найбільші площі лісостанів за участю тиса ягідного зосереджені на висотах до 300 м та в діапазоні 700-800 м н.р.м. Проте майже 26 га лісостанів за участю тиса ягідного зосереджено на значних висотах – 1200-1400 м н.р.м.

Таблиця 6

**Деталізовані площі насаджень за участю тиса ягідного з розподілом за висотою їх зростання над рівнем моря (га / тис. м<sup>3</sup>)**

| Область та підприємство           | Висота над рівнем моря, м |                      |                       |              |            |             |            |            |             |            | Всього                 |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------------------|
|                                   | <300                      | 300-400              | 600-700               | 701-800      | 801-900    | 901-1000    | 1001-1100  | 1101-1200  | 1201-1300   | 1301-1400  |                        |
| 1                                 | 2                         | 3                    | 4                     | 5            | 6          | 7           | 8          | 9          | 10          | 11         | 12                     |
| <b>Закарпатська область</b>       | –                         | <b>0,6/<br/>0,03</b> | <b>10,8/<br/>0,05</b> | <b>112,8</b> | <b>0,8</b> | <b>38,0</b> | –          | <b>4,4</b> | <b>21,0</b> | <b>4,7</b> | <b>193,1/<br/>0,08</b> |
| ДП «Великобичківське ЛМГ»         | –                         | –                    | –                     | –            | –          | –           | –          | –          | 21,0        | –          | 21,0                   |
| ДП «Свалявське ЛГ»                | –                         | 0,5/<br>0,02         | 1,4/<br>0,05          | –            | –          | –           | –          | –          | –           | –          | 1,9/<br>0,07           |
| ДП «Мукачівське ЛГ»               | –                         | 0,1/<br>0,01         | –                     | –            | –          | –           | –          | –          | –           | –          | 0,1/<br>0,01           |
| Карпатський біосферний заповідник | –                         | –                    | 9,4                   | 112,8        | 0,8        | 38          | –          | 4,4        | –           | 4,7        | 170,1                  |
| <b>Івано-Франківська область</b>  | <b>64,9/<br/>3,18</b>     | <b>5,3/<br/>0,2</b>  | –                     | –            | –          | <b>0,8</b>  | <b>1,0</b> | <b>0,3</b> | –           | –          | <b>72,3/<br/>3,38</b>  |
| ДП «Болехівське ЛГ»               | –                         | –                    | –                     | –            | –          | –           | –          | 0,3        | –           | –          | 0,3                    |
| ДП «Вигодське ЛГ»                 | –                         | –                    | –                     | –            | –          | 0,8         | –          | –          | –           | –          | 0,8                    |
| ДП «Івано-Франківське ЛГ»         | 0,4/<br>0,01              | –                    | –                     | –            | –          | –           | –          | –          | –           | –          | 0,4/<br>0,01           |
| ДП «Коломийське ЛГ»               | 64,5/<br>3,17             | 5,3/<br>0,2          | –                     | –            | –          | –           | –          | –          | –           | –          | 69,8/<br>3,37          |

Продовження таблиці 6

| 1  | 2                     | 3                   | 4                     | 5            | 6          | 7           | 8        | 9          | 10        | 11         | 12                     |
|--|-----------------------|---------------------|-----------------------|--------------|------------|-------------|----------|------------|-----------|------------|------------------------|
| Карпатський національний природний парк          | –                     | –                   | –                     | –            | –          | –           | 1,0      | –          | –         | –          | 1                      |
| <b>Чернівецька область</b>                       | <b>16,5</b>           | –                   | –                     | –            | –          | –           | –        | –          | –         | –          | <b>16,5</b>            |
| ДП «Чернівецьке ЛГ»                              | 10                    | –                   | –                     | –            | –          | –           | –        | –          | –         | –          | 10                     |
| Чернівецький військовий лісгосп                  | 6,5                   | –                   | –                     | –            | –          | –           | –        | –          | –         | –          | 6,5                    |
| <b>Львівська область</b>                         | –                     | –                   | <b>3,1</b>            | –            | –          | –           | –        | –          | –         | –          | <b>3,1</b>             |
| Національний природний парк «Сколівські Бескиди» | –                     | –                   | 3,1                   | –            | –          | –           | –        | –          | –         | –          | 3,1                    |
| <b>Разом</b>                                     | <b>81,4/<br/>3,18</b> | <b>5,9/<br/>0,2</b> | <b>13,9/<br/>0,05</b> | <b>112,8</b> | <b>0,8</b> | <b>38,8</b> | <b>1</b> | <b>4,7</b> | <b>21</b> | <b>4,7</b> | <b>285,0/<br/>3,46</b> |

Природні деревостани тиса ягідного поширені в основному на Закарпатті на території Карпатського біосферного заповідника (табл. 6) в діапазоні від 700-800 м н.р.м. (112,8 га/39,58%) до 900-1000 м н.р.м. (38,0 га/13,33%), у Прикарпатті на висотах до 300 м н.р.м. (64,9 га/22,77%), на Буковині – на висотах до 300 м н.р.м. (16,5 га / 5,79%), на Львівщині – в діапазоні висот 600-700 м н.р.м. (3,1 га/1,09%). Зокрема, в лісових

масивах Карпатського біосферного заповідника в межах висот 650-1225 м н.р.м. науковцями виявлено близько 1200 екземплярів тиса ягідного в урочищі Кузій, Мармароському та Угольсько-Широколужанському масивах (Hleb, Kabal, Polyanchuk & Sukhariuk, 2014).

Цікаво прослідкувати приуроченість насаджень за участю тиса ягідного до схилів різних експозицій (табл. 7).

Таблиця 7

Розподіл насаджень за участю тиса ягідного за експозицією схилів (га / тис. м<sup>3</sup>)

| Область та підприємство                 | Експозиції схилу     |                       |            |                       |                      |                        |                       |                       | Всього                 |
|---|----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|   | Пн                   | Пн-Сх                 | Сх         | Пн-Зх                 | Пд-Сх                | Пд                     | Зх                    | Рівнинні положення    |                        |
| 1                                       | 2                    | 3                     | 4          | 5                     | 6                    | 7                      | 8                     | 9                     | 10                     |
| <b>Закарпатська область</b>             | <b>48/<br/>0,01</b>  | <b>21,0</b>           | <b>0,8</b> | –                     | <b>1,4/<br/>0,05</b> | <b>121,9/<br/>0,02</b> | –                     | –                     | <b>193,1/<br/>0,08</b> |
| ДП «Великобичківське ЛМГ»               | –                    | 21,0                  | –          | –                     | –                    | –                      | –                     | –                     | 21,0                   |
| ДП «Свалявське ЛГ»                      | –                    | –                     | –          | –                     | 1,4/<br>0,05         | 0,5/<br>0,02           | –                     | –                     | 1,9/<br>0,07           |
| ДП «Мукачівське ЛГ»                     | 0,1/<br>0,01         | –                     | –          | –                     | –                    | –                      | –                     | –                     | 0,1/<br>0,01           |
| Карпатський біосферний заповідник       | 47,9                 | –                     | 0,8        | –                     | –                    | 121,4                  | –                     | –                     | 170,1                  |
| <b>Івано-Франківська область</b>        | <b>9,3/<br/>0,46</b> | <b>10,6/<br/>0,58</b> | –          | <b>33,9/<br/>1,75</b> | –                    | –                      | <b>4,4/<br/>0,015</b> | <b>13,1/<br/>0,44</b> | <b>72,3/<br/>3,38</b>  |
| ДП «Болехівське ЛГ»                     | –                    | –                     | –          | –                     | –                    | –                      | 0,3                   | –                     | 0,3                    |
| ДП «Вигодське ЛГ»                       | –                    | –                     | –          | 0,8                   | –                    | –                      | –                     | –                     | 0,8                    |
| ДП «Івано-Франківське ЛГ»               | –                    | –                     | –          | –                     | –                    | –                      | –                     | 0,4/<br>0,01          | 0,4/0,01               |
| ДП «Коломийське ЛГ»                     | 9,3/<br>0,46         | 10,6/<br>0,58         | –          | 33,1/<br>1,75         | –                    | –                      | 4,1/<br>0,15          | 12,7/<br>0,43         | 69,8/<br>3,37          |
| Карпатський національний природний парк | –                    | –                     | –          | –                     | –                    | –                      | 1                     | –                     | 1                      |

| 1  | 2                     | 3                     | 4          | 5                     | 6                    | 7                      | 8                    | 9                     | 10                     |
|--|-----------------------|-----------------------|------------|-----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|
| <b>Чернівецька область</b>                       | –                     | –                     | –          | –                     | –                    | –                      | –                    | <b>16,5</b>           | <b>16,5</b>            |
| ДП «Чернівецьке ЛГ»                              | –                     | –                     | –          | –                     | –                    | –                      | –                    | 10                    | 10                     |
| Чернівецький військовий лісгосп                  | –                     | –                     | –          | –                     | –                    | –                      | –                    | 6,5                   | 6,5                    |
| <b>Львівська область</b>                         | –                     | –                     | –          | –                     | <b>3,1</b>           | –                      | –                    | –                     | <b>3,1</b>             |
| Національний природний парк «Сколівські Бескиди» | –                     | –                     | –          | –                     | 3,1                  | –                      | –                    | –                     | 3,1                    |
| <b>Разом</b>                                     | <b>57,3/<br/>0,47</b> | <b>31,6/<br/>0,58</b> | <b>0,8</b> | <b>33,9/<br/>1,75</b> | <b>4,5/<br/>0,05</b> | <b>121,9/<br/>0,02</b> | <b>6,4/<br/>0,15</b> | <b>29,6/<br/>0,44</b> | <b>285,0/<br/>3,46</b> |

Так, найбільші площі деревостанів за участю досліджуваного виду розташовані у Прикарпатті на схилах північно-західної (33,9 га/11,89%), північно-східної (10,6 га/3,72%) та північної (9,3 га / 3,26%) експозицій, а на Закарпатті – південної (121,9 га/42,77%) та північної (48,0 га/ 16,84%) експозицій. На Львівщині в НПП «Сколівські Бескиди» лісові культури за участю тиса ягідного створені на схилах південно-східної експозиції (3,1 га/1,09%). Значно менші осередки тиса зосереджені на рівнині – на Буковині (16,5 га/5,79%) та Прикарпатті (13,1 га/4,60%).

**Висновки.** Загальна площа лісових насаджень за участю тиса ягідного в Українських Карпатах складає 285,0 га. Цей деревний вид поширений у типах лісорослинних умовах – вологих горах (194,6 га/68,28%) та вологих сугорах (87,7 га/30,77%) під наметом ялицевих, ялицево-букових і букових лісів, де він в основному зосереджений в ярусі підросту.

Вживання природного поновлення тиса ягідного відбувається вкрай незадовільно внаслідок слабого освітлення, хоча на 1 м<sup>2</sup> може бути обліковано більше 80 шт. проростків деревного виду.

Тис ягідний у регіоні досліджень росте, в основному, під наметом перестійних (158,5 га/56,23%) і середньовікових (103,6 га/36,75%), середньповнотних (188,6 га/66,18%) та високоповнотних (91,7 га/32,18%) високобонітетних деревостанів I-II класів (230,6 га/80,91%).

Природні деревостани тиса ягідного поширені переважно в Закарпатті на території Карпатського біосферного заповідника в діапазоні від 700-800 м н.р.м. (112,8 га/39,58%) до 900-1000 м н.р.м. (38,0 га/13,33%) на схилах південної (121,9 га/42,77%) та північної (48,0 га/16,84%) експозицій. Трапляються тисові лісостани також у Прикарпатті – до висоти 300 м н.р.м. (64,9 га/22,77%) на схилах північно-західної (33,9 га/11,89%), північно-східної (10,6 га / 3,72%) та північної (9,3 га / 3,26%) експозицій. Насадження штучного походження за участю тиса ягідного зосереджені на Львівщині в діапазоні від 600-700 м н.р.м. на схилах південно-східної експозиції (3,1 га / 1,09%) та Буковині – до 300 м н.р.м. (16,5 га / 5,79%).

Причинами значного скорочення місцезростань тиса ягідного в Карпатах є масове зрубування в минулому його дерев внаслідок високої господарської цінності деревини, незадовільне поновлення, низька конкурентна здатність, повільний ріст, незадовільне насінношення під наметом деревостанів.

Отримані результати досліджень щодо особливостей розповсюдження, участі у складі та продуктивності деревостанів за участю тиса ягідного можуть бути використані для вдосконалення системи заходів зі збереження та відтворення цього вразливого в Карпатах деревного виду задля збільшення площі його поширення через сприяння природному поновленню чи створення лісових культур за його участю.

#### Бібліографічні посилання

- Dospikhov, B. A. (1979). *Field experiment techniques (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Kolos (in Russian).
- Goroshko, M. P., Myklush, M. I., & Khomyuk, P. G. (2004). *Biometrics*. Lviv: Kamula (in Ukrainian).
- Gerushynsky, Z. Yu. (1987). *Manual for the identification of forest types in the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Regional Printing Publishing House (in Russian).
- Gerushynskiy, Z. Yu. (1996). *The forest typology of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Piramida (in Ukrainian).
- Grom, M. M. (2005). *Forest assessment: Educational manual*. Lviv: Ukrainian National Forestry University (in Ukrainian).
- Grushvitskiy, I. V., & Zhilin, S. G. (Eds.) (1978). *Plant Life. Mosses. Lycopods. Horsetails. Ferns. Gymnosperms*. Vol. 4. Moscow: Education (in Russian).
- Hleb, R. Yu., Kabal, M. V., Polyanchuk, I. Yo., & Sukhariuk, D. D. (2014). The rare yew communities of the Carpathian Biosphere Reserve and the measures of their preserve. Materials of the international scientific conference, dedicated to the 25<sup>th</sup> anniversary of the National nature park «Synevyr» foundation, 34-36. Uzhgorod, Ukraine: Patent (in Ukrainian).



- Hnatiuk, O. R., & Huz, N. M. (2018). The common yew (*Taxus baccata* L.) in the forest plantations of the Ukrainian Carpathians. The International scientific symposium: «The modern fruit and vegetable production – achievements and prospects», dedicated to the 85th anniversary of the State Agrarian University of Moldova, 449-455. Chisinau, Moldova: SAUM (in Russian).
- Demianiuk, P. (2017). *The yew forest of the Knyazh Dvir*. Kolomyya-Mukachevo: Karpatska Vezha (in Ukrainian).
- Zayachuk, V. Ya. (2014). *Dendrology. Manual*. Lviv: Spolom (in Ukrainian).
- The materials of the Central State Historical Archive of Ukraine in Lviv. Petro Kontniy, Fond 869, Description 86, P.1 (in Ukrainian).
- Pavliuk, V. V., & Marchenko, O. M. (2004). The common yew is a valuable relic of the tertiary period. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 14.6, 34-40 (in Ukrainian).
- Kontniy, P. (1937). *From the history of the yew (Taxus baccata L.)*. Lviv: Sylvan, ser. A. (in Polish).
- Sokolovskiy, S. (1920). The yew in the Poland territories and the neighboring countries. *Nature protection*, 2, 142-156 (in Polish).
- Spousta, V. (1893). *The yew*. Lviv: Sylvan, t. XI. (in Polish).
- Shafer, V. (1913). *The yews in Knyazh Dvir near Kolomyya as the forest nature available protection place*. Lviv (in Polish).

### ***Taxus baccata* L. в Украинских Карпатах: распространение, участие в составе насаждений, продуктивность**

В. Я. Заячук<sup>1</sup>

Проанализирован исторический ход научных исследований, связанных с тисом ягодным в Украинских Карпатах. Определена реальная типологическая, высотная и экспозиционная структура распространения насаждений с участием тиса ягодного в Украинских Карпатах. Уточнена площадь распространения древостоев с участием этого вида в регионе исследований. Установлено, что общая площадь лесных насаждений с участием тиса ягодного в Украинских Карпатах составляет 285,0 га. Древесный вид распространен в типах лесорастительных условий – во влажных горах (194,6 га / 68,28%) и влажных сугорах (87,7 га / 30,77%). Вид произрастает, в основном,

под пологом перестойных (158,5 га/56,23%) и средневозрастных насаждений (103,6 га/36,75%) и приурочен к среднеполнотным (188,6 га/66,18%) и высокополнотным (91,7 га/32,18%) высокобонитетным древостоям I-I<sup>b</sup> классов (230,6 га/80,91%). Установлено, что природные древостои тиса ягодного распространены преимущественно в Закарпатье на территории Карпатского биосферного заповедника в диапазоне высот от 700-800 (112,8 га/39,58%) до 900-1000 м н.у.м. (38 га/13,33%) на склонах южной (121,9 га/42,77%) и северной (48,0 га/16,84) экспозиций; в Прикарпатье – до 300 м над уровнем моря (64,9 га/22,77%) на склонах северо-западной (33,9 га/11,89%), северо-восточной (10,6 га/3,72%) и северной (9,3 га/3,26%) экспозиций. Насаждения искусственного происхождения с участием тиса ягодного сосредоточены на территории Львовской в диапазоне 600-700 м н.у.м. на склонах юго-восточной экспозиции (3,1 га/1,09%) и Черновицкой областей – до 300 м над уровнем моря (16,5 га / 5,79%). Проанализированы экологическая, лесоводственная и хозяйственная ценность этого вида. Детализированы причины его исчезновения в регионе исследований. Установлены сдерживающие факторы распространения тиса ягодного на территории Украинских Карпат. Причинами значительного сокращения ареала тиса ягодного в Карпатах и его массовой вырубке в прошлом являются чрезвычайно высокая хозяйственная ценность древесины, неудовлетворительное возобновление, медленный рост, низкая конкурентная способность, неудовлетворительное семяношение под пологом древостоев, его ядовитость.

**Ключевые слова:** тип лесорастительных условий; тип леса; группа возраста; древостой; полнота; бонитет; высота над уровнем моря; экспозиция склонов; причины исчезновения.

### ***Taxus baccata* L. in the Ukrainian Carpathians: distribution, participation in the forest stands and productivity**

V. Zayachuk<sup>1</sup>

The historical course of scientific studies related to *Taxus baccata* L. in the Ukrainian Carpathians was analyzed. The present typological, high-altitude and exposition structure of distribution of plantations with the participation of *Taxus baccata* in the Ukrainian Carpathians was established. The area of the stand

<sup>1</sup> Заячук Василий Яремович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-235-10-48, + 38-067-840-05-16. E-mail: zayachuk\_vsimsim@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0342-2482>

<sup>1</sup> Vasyl Zayachuk – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, docent of the botany, wood science and non-timber forest resources chair. Ukrainian National Forestry University. 103, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 38-032-235-10-48, + 38-067-840-05-16; E-mail: zayachuk\_vsimsim@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0342-2482>

distribution with the participation of this species in the study region was specified. It is established that the total area of the forest stands with the participation of *Taxus baccata* in the Ukrainian Carpathians is 285,0 ha. It was determined that this species is common in the natural forest types under forest conditions – in wet broadleaves forest (194,6 ha / 68.28%) and wet conifer-broadleaves (87,7 ha/30.77%). The species grows mainly within the shelter forest (158.5 hectares / 56.23%) and middle-aged plantations (103.6 ha/36.75%) and timed to middle density (188.6 ha/66.18%) and high-density (91.7 ha / 32.18%) of forest stands. The species, mainly, grow in mixed and broadleaved forests (170,1 ra/59.68%) under the shelter of high-density forest stands of I-II classes (230,6 ra/80.91%). It is found out that natural forests of *Taxus baccata* are mainly distributed in

Transcarpathia in the range from 700-800 m. rm (112.8 ha / 39.58%) and 900-1000 m (38 ha / 13.33 %) asl and in the Carpathian region up to 300 m. (64.9 ha/ 22.77%). The ecological, forestry and economic value of this species are analyzed. The reasons for its disappearance in the research area are detailed. Restrictive factors of *Taxus baccata* distribution in the area of the Ukrainian Carpathians are established. The reasons for the significant reduction of the *Taxus baccata* in the Carpathians and intensive harvesting in the past of its trees was the extremely high economic value of wood, unsatisfactory restoration, slow growth, low competitiveness, unsatisfactory seed placement under the complete forest canopy and its poisoning.

**Key words:** type of forest vegetation; type of forest; age group; wood stand; density; bonitet; altitude; exposure slope; causes of disappearance.

### 3. ЛІСОВІ КУЛЬТУРИ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ, СЕЛЕКЦІЯ І ГЕНЕТИКА



Forestry Academy of Sciences  
of Ukraine

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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411906>  
Article received 2018.10.02  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Natalia Vysotska  
vysotska\_n@ukr.net  
Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630\*165.7 : 58.085 : 674.031.623.23

#### Особливості мікроклонального розмноження цінних генотипів роду *Populus L. in vitro*

Н. Ю. Висоцька<sup>1</sup>, І. В. Золотих<sup>2</sup>

Досліджено особливості морфогенезу, пагоноутворення та мультиплікації різних генотипів тополі в культурі *in vitro*, які вирізнялись високою господарською цінністю у дослідно-виробничих і сортовипробувальних культурах, а саме, клони тополь української селекції «Новоберлінська», «Дружба», «Гулівер», «Перспективна», «Львівська», «Західна», «Лубенська». Визначено оптимальні склад сольового середовища та концентрації гормонів для успішної ініціації культури *in vitro* та мультиплікації.

Морфогенезна активність усіх досліджених клонів тополь після декількох пасажів була достатньо високою на всіх обраних типах середовищ незалежно від концентрації б-бензиладеніну. Водночас вплив середовища ініціації на успішність пагоноутворення був досить суттєвим. Двофакторним дисперсійним аналізом встановлено, що можливість пагоноутворення на 83,8% зумовлено сольовим складом середовища, на 0,3% – концентрацією гормонів, а 15,9% припадає на дію чинників, що не підлягали обліку, в т.ч. на вплив генотипу.

Найбільшу частку пагоноутворення отримали на середовищі MS (61,7 та 72,3% з додаванням БАП у концентрації 0,1 мг/л та 0,3 мг/л відповідно). Встановлено, що формування адвентивних бруньок на експланті на 69% зумовлено концентрацією гормонів, на 22% – сольовим складом середовища, а 9% припадає на дію інших чинників.

Підтверджено значний вплив генотипу на всі досліджувані характеристики. Найвищу морфогенезну активність відзначено у клонів тополь «Перспективна», «Лубенська», «Дружба» та «Новоберлінська». Проліферація пагонів найінтенсивніше відбувається у клонів: «Дружба» та «Західна». Найкращу здатність до формування адвентивних бруньок виявляли клони «Західна», «Гулівер», «Дружба» і «Новоберлінська».

Універсальним для мікророзмноження тополь української селекції є середовище MS із додаванням б-бензиладеніну у концентрації 0,3 мг/л.

**Ключові слова:** тополі; генотип; мікророзмноження; поживне середовище; б-бензиладенін; морфогенез; пагоноутворення; адвентивні бруньки; мультиплікація.

<sup>1</sup> Висоцька Наталія Юріївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, перший заступник директора з наукових питань Українського ордена «Знак Пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-59. E-mail: vysotska\_n@ukr.net, vysotska@urifm.org.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> Золотих Ірина Віталіївна – науковий співробітник лабораторії селекції Українського ордена «Знак Пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-49. E-mail: zolot\_irina@yandex.ru

**Вступ.** Представники роду *Populus L.* є одними із найшвидкоросліших серед деревних порід і вирощуються для різних господарчих потреб (Fuchylo, Maurer, Sbytna, Odarchenko, & Fuchylo, 2016). Більшість з них можуть розмножуватися живцями, але найефективнішим з погляду швидкості та ефективності розмноження є метод мікроклонального розмноження.

Дослідження науковців (Wu Shuang-Xiu & Zu Yuan-Gang, 2006) свідчать про те, що використання культури *in vitro* дає змогу з досить високою ефективністю здійснювати пришвидшене масове клональне розмноження селекційного матеріалу тополь. Регенеранти можна отримати як шляхом індукції розвитку апікальних та латеральних бруньок, так і шляхом ініціації формування адвентивних пагонів (Thompson & Gordon, 1977, Coleman & Ernst, 1989). Для культивування тополь дослідники використовували доволі широкий спектр поживних середовищ, різних за складом (Edvin & George, 1996). Так, Welander та співробітники відзначали, що найкращим середовищем для мультиплікації та отримання пагонів було середовище WPM (Welander, Jansson, & Lindqvist, 1989). Y. W. Chan описав успішну ініціацію культури на середовищі, що розроблене Gresshoff & Doy, але видовження і культивування пагонів проводили на середовищі MS (Chun, Hall, Stephens, 1986). Поживне середовище MS є одним із найчастіше вживаних середовищ, які використовують під час культивування ізольованих тканин і органів рослин. Середовище добре збалансоване за мінеральним складом, тому дослідники обирають його як оптимальне для розмноження *in vitro* багатьох представників роду *Populus*: *P. × euramericana* (Agrawal & Gupta, 1991), *P. × canescens* (Mashkina et al., 2010), *P. angustifolia*, *P. balsamifera P. deltoids* (Maheshwari & Kovalchuk, 2011, Yadav et al., 2009) та інших (Erst & Bakulin, 2012).

Існує багато зовнішніх і внутрішніх чинників, від яких залежить успішність мікроклонального розмноження деревних рослин. Найголовнішим із внутрішніх чинників вважають генотип маточного матеріалу. Так, наприклад, успішність вкорінення *Juglans regia* (Scaltsoyiannes et al., 1997) залежно від генотипу може змінюватися від 5 до 95%.

Морфогенетичний потенціал ізольованих тканин значною мірою залежить від тривалості культивування, у багатьох випадках під час перших декількох субкультивувань він зростає. Можливість тривалого культивування певною мірою зумовлена генотипом рослинного матеріалу і для кожного виду, сорту, форми – індивідуальна (Kushnir & Sarnatska, 2005).

Результати з індукції утворення адвентивних пагонів із різних експлантів *Populus* на середовищі MS або ½ MS з додаванням 6-бензиладеніну і НОК або ІМК наведено у роботі (Zeng You-Ling, Yi Li-Juan, & Zhang Fu-Chun, 2006). Wu Shuang-Xiu & Zu Yuan-Gang (2006) вивчали умови отримання органогенезу, каллосу і регенерації рослин із стебел і листків гібрида *P. × langfangensis*. Утворення па-

гонів проходило безпосередньо із судин листка або черешка на середовищі MS з додаванням 1-2 мг/л 6-бензиладеніну і 0,5 мг/л ІМК. Утворення каллосу здійснювали за участю 6-бензиладеніну у концентрації 0,3–0,5 мг/л і НОК або ІМК у концентрації 0,02 мг/л. Ризогенез відбувався на середовищі з додаванням 6-бензиладеніну у концентрації 1,0 мг/л і ІМК у концентрації 0,2–0,5 мг/л.

Вивчення впливу генотипу на успішність введення тополь в культуру *in vitro*, оцінювання впливу сольового складу середовища та концентрації гормонів на можливість ініціації стерильної культури, а також визначення коефіцієнтів мультиплікації та дослідження впливу типу базального середовища та концентрації гормонів на цей показник є актуальними питаннями для вирішення проблеми успішного введення різних генотипів тополь у культуру *in vitro*.

**Об'єкти та методика досліджень.** *Об'єкт дослідження* – різні генотипи видів і гібридів роду *Populus L.* у зв'язку з їхнім розмноженням у культурі *in vitro*. *Предмет дослідження* – морфогенез, пагоноутворення та мультиплікація різних генотипів тополі в культурі *in vitro*. *Мета досліджень* – визначити оптимальні склад сольового середовища та концентрації гормонів для успішної ініціації культури *in vitro* та мультиплікації різних генотипів тополь.

Вихідним матеріалом для досліджень у культурі *in vitro* були різні генотипи видів і гібридів роду *Populus*, які вирізнялись високою господарською цінністю у дослідно-виробничих і сортовипробувальних культурах, а саме клони тополь української селекції «Новоберлінська», «Дружба», «Гулівер», «Перспективна», «Львівська», «Західна», «Лубенська».

Живці з маточних рослин заготовляли до початку вегетаційного періоду, потім пророщували в лабораторних умовах у склянці з водою для отримання зелених незадерев'янілих пагонів з активними точками росту, які й використовували для введення в культуру *in vitro*. Для стерилізації маточного матеріалу використано дезінфекційні реактиви згідно з методикою, розробленою УкрНДІЛГА, що забезпечило 100% вихід неінфікованих експлантів. Обробляли матеріал побутовим мийним засобом «Domestos» (концентрований розчин натрій гіпохлориту та синтетичних детергентів), розведеним дистильованою водою у співвідношенні 1 : 3 впродовж п'яти хвилин. Для видалення залишків агресивної речовини матеріал тричі промивали стерильною дистильованою водою. Після цього експланти занурювали в етанол (70%) на 5 хвилин. Після завершення стерилізації матеріал обов'язково триразово промивали стерильною дистильованою водою. У ламінар-боксі висаджували експланти на поживне середовище.

Використано поживні середовища MS (Murashige and Skoog medium), WPM (Woody Plant Medium) та GD (Gresshoff & Doy), які готували із солевих концентратів голландської фірми Dushefa

Chemicals з додаванням агару тієї ж фірми за прописами з комерційного каталогу фірми Dushefa Chemicals (Duchefa biochemical, 2000-2001). До базового середовища додавали 6-бензиладенін (БАП), у концентраціях 0,1-0,3 мг/л.

Після садіння на поживне середовище ініціації експланти витримували 3-4 доби у темряві за температури 23°C, після чого переносили у світлову кімнату з такою ж температурою та освітленням близько 1500 люкс/м<sup>2</sup> і світловим режимом 16 годин – день / 8 годин – ніч. Кожні чотири тижні експланти пересажували з виснаженого середовища на нове.

Після досягання пагонами довжини 1,5-3 см та утворення сформованих листочків або численних адвентивних бруньок їх використовували для мультиплікації. Кожні чотири тижні пагони розрізали на сегменти з 1-2 міжвузлями та знову садили на відповідне середовище.

Методика досліджень базувалася на системному, комплексному підході, який забезпечує найдостовірніші висновки. Експериментальні матеріали досліджень статистично опрацьовано згідно з прийнятими рекомендаціями (Larach, Chubenco, & Babych, 2001, Dospekhov, 1979). Під час статистичного опрацювання застосовували методи варіаційної статистики і пакет програм Microsoft Excel.

**Результати досліджень.** З 2009 р. лабораторією селекції УкрНДІЛГА розпочато дослідження з мікронального розмноження господарсько цінних клонів тополь, а саме етапів ініціації стерильної культури та подальшої мультиплікації отриманого матеріалу. Відпрацьовано методики розмноження клонів тополь живцюванням та клонального мікророзмноження *in vitro*, які зумовлені генотипом рослинного матеріалу і для кожного виду, клону, форми є індивідуальними. За результатами досліджень встановлено, що генотип суттєво впливав на всі досліджувані характеристики. Найважливішим показником, що відображав передусім здатність до ініціації культури, виявилася морфогенезна активність, показники якої суттєво відрізнялись для окремих генотипів, та здатність формування пагонів для подальшої мультиплікації рослин.

Дослідження показали, що морфогенезна активність тополь була достатньо високою на всіх обраних типах середовищ за обох концентрацій гормонів та коливалась в межах 89–95%, показники не мали статистично значущих відмінностей (рис. 1).

Тому найбільшу увагу приділяли показникам пагоноутворення та мультиплікації. Водночас, варто зазначити, що візуально добре помітно суттєву відмінність між експлантами, що росли на різних типах середовищ (рис. 2).

Вплив середовища ініціації на успішність пагоноутворення був доволі суттєвим. Крім того, треба зазначити, що саме сольовий склад середовища мав вирішальне значення (рис. 3, табл. 1).

За допомогою двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що можливість пагоноутворення на 83,8% зумовлена сольовим складом середовища, на 0,3% – концентрацією гормонів, а

15,9% припадає на дію чинників, що не підлягали обліку, в тому числі на вплив генотипу.

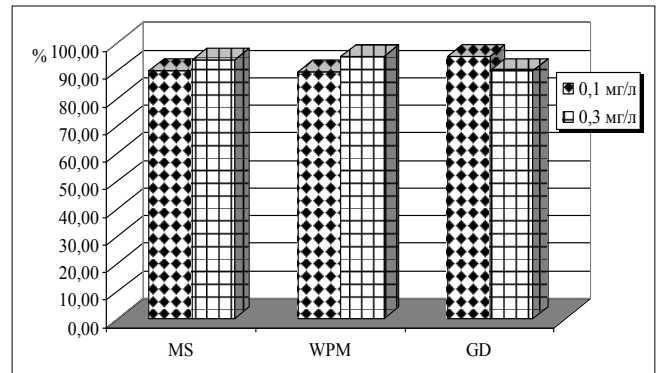


Рис. 1. Вплив середовища ініціації та концентрації гормонів на морфогенезну активність (у % від загальної кількості стерильних експлантів)

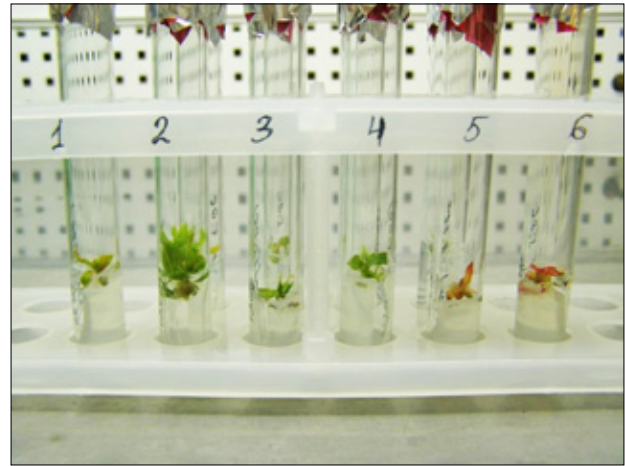


Рис. 2. Ріст і розвиток пагонів на різних типах середовищ (1 – MS + 0,1 мг/л БАП; 2 – MS + 0,3 мг/л БАП; 3 – WPM + 0,1 мг/л БАП; 4 – WPM + 0,3 мг/л БАП; 5 – GD + 0,1 мг/л БАП; 6 – GD + 0,3 мг/л БАП)

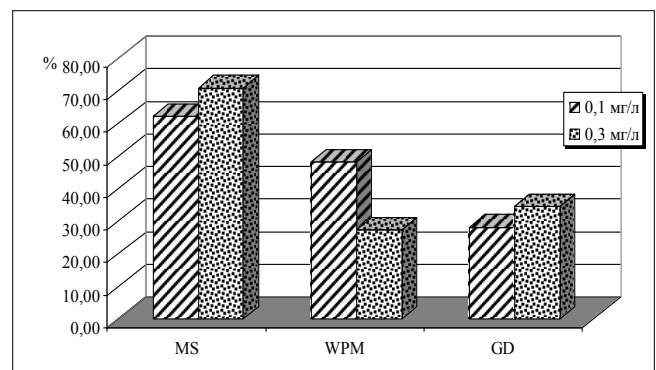


Рис. 3. Вплив середовища ініціації та концентрації гормонів на пагоноутворення (у % від експлантів, що проявляли морфогенезну активність)

Найкращим для ініціації стерильної культури, особливо для отримання пагонів, виявилось середовище MS з додаванням БАП у концентрації 0,3 мг/л, хоча ефективним є також використання БАП у менших концентраціях.



Таблиця 1

**Показники пагоноутворення на різних етапах середовищ (у % від загальної кількості морфогенезно активних експлантів)**

| Концентрація БАП | MS           | WPM          | GD           |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,1 мг/л         | 62,11 ± 4,85 | 47,92 ± 5,00 | 28,04 ± 4,49 |
| 0,3 мг/л         | 70,73 ± 4,55 | 27,28 ± 4,45 | 34,51 ± 4,75 |

Оскільки морфогенезна активність на всіх середовищах виявилася доволі високою і суттєво відрізнялися лише показники інтенсивності пагоноутворення, на етапі мультиплікації раціональним було використати ті ж середовища, що і на попередньому етапі. Мультиплікація матеріалу можлива, по-перше, за рахунок розрізання довгих пагонів на окремі міжвузля та їх подальшого культивування, та, по-друге, за рахунок утворення адвентивних бруньок, з яких згодом відбувається утворення одночасно декількох пагонів. Зазвичай, другий варіант дає змогу отримати набагато більший коефіцієнт мультиплікації. Тому для кожного варіанта середовища звертали увагу на інтенсивність пагоноутворення (кількість пагонів у % від загальної кількості експлантів з морфогенезною активністю), здатність до формування адвентивних бруньок, коефіцієнт мультиплікації (збільшення кількості експлантів, порівняно з попереднім пасажем). Облік усіх показників проводили для декількох послідовних пасажів та підраховували середнє значення для кожного з них.

Для отримання великої кількості повноцінних пагонів надзвичайно важливим є підбір середовища, тому в обчисленні показника мультиплікації варто приділяти увагу не лише загальній частці пагоноутворення, але й якості отриманих пагонів, тобто доцільно окремо розділити добре видовжені пагони та пагони з короткими міжвузлями.

Найбільшу частку пагоноутворення отримали на середовищі MS (61,7 та 72,3% з додаванням БАП у концентрації 0,1 мг/л та 0,3 мг/л відповідно). Але потрібно зазначити, що найбільшу кількість добре видовжених пагонів отримували на середовищі MS з додаванням БАП у концентрації 0,3 мг/л. На середовищі WPM показник пагоноутворення несуттєво відрізнявся від відповідного показника, отриманого на середовищі MS, але переважно формувалися короткі пагони, що не дає змоги отримати високий коефіцієнт мультиплікації. Найгіршим виявилось середовище GD (табл. 2).

Найнефективнішим для тополі є мультиплікація за рахунок адвентивних бруньок, тому що з одного експланту можна отримати декілька добре сформованих пагонів і завдяки цьому значно підвищити коефіцієнт мультиплікації (рис. 4). Сольовий склад середовища впливав на формування достатньої кількості пагонів, але найбільше цей показник залежав від концентрації гормонів (табл. 3).

За результатами двофакторного дисперсійного аналізу встановлено, що формування адвентивних бруньок на експланті на 69% зумовлено концентрацією гормонів, на 22% – сольовим складом середовища, а 9% припадає на дію чинників, що не підлягали обліку. Тому для формування адвентивних бруньок варто використовувати БАП у концентрації 0,3 мг/л та середовище MS, хоча доволі значна кількість адвентивних бруньок формувалась також і на середовищі GD (див. табл. 3).

Таблиця 2

**Вплив середовища мультиплікації на пагоноутворення (у % від загальної кількості морфогенезно активних експлантів)**

| Середовище         | Частка коротких пагонів | Частка довгих пагонів | Разом        |
|--------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|
| MS + 0,1 мг/л БАП  | 55,00 ± 4,54            | 6,67 ± 2,28           | 61,67 ± 4,44 |
| MS + 0,3 мг/л БАП  | 57,33 ± 2,82            | 14,98 ± 2,04          | 72,31 ± 2,55 |
| WPM + 0,1 мг/л БАП | 66,67 ± 5,34            | 2,56 ± 1,79           | 69,23 ± 5,23 |
| WPM + 0,3 мг/л БАП | 58,76 ± 5,00            | 1,03 ± 1,03           | 59,79 ± 4,98 |
| GD + 0,1 мг/л БАП  | 44,05 ± 5,42            | 0                     | 44,05 ± 5,42 |
| GD + 0,3 мг/л БАП  | 33,85 ± 4,15            | 0,77 ± 0,77           | 34,62 ± 4,17 |

Таблиця 3

**Вплив середовища та концентрації БАП на формування адвентивних бруньок (у % від загальної кількості морфогенезно активних експлантів)**

| Концентрація БАП | MS           | WPM          | GD           |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,1 мг/л         | 11,67 ± 2,93 | 3,85 ± 2,18  | 3,57 ± 2,02  |
| 0,3 мг/л         | 59,61 ± 2,80 | 22,68 ± 4,25 | 36,92 ± 4,23 |



Рис. 4. Формування адвентивних бруньок та подальший ріст пагонів

Для всіх варіантів середовищ підраховано коефіцієнт мультиплікації (рис. 5) і виявлено, що найвищим він був на середовищі MS з додаванням БАП у концентрації 0,3 мг/л.

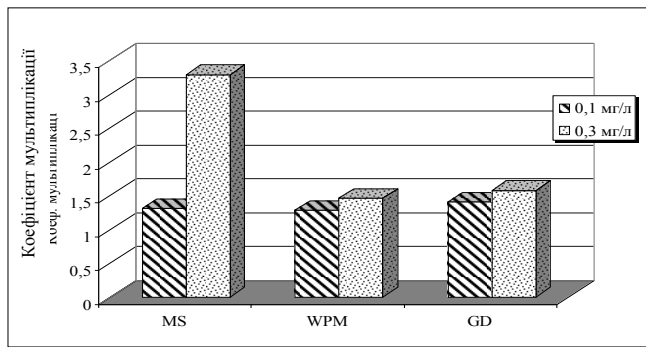


Рис. 5. Показники коефіцієнтів мультиплікації залежно від різних типів середовищ та концентрацій БАП

У межах кожного виду суттєвим є вплив окремих генотипів, у цьому випадку клонів, на здатність до мікроклонального розмноження. Досліджено сім перспективних клонів тополь: «Західна», «Перспективна», «Лубенська», «Львівська», «Гулівер», «Дружба», «Новоберлінська». Генотип суттєво впливав на всі досліджувані характеристики. Найважливішим показником, що відображав передусім здатність до ініціації культури, була морфогенезна активність, показники якої суттєво відрізнялись для окремих генотипів, та здатність формування пагонів для подальшої мультиплікації (табл. 4).

Після декількох пасажів клон адаптувався до культуральних умов, і морфогенезна активність для всіх генотипів становила 90% і більше, тому для подальшого вивчення мультиплікації має значення лише частка пагоноутворення та можливість формування адвентивних бруньок (табл. 5).

Таблиця 4

**Показники морфогенезної активності та пагоноутворення залежно від генотипу на стадії ініціації культури (%)**

| Клон             | Морфогенезна активність | Пагоноутворення |
|------------------|-------------------------|-----------------|
| «Західна»        | 47,50 ± 4,99            | 63,89 ± 4,80    |
| «Перспективна»   | 84,77 ± 3,59            | 37,76 ± 4,85    |
| «Лубенська»      | 87,46 ± 3,31            | 33,10 ± 4,71    |
| «Львівська»      | 59,11 ± 4,92            | 49,37 ± 5,0     |
| «Гулівер»        | 72,56 ± 4,46            | 31,67 ± 4,65    |
| «Дружба»         | 92,20 ± 2,68            | 64,48 ± 4,79    |
| «Новоберлінська» | 88,89 ± 3,14            | 55,52 ± 4,97    |

Таблиця 5

**Показники пагоноутворення залежно від генотипу на стадії мультиплікації (%)**

| Клон             | Пагоноутворення | Адвентивні бруньки |
|------------------|-----------------|--------------------|
| «Західна»        | 72,22 ± 7,47    | 44,44 ± 8,28       |
| «Перспективна»   | 36,62 ± 5,60    | 9,59 ± 3,45        |
| «Лубенська»      | 40,00 ± 5,03    | 6,32 ± 2,50        |
| «Львівська»      | 65,38 ± 4,67    | 7,69 ± 2,61        |
| «Гулівер»        | 62,09 ± 3,60    | 42,86 ± 3,67       |
| «Дружба»         | 81,97 ± 3,48    | 58,20 ± 4,47       |
| «Новоберлінська» | 58,33 ± 3,45    | 42,65 ± 3,46       |

Найкращими показниками пагоноутворення вирізнялися клони «Західна» та «Дружба», середні показники були у клонів «Львівська», «Гулівер» та «Новоберлінська», і найгірше пагони утворювали клони «Перспективна» та «Лубенська».

Деякі клони на досліджених середовищах незалежно формували адвентивні бруньки, але це не виключає можливості їх формування за інших культуральних умов. Найкращу здатність до формування адвентивних бруньок виявляли клони «Західна», «Гулівер», «Дружба» і «Новоберлінська».

Властивість клонів з різною частотою формувати пагони та адвентивні бруньки залежно від культуральних умов, суттєво впливає на коефіцієнт мультиплікації (табл. 6).

Майже для всіх клонів коефіцієнт мультиплікації був достатньо позитивним на середовищах MS та GD з додаванням БАП у концентрації 0,3 мг/л. В інших варіантах коефіцієнти мультиплікації для

окремих клонів іноді були меншими за одиницю, що свідчить про непридатність таких варіантів середовища для культивування відповідного клону. Найкращим і, загалом, універсальним для цього виду треба визнати середовище MS + БАП 0,3 мг/л, на якому коефіцієнт мультиплікації для окремих генотипів досягав 9,25. Варто також наголосити, що впродовж наступних пасажів цей показник буде підвищуватися, оскільки рослини поступово адаптуються до культуральних умов.

Необхідно звернути особливу увагу на те, що серед досліджених клонів можна виділити такі, що мали майже однаковий коефіцієнт мультиплікації на всіх зазначених середовищах (не враховуючи середовища MS, що виявилось найкращим для всіх клонів), наприклад «Західна» та «Новоберлінська», тоді як деякі клони, наприклад «Дружба», могли стабільно розвиватися лише на окремих типах середовищ.

Таблиця 6

Значення коефіцієнтів мультиплікації для різних клонів за різних культуральних умов

| Клон             | MS       |          | WPM      |          | GD       |          |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                  | 0,1 мг/л | 0,3 мг/л | 0,1 мг/л | 0,3 мг/л | 0,1 мг/л | 0,3 мг/л |
| «Західна»        | 1,67     | 3,88     | 1,75     | 2,83     | 2,33     | 2,00     |
| «Перспективна»   | 1,20     | 1,44     | 0,83     | 1,00     | 1,25     | 1,87     |
| «Лубенська»      | 1,03     | 1,69     | 1,38     | 0,92     | 0,91     | 1,34     |
| «Львівська»      | 1,30     | 1,53     | 1,24     | 0,70     | 1,00     | 1,25     |
| «Гулівер»        | 1,73     | 1,83     | 1,00     | 1,46     | 1,25     | 1,55     |
| «Дружба»         | 0,75     | 9,25     | 1,18     | 1,83     | 1,55     | 1,35     |
| «Новоберлінська» | 1,51     | 3,43     | 1,58     | 1,51     | 1,56     | 1,68     |

**Висновки.** Застосування методів культури ізольованих органів *in vitro* є перспективним напрямом для масового відтворення і збереження цінного генотипу деревних рослин, зокрема клонів тополь української селекції. Найважливішим аспектом успішності ініціації стерильної культури тополь є вибір материнської рослини й склад базового середовища, що включає оптимальну кількість гормонів.

Найвищу морфогенезну активність відзначено у клонів тополь: «Перспективна», «Лубенська», «Дружба» та «Новоберлінська», дещо гірше – «Гулівер», найскладнішими для введення в культуру виявилися клони «Західна» та «Львівська».

Проліферація пагонів найінтенсивніше відбувалася у клонів тополь «Дружба» та «Західна», дещо гірше – у клонів «Львівська» та «Новоберлінська». В інших клонів інтенсивність пагоноутворення була низькою, незважаючи на досить високу морфогенезну активність.

Найкращу здатність до формування адвентивних бруньок виявили клони «Західна», «Гулівер», «Дружба» і «Новоберлінська».

Універсальним для мікророзмноження тополь української селекції є середовище MS із додаванням 6-бензиладеніну у концентрації 0,3 мг/л.

### Бібліографічні посилання

- Agrawal, V., & Gupta, S.C. (1991). *In vitro* plantlet development from explants of 25-year-old tress of *P. × euramericana* – a hybrid poplar. *Plant Science*, 78 (1), 99-105. [https://doi.org/10.1016/0168-9452\(91\)90166-6](https://doi.org/10.1016/0168-9452(91)90166-6)
- Chun, Y.W., Hall, R.B., & Stephens, L.C. (1986). Influence of medium consistency and shoot density on *in vitro* shoot proliferation of *Populus alba* x *P. grandidentata*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 5, 179-185. <https://doi.org/10.1007/BF00040128>
- Coleman G.D., & Ernst S.G. (1989). *In vitro* shoot regeneration of *Populus deltoides*: effect of cytokinin and genotype. *Plant Cell Reports*, 8 (8), 459-462. <https://doi.org/10.1007/BF00269048>
- Dospikhov, B.A. (1979). *Field experiment techniques (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Kolos (in Russian).
- Duchefa biochemical* (2000-2001). Catalogue.
- Edvin, F., & George, P.D. (1993/1996) *Plant propagation by tissue culture*. Part 2 In practice. 2-nd edition. Exgenetics Limited.
- Erst, A.A., & Bakulin, V.T. (2012). Clonal micropropagation of siberian silver poplar. *Turczaninowia*, 15 (1), 58-62 (in Russian).

- Fuchylo, Ya., Maurer, V., Sbytna, M., Odarchenko, I., & Fuchylo, D. (2016). Features of woody biomass and planting-stock of poplar in «stump» type of plantation management. *Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 134-140 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/411618>
- Kushnir, G.P., & Sarnatska, V.V. (2005). *Micro-propagation of plants*. Kyiv: Scientific thought (in Ukrainian)
- Lapach, S. N., Chubenco, A. V., & Babych, P. N. (2001). *Statistical methods in biomedical research using Excel (2nd ed.)*. Kyiv: Morion (in Russian).
- Maheshwari, P., & Kovalchuk, I. (2011). Efficient shoot regeneration from intermodal explants of *Populus angustifolia*, *Populus balsamifera* and *Populus deltoids*. *New Biotech*, 28 (6), 778-787.
- Mashkina, O. S., Sivolapov, A. I., & Tabatskaya, T. M. (2010). Cytogenetic certification of gray poplar's clones of propagated *in vitro*. Materials of the All-Russian *scientific-practical* a conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Mikhail Mikhailovich Veresin: *Genetics, selection, seed production and reproduction of tree species*, 23-37. Voronezh, Russia: Fed Education Agency, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Voronezh State Forestry Engineering Academy» (in Russian).
- Scaltsoyiannes, A., Tsoulpha, P., Panetsos, K. P., & Moulalis, D. (1997). Effect of Genotype on Micropropagation of Walnut Trees (*Juglans regia*). *Silvae Genetica*, 46, 326-332.
- Thompson D. G., & Gordon J. C. (1977). Propagation of poplar by shoot apex culture and nutrient film technique. *Tappi Conference Papers: Forest Biology & Wood Chemistry*, 77-82.
- Vysotska, N. Yu. (2017). Current state and prospects of the poplar genetic resources conservation in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 15, 38-44 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/411705>
- Welander, M., Jansson, E., & Lindqvist, H. (1989). In vitro propagation of *Populus x wilsocarpa* – a hybrid of ornamental value. *Plant Cell Tissue Organ Culture*, 18, 209-219.
- Wu Shuang-Xiu, & Zu Yuan-Gang (2006). In vitro regeneration of *Populus langfangensis* 3 for transformation and micropropagation. *Bulletin of Botanical Research*, 26 (2), 201-205. <https://doi.org/10.1080/07929978.2015.1076982>
- Yadav, R., Aror, P., Kumar, D., Katyal, D., Dilbaghi, N., & Chaudhury, A. (2009). High frequency direct plant regeneration from leaf, internode and root segments of Eastern Cottonwood (*Populus deltoides*). *Plant Biotechnology Reports*, 3, 175-182. <https://doi.org/10.1007/s11816-009-0088-5>
- Zeng You-Ling, & Yi Li-Juan, Zhang Fu-Chun (2006). Analysis of proliferation of adventitious shoot and regeneration poplar plants. *Bulletin of Botanical Research*, 26 (3), 329-332.

## Особенности микрклонального размножения ценных генотипов рода *Populus L. in vitro*

Н. Ю. Высоцкая<sup>1</sup> И. В. Золотых<sup>2</sup>

Исследованы особенности морфогенеза, процесса побегообразования и мультипликации разных генотипов тополя в культуре *in vitro*, которые отличались высокой хозяйственной ценностью в опытно-производственных и сортоиспытательных культурах. Определен оптимальный состав солевой среды и концентрации гормонов для успешной инициации культуры *in vitro*, побегообразования и мультипликации. Разработаны протоколы введения в культуру *in vitro* семи перспективных клонов украинской селекции тополей: «Западная», «Перспективная», «Лубенская», «Львовская», «Гулливер», «Дружба», «Новоберлинская».

Черенки из маточных растений заготавливали до начала вегетационного периода, затем проращивали в лабораторных условиях для получения зеленых не одревесневших побегов с активными точками роста, которые использовали для введения в культуру *in vitro*. Для стерилизации маточного материала использованы дезинфекционные реактивы согласно методике, разработанной УкрНИИЛХА, что обеспечило 100%-ный выход неинфицированных эксплантов. Обработку материала проводили бытовым моющим средством «Domestos» (концентрированный раствор натрия гипохлорита и синтетических моющих средств), разведенным дистиллированной водой в соотношении 1 : 3 в течение пяти минут. Для удаления остатков агрессивного вещества материал трижды промывали стерильной дистиллированной водой. После этого экспланты погружали в этанол (70%) на 5 минут. По окончании стерилизации материал трехкратно промывали стерильной дистиллированной водой. В ламинарном боксе высаживали экспланты на питательную среду.

Использованы питательные среды MS (Murashige and Skoog medium), WPM (Woody Plant Medium) и GD (Gresshoff & Doy), которые готовили из солевых концентратов с добавлением агара по прописям из коммерческого каталога фирмы Dushafa Chemicals. К базовой среде добавляли 6-бензиладенин, в концентрациях 0,1-0,3 мг/л.

<sup>1</sup> Высоцкая Наталья Юрьевна – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, первый заместитель директора по научным вопросам Украинского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина. Тел.: +0577078059. E-mail: vysotska\_n@ukr.net, vysotska@uriffm.org.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> Золотых Ирина Витальевна – научный сотрудник лаборатории селекции Украинского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина. Тел.: +0577078049. E-mail: zolot\_irina@yandex.ru

Установлено, что морфогенезная активность всех исследованных клонов тополей после нескольких пассажей была достаточно высокой на всех избранных типах сред независимо от концентрации 6-бензиладенина. В то же время, влияние среды инициации на успешность побегообразования было довольно существенным. Двухфакторным дисперсионным анализом установлено, что возможность побегообразования на 83,8% обусловлена солевым составом среды, на 0,3% – концентрацией гормонов, а 15,9% приходится на действие факторов, которые не подлежали учету, в том числе на влияние генотипа. Наибольший процент побегообразования получили на среде MS (61,7% и 72,3% с добавлением 6-бензиладенина в концентрации 0,1 мг/л и 0,3 мг/л соответственно). Установлено, что формирование адвентивных почек на експлантах на 69% обусловлено концентрацией гормонов, на 22% – солевым составом среды, а 9% приходится на действие других факторов. Подтверждено значительное влияние генотипа на все исследуемые характеристики. Самой высокой морфогенетической активностью отличались клоны тополей «Перспективная», «Лубенская», «Дружба» и «Новоберлинская». Пролиферация побегов интенсивно происходила у клонов «Дружба» и «Западная». Лучшую способность к формированию адвентивных почек проявляли клоны «Западная», «Гулливер», «Дружба» и «Новоберлинская».

Универсальной для микроразмножения тополей украинской селекции является среда MS с добавлением 6-бензиладенина в концентрации 0,3 мг/л.

**Ключевые слова:** тополь; генотип; микроразмножение; питательная среда; 6-бензиладенин; морфогенез; побегообразование; адвентивные почки; мультипликация.

### Particularities of micropropagation of valuable genotypes of the genus *Populus L. in vitro*

N. Vysotska<sup>1</sup>, I. Zolotykh<sup>2</sup>

The peculiarities of morphogenesis, the process of shoot proliferation multiplication of different genotypes of poplar in culture in vitro, which were distinguished by high economic value in experimental plots, forest plantation and variety test plots, were studied. The

<sup>1</sup> *Natalia Vysotska* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Deputy Director for Science of the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, Pushkinska Str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Phone: +0577078059. E-mail: vysotska\_n@ukr.net, vysotska@uriffm.org.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> *Irina Zolotykh* – research officer of the Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, Pushkinska Str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Phone: +0577078049. E-mail: zolot\_irina@yandex.ru

optimal composition of the culture medium and the concentration of hormones for the initiation of the in vitro culture, shoot proliferation and multiplication was determined. An accurate protocols for the in vitro propagation of the 7 clones Ukrainian breeding of poplars: «Zahidna», «Perspectivna», «Lubens'ka», «L`vivs'ka», «Gulliver», «Druzhiba», «Novoberlins'ka» have been developed. The cuttings from the plants were harvested before the beginning of the growing season. Annual shoots were germinated under laboratory conditions to produce green non-lignified shoots with active growth points, which were used for in vitro culture. Origin of plant material was sterilized with used the method developed by the URIFFM.

Surface sterilization: plant material was immersed in household detergent «Domestos» (a concentrated solution of sodium hypochlorite and synthetic detergents) diluted with distilled water on a 3 : 1 ratio for 5 minutes.

Plant material was washed three times with sterile distilled water to remove residual corrosive substances.

After this, the explants were immersed in ethanol (70%) for 5 minutes. At the end of sterilization, the material was washed three times with sterile distilled water. Explants were planted on a culture medium under conditions of the laminar box.

In our experiments MS (Murashige and Skoog medium), WPM (Woody Plant Medium) and GD (Gresshoff & Doy) medium supplemented with 0.1-0.3 mg/l 6-benzyladenine (BAP) were used.

Morphogenetic activity of all studied poplars clones after several passages was high in all selected cultural medium and all concentration of 6-benzyladenine. At the same time, the influence of the cultural medium on the success of shoot proliferation was significant.

The possibility of shoot proliferation was due to the salt composition of the culture medium (83.8%), by the concentration of hormones (0.3%), and 15,9% was due to the action of factors that were not counted, including the influence of the genotype. Shoot proliferation was slightly better on the MS medium (61.7% and 72.3% with the addition of 6-benzyladenine at a concentration of 0.1 mg/l and 0.3 mg/l, respectively). It was established that the formation of adventitious buds by explants was due to the concentration of hormones (69%), by the salt composition of the medium (22%), and by the action of other factors (9%).

It was also observed that the genotype has been significant effect on all the characteristics that were studied. The most promising morphogenetic activities were clones of poplars «Perspectivna», «Lubenska», «Druzhiba», and «Novoberlins'ka». The proliferation of shoots occurred intensively in the clones of «Druzhiba» and «Zahidna». Clones of «Zahidna», «Gulliver», «Druzhiba» and «Novoberlins'ka» showed the best ability to form adventitious buds. Bud initiation and shoot proliferation were found to be best on Murashige and Skoog's (MS) medium supplemented with 6-benzyladenine at a concentration of 0,3 mg/l (BAP).

**Key words:** poplar; genotype; micropropagation; cultral medium; 6-benzyladenine; morphogenesis; shoot proliferation; adventitious buds; multiplication.





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//411907>  
Article received 2018.09.24  
Article accepted 2019.03.28

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

УДК 630.165.6

## Особливості розвитку крон дуба звичайного (*Quercus robur* L.) на клонових насінних плантаціях у Харківській області

С. А. Лось<sup>1</sup>, О. М. Годований<sup>2</sup>

*Представлено результати досліджень розвитку крон клонів плюсових дерев дуба звичайного (*Quercus robur* L.) на трьох клонових насінних плантаціях (КНП) в Харківській області віком 35 і 40 років з розміщенням садивних місць 5 × 5 м та 10 × 5 м. На КНП представлені клони плюсових дерев з Харківської і Сумської областей.*

*Проаналізовано результати досліджень, проведених на КНП у 1999 і 2018 рр. У процесі вивчення розвитку крон на КНП дуба звичайного у не менш, ніж у трьох рамет кожного клону, визначали висоту дерева, діаметр проекції крони та розраховували об'єм продуктивної (з погляду репродукції) частини крони. За показниками розмірів крони визначали оптимальну кількість дерев на КНП.*

*Відзначено низьку та середню індивідуальну мінливість між клонами за висотою крони, середню – за діаметром проекції крони, висоту і підвищену – за об'ємом репродуктивної частини крони. Визначено клони, які суттєво перевищують середні показники по КНП за висотою і діаметром проекції крони, тобто мають найкраще розвинені крони.*

*Зафіксовано переваги за висотою дерев на КНП 35-річного віку за розміщення 5 × 5 м, тоді як найбільші показники діаметра крони та об'єму продуктивного шару крони відзначено на 40-річній КНП з розміщенням щеп 10 × 5 м. Виявлено, що до змикання крон у міжряддях спостерігається інтенсивніший розвиток крони у ширину, а після змикання – у висоту.*

*Для покращення умов освітлення та живлення дерев і збереження наявного продуктивного шару крони доцільно з 15-20 років здійснювати селективне зрідження. Оптимальна кількість дерев має розраховуватися на основі показника середнього діаметру проекції крони. Тривала експлуатація КНП дуба звичайного є доцільною за умови здійснення своєчасних зріджувань і збереження максимальних розмірів продуктивної частини крони.*

**Ключові слова:** клон; висота; діаметр проекції крони; продуктивна частина крони.

**Вступ.** Важливим чинником насінної продуктивності клонової насінної плантації (КНП), окрім репродуктивної спроможності клонів, є ступінь розвитку крон щеплених дерев. За однакової інтенсивності плодоношення кількість отриманих плодів і насіння з дерев, що відрізняються більшими розмірами крон, буде більшою. Тому під час відбору і встановлення селекційної цінності плюсових дерев

важливими є показники розмірів крон їхніх клонів. Крім того, інформація щодо розмірів крон клонів у певному віці дає можливість надати практичні рекомендації щодо ефективної відстані між деревами на плантації.

В Україні у минулому більше уваги приділено дослідженням форми крони клонів сосни звичайної на КНП (Mazhula, 2005). Фінськими

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

<sup>2</sup> Годований Олексій Миколайович – провідний інженер-аналітик відокремленого підрозділу «Харківська лісонасіннева лабораторія» Державна організація «Український лісовий селекційний центр», проспект Московський, 202 м. Харків, 61082, Україна. +38-097-449-36-68, E-mail: godovanyu.a@gmail.com

вченими (Ruotsalainen & Antola, 2017) розроблена комп'ютерна програма, яка порівнює кожен щепу із сусідніми і дає можливість оцінити кожен клон за фенотипом (розміром, станом), а також допомагає у виборі варіанту зрідження. Після першого зрідження КНП I-го покоління (400 шт./га) залишають близько 150-170 шт./га, після другого – 90 шт./га. Густота КНП 1,5-го покоління, зазвичай, становить близько 250 шт./га, а після першого зрідження – 135 шт./га.

Корейські науковці, розглядаючи особливості репродукції клонів на КНП *Quercus acutissima* Carruth (Kima, Kanga & Parka, 2016), виявили мінливість клонів як за об'ємом крони, так і за урожайністю, підкресливши важливість доброго освітлення крон для формування репродуктивних органів. Для характеристики параметрів дерев на КНП ними використано декілька показників і методик, зокрема, для визначення об'єму крони запропоновано алгоритм розрахунку об'єму біконуса. У нашій попередній роботі (Los, Godovaniy & Gubin, 2017) розглянуті особливості розвитку крон та репродукції дуба звичайного на насінних плантаціях ДП «Гутянське ЛГ» Харківської обл. та оцінено клони і родини, представлені на них, за станом, репродукцією та ступенем розвитку крон. Розміри крон та прогнозування їхнього розвитку важливе також для проектування насаджень в озелененні (Martin, Chappelka & Somers, 2012).

На жаль, кількість наукових публікацій, які б висвітлювали зазначені проблеми, обмежена. Залишаються актуальними питання міжклонової мінливості за розмірами крони, та визначення ступеню впливу густоти розташування дерев на цей показник.

Варто зазначити, що питанням розвитку крон приділяють значну увагу у плодовництві (Kondratenko, 2012, Chaploutskyi & Melnyk, 2016,

Balabak & Balabak, 2016). Адже архітектоніка крон дерев впливає на різні аспекти розвитку рослин, включаючи акумулювання сонячної енергії, індукцію квіткових бруньок, урожайність і якість плодів (Lauri, Terouanne & Kelner, 1995). Незважаючи на те, що архітектура дерев є генетично керованою, на неї можуть впливати місце посадки, температура, світло, вітер, ґрунт (Shi, 2015). Крім того, існує думка, що на певному етапі продуктивного життя плодового дерева починає проявлятися негативна кореляція між зростанням врожайності дерева і збільшенням розміру його крони. Так, дослідженнями Кейна (Theoretical, 1979) встановлено, що зі збільшенням діаметра крони плодового дерева від 2,5 до 10 м продуктивність на одиницю площі крони зменшується більш ніж на 150 г на кожні 0,09 м<sup>2</sup> приросту площі крони. Це призводить до того, що дерево з діаметром крони 10 м формує врожай плодів на одиницю площі, займаної кроною, наполовину менший, ніж дерево того ж сорту, яке має діаметр крони 2,5 м. Тому, одним із завдань нашого дослідження є перевірка гіпотези про наявність такої ж закономірності у дуба звичайного.

**Об'єкти та методика досліджень.** Об'єкт дослідження – клонове насінництво дуба звичайного. Предмет дослідження – динаміка розвитку крон клонів дуба звичайного на КНП. Мета досліджень полягала в аналізі розвитку крон клонів дуба звичайного на КНП з різним розміщенням садивних місць.

Дослідження проводили на трьох КНП у Харківській обл., створених садінням щеплених саджанців із закритою кореневою системою в умовах свіжого ґрунту (табл. 1). Варто зазначити, що за такого способу створення КНП крони щеп клонів починаються майже від рівня ґрунту.

Таблиця 1

**Характеристика обстежених КНП**

| Місцезнаходження   | Рік створення | Розміщення садивних місць | Кількість представлених клонів, шт. | Вік обстеження, років |
|--|---------------|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| ДП «Харківська ЛНДС», Південне лісництво, кв. 129          | 1979          | 10 × 5 м                  | 54                                  | 20 / 40               |
| ДП «Харківська ЛНДС», Південне лісництво, кв. 129          | 1985          | 5 × 5 м                   | 36                                  | 15 / 35               |
| ДП «Чугуєво-Бабчанський лісгосп», Кочетоцьке л-во, кв. 297 | 1985          | 10 × 5 м                  | 20                                  | 15 / 35               |

На КНП представлені клони плюсових дерев із Харківської і Сумської областей. Шифри клонів у табл. 2-4 складаються з перших літер назв лісгоспів або лісництв, де вони були відібрані (Д – Данилівський лісгосп, К – Кочетоцьке л-во, Л – Люботинське л-во, М – Мерчанське л-во, П – Печенізьке л-во, Су – Сумський лісгосп, Тє – Тетлецьке л-во, Та – Таранівське л-во, Тр – Тростянецький лісгосп, Ш – Шарівське л-во) та номеру дерева по господарству.

Проаналізовано результати обстеження, проведеного восени 2018 р., коли плантації мали вік 40 та 35 років. Для розрахунків використано також ре-

зультати обмірів 1999 р., коли плантації мали вік 20 і 15 років, відповідно. Прирости за висотою і діаметром крони визначали за два періоди. Перший період – від часу створення до обстеження у 1999 р. та від 1999 до 2018 року.

Під час вивчення розвитку крон на КНП дуба звичайного у не менш ніж трьох рамет кожного клону визначали висоту дерева за допомогою висотоміра, діаметр проекції крони – за допомогою мірної стрічки у двох напрямках (у ряду і міжрядді).

За основу визначення об'єму крони щеп взято формулу розрахунків об'єму еліпсоїда:

$$V = 4/3 \times \pi \times l \times r^2,$$

де  $l$  – 1/2 висоти крони дерева,  $r$  – радіус проекції крони дерева (рис. 1).

У плодівництві використовують такий показник, як «продуктивна частина крони» (Kolesnikov, 1979) або «продуктивна частини листового намету» (Kudryavets, 2010). Враховуючи те, що жолуді дуба звичайного формуються на кінцях гілок, розташованих у метровому периферичному шарі крони, нами запропоновано розрахунок продуктивної частини крони за наступною формулою:

$$V = k \times (4/3 \times \pi \times l \times r^2 - (4/3 \times \pi \times (l-2) \times (r-1)^2)),$$

де  $k$  – корегуючий коефіцієнт, який залежить від нижнього рівня розташування гілок крони.

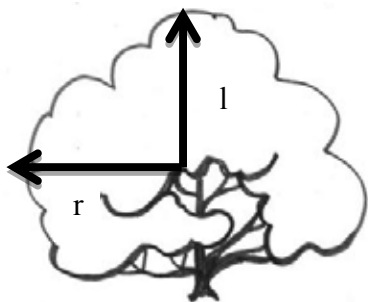


Рис. 1. Схема визначення об'єму крони щеп клонів дуба звичайного

Запропоновано розраховувати оптимальну кількість дерев на КНП за формулою:

$$N = 10000 / ((d+1) \times (d+1)),$$

де  $d$  – середній діаметр проекції крони щеп на КНП (м). До показника діаметра додано 1 м, як мінімальну відстань вільного простору для забезпечення освітленості крон.

Отримані дані опрацьовували методами варіаційної статистики з використанням пакету програм MS EXCEL. Статистичну значущість різниць між показниками крони визначали за  $t$ -критерієм Стьюдента. Рівень мінливості характеристик крони оцінювали за шкалою Мамасєв (1972).

**Результати досліджень.** За результатами обстеження у 2018 р. збереженість щеп на КНП становила в середньому 31 %, а їхній стан, в основному, був добрим і задовільним.

Середні показники висот дерев та діаметрів крон клонів на КНП 1979 р. створення у 40-річному віці подано у табл. 2.

Обстеження 31-го клону показало, що середня висота щеп коливалася у межах від 9,1 (К-36) до 15,0 м (П-8) і становила в середньому 13,3 м. Відзначено низьку мінливість між клонами за цим показником ( $V = 11,5\%$ ). Порівняння з середнім значенням по КНП за критерієм Стьюдента виявило суттєву перевагу чотирьох клонів (М-4, П-8, П-18, П-20, Су-27). Суттєво меншою висотою у порівнянні з середнім показником характеризувалися три клони (К-36, Те-5 і Ш-8).

Середній діаметр крони клонів коливався у межах від 6,3 (Тр-2) до 12,3 м (П-8) і становив у серед-

ньому 12,1 м. Рівень мінливості між клонами за цим показником середній ( $V = 16,5\%$ ). Суттєво більший від середнього значення діаметр крони мали лише два клони (П-8 і П-24), а суттєво менший – чотири (Д-5, П-14, Тр-2 і Ш-8). При цьому клон П-8 мав перевагу за обома показниками, а клон Ш-8, відповідно, відставав. Різниця між діаметрами проекцій крон, відповідно, у міжряддях і рядах становила в середньому 2,1 м.

Нижні гілки крон на КНП знаходяться на висоті 2-3 м над рівнем ґрунту, що складає близько 20 % висоти дерева, тому для розрахунку об'єму продуктивної частини крони клонів було взято корегуючий коефіцієнт 0,8. За наведеними даними в табл. 2, об'єм продуктивної частини крони суттєво варіює між клонами – від 130,3 (Тр-2) до 373,4 (П-8) м<sup>3</sup>. Рівень мінливості цього показника за шкалою Мамасєв – підвищений ( $V = 29,2\%$ ). Переважна більшість клонів характеризується об'ємом продуктивної частини крони більше 200 м<sup>3</sup>, а клони М-4, П-8, П-18, П-20, П-24, Су-27 і Та-7 – більше 300 м<sup>3</sup>.

Порівнюючи показники розмірів крон у 20 і 40 років (рис. 2), можемо відмітити, що висоти дерев збільшилися вдвічі, проте середні річні прирости за висотою протягом останніх 20 років збільшилися незначно і майже не змінювалися протягом 40 років. З іншого боку, діаметри крони збільшилися лише на 35 %, а середні показники річних приростів за діаметром крони за останні 20 років зменшилися більш ніж удвічі.

Отже, впродовж перших 20-ти років на КНП відбувалося більш інтенсивне збільшення крон щеп у ширину, ніж у висоту, а в наступні 20 років – навпаки, крона збільшувалася головним чином у висоту. Причина полягає в тому, що крони в 20 років вже зімкнулися в рядах і майже зімкнулися в міжряддях. Тепер гілки крон сусідніх дерев перекривають одна одну не лише в рядах, але й у міжряддях. За нашими розрахунками, середній річний приріст діаметра проекції крони клонів на КНП становив 0,25 м. Можна передбачити, що у наступні роки почнеться всихання нижніх гілок і зменшення об'єму продуктивного шару крони. Для покращення умов освітлення, живлення дерев і збереження продуктивного шару крони на КНП доцільно провести селективне зрідження з видаленням частини дерев у рядах з тим, щоб залишилося не більше 60 щеп на 1 га.

На КНП 1985 р. створення у Південному лісництві ДП «Харківська ЛНДС» за даними обстежень 1999 і 2018 рр. (табл. 3) у 20 років щепи мали широкі крони, краще розвинені за діаметром, ніж за висотою, а в 35-річному віці форма крон стала більш видовженою. Так, у 35 років середня висота щеп становила від 9,2 (Те-5) до 16,4 (Ш-6) м, в середньому – 13,8 м. Відмічено низьку мінливість між клонами за цим показником ( $V = 12,8\%$ ). Суттєво більшими висотами за їхнє середнє значення на КНП характеризувалися чотири клони (Д-3, П-8, Та-3 і Ш-6), суттєво меншими – три клони (К-32, Те-4 і Ш-2). Середній діаметр крони коливався між клонами у межах від 4,4 (Те-4) до 10,1

(К-36) м і становив в середньому 7,8 м. Рівень мінливості між клонами за цим показником – середній ( $V = 17,8\%$ ). Суттєво переважали середнє значення діаметра крони шість клонів (Д-2, Д-3, К-36, П-8, Ш-6 і Ш-7) та істотно відставали два клони

(Ш-8 і Те-4). За обома показниками достовірно перевищували контроль лише клони Д-3 і П-8 (див. табл. 3). Варто зазначити, що величини діаметрів проєкцій крон в рядах і міжряддях на цій плантації не відрізнялися.

Таблиця 2

**Середні показники стану і розмірів крон 40-річних щеп клонів дуба звичайного на КНП 1979 р. створення у ДП «Харківська ЛНДС»**

| Шифр клону | Висота дерева, м |     |       | Діаметр крони, м |     |       | Об'єм продуктивної частини крони, м <sup>3</sup> |
|------------|------------------|-----|-------|------------------|-----|-------|--|
|            | М                | m   | t     | М                | m   | t     |  |
| Д-3        | 13,0             | 0,7 | 0,3   | 9,4              | 0,9 | -0,3  | 230,1  |
| Д-5        | 13,2             | 0,2 | 0,7   | 7,7              | 0,6 | -2,1* | 176,7  |
| К-26       | 12,3             | 0,6 | -0,4  | 9,4              | 0,9 | -0,3  | 220,0  |
| К-31       | 11,5             | 0,7 | -1,2  | 10,0             | 0,3 | 0,2   | 226,0  |
| К-33       | 11,5             | 0,7 | -1,2  | 9,9              | 0,8 | 0,1   | 225,1  |
| К-35       | 12,3             | 0,2 | -0,5  | 10,5             | 0,9 | 0,6   | 256,8  |
| К-36       | 9,1              | 1,0 | -3,0* | 8,4              | 1,6 | -0,8  | 146,3  |
| К-38       | 10,8             | 1,3 | -1,3  | 9,1              | 0,4 | -0,8  | 188,8  |
| Л-3        | 13,4             | 0,8 | 0,7   | 10,2             | 1,1 | 0,3   | 261,9  |
| Л-5        | 12,4             | 0,9 | -0,3  | 10,4             | 0,9 | 0,5   | 253,1  |
| Л-7        | 14,1             | 1,2 | 1,0   | 10,3             | 1,4 | 0,3   | 278,3  |
| Л-8        | 11,6             | 0,5 | -1,2  | 8,8              | 0,9 | -0,9  | 189,1  |
| М-4        | 14,7             | 0,2 | 2,7*  | 12,0             | 1,0 | 1,7   | 352,7  |
| П-8        | 15,0             | 0,8 | 2,1*  | 12,3             | 0,1 | 3,1*  | 373,4  |
| П-14       | 12,1             | 0,7 | -0,6  | 7,7              | 0,6 | -2,1* | 163,0  |
| П-18       | 14,7             | 0,2 | 2,8*  | 11,5             | 0,5 | 1,8   | 335,9  |
| П-20       | 14,5             | 0,5 | 2,2*  | 11,3             | 1,1 | 1,1   | 323,2  |
| П-21       | 12,9             | 0,8 | 0,2   | 9,4              | 0,5 | -0,4  | 228,4  |
| П-23       | 12,6             | 0,6 | -0,1  | 9,4              | 0,6 | -0,4  | 222,7  |
| П-24       | 12,9             | 0,7 | 0,2   | 13,3             | 1,2 | 2,5*  | 372,8  |
| Су-27      | 15,3             | 0,9 | 2,3*  | 11,0             | 0,9 | 1,0   | 324,8  |
| Та-7       | 13,9             | 0,5 | 1,4   | 11,9             | 1,3 | 1,4   | 336,9  |
| Та-13      | 11,9             | 0,9 | -0,7  | 10,8             | 1,8 | 0,5   | 260,3  |
| Та-18      | 13,2             | 0,5 | 0,5   | 10,2             | 1,0 | 0,3   | 260,1  |
| Те-5       | 9,9              | 0,9 | -2,5* | 8,1              | 0,7 | -1,6  | 147,6  |
| Тр-2       | 12,8             | 0,4 | 0,1   | 6,3              | 1,0 | -2,6* | 130,3  |
| Тр-15      | 12,9             | 0,6 | 0,2   | 6,9              | 0,9 | -2,5* | 145,9  |
| Ш-2        | 14,2             | 0,4 | 1,8   | 10,1             | 0,9 | 0,2   | 270,3  |
| Ш-3        | 12,7             | 0,8 | 0,0   | 9,3              | 0,4 | -0,5  | 222,6  |
| Ш-4        | 12,3             | 0,6 | -0,4  | 9,3              | 0,4 | -0,6  | 215,7  |
| Ш-8        | 10,6             | 0,6 | -2,3* | 7,8              | 0,6 | -2,0* | 149,0  |
| Середнє    | 12,7             |     |       | 9,8              |     |       | 241,6  |
| V, %       | 11,5             |     |       | 16,5             |     |       | 29,2   |

\* Різниця суттєва на 95% рівні значущості

Гілки крони щеп на осліджуваній КНП підняті досить високо і починаються приблизно на середині висоти дерев, тому під час розрахунку об'єму продуктивної частини крони було застосовано коригуючий коефіцієнт 0,5. Показник об'єму продуктивної частини крони різних клонів тут коливався від 35,9 (Те-4) до 168,8 (Д-3) м<sup>3</sup> і в середньому ста-

новив 118,0 м<sup>3</sup>. Відносний рівень мінливості – підвищений ( $V = 30,5\%$ ). Найбільшими кронами характеризувалися клони Д-3, К-36, П-8 і Ш-6.

На рис. 3 представлено динаміку середніх показників висоти дерев і діаметрів проєкції крон на КНП 1985 р. створення. Діаграми демонструють, що і в 15 і в 35 років крони дерев були дещо видо-

вженими, висота була більшою, ніж діаметр крони, і ця різниця з віком помітно збільшилася. Так, висоти крон щеп збільшилися за останні 20 років на 136%, а середні річні прирости за висотою збільшилися незначно і майже не змінювалися протягом всього часу існування КНП. Середні показники річних приростів за діаметром крони за останні 20 років вдвічі зменшилися, а діаметри крони протягом останніх 20 років збільшилися лише на 73%. Го-

ловною причиною слабого розвитку крон у латеральному напрямку і втрати половини продуктивного шару крони можна вважати початкове загущене розташування дерев на КНП (5 × 5 м). Тепер для покращення умов освітлення та живлення дерев і збереження наявного продуктивного шару крони на цій КНП доцільно провести селективне зрідження з видаленням частини дерев у рядах і міжряддях та залишенням не більше 100 дерев на 1 га.

Таблиця 3

**Середні показники розмірів крон клонів дуба звичайного на КНП 1985 р. у ДП «Харківська ЛНДС»**

| Шифр клона | Висота, м |     |       | Діаметр крони, м |     |       | V продуктивної частини крони, м <sup>3</sup> |
|------------|-----------|-----|-------|------------------|-----|-------|--|
|            | M         | m   | t     | M                | m   | t     |  |
| Д-2        | 13,3      | 0,9 | -0,6  | 8,7              | 1,0 | 0,8   | 130,2  |
| Д-3        | 16,0      | 1,0 | 2,1*  | 9,4              | 0,4 | 3,4*  | 168,8  |
| Д-5        | 14,4      | 0,6 | 0,9   | 6,6              | 0,3 | -3,8* | 94,5   |
| К-32       | 12,5      | 0,5 | -2,4* | 7,1              | 0,7 | -1,1  | 93,9   |
| К-36       | 13,8      | 0,5 | -0,1  | 10,1             | 0,5 | 3,9*  | 165,2  |
| Л-3        | 13,2      | 1,6 | -0,4  | 6,6              | 0,9 | -1,4  | 88,0   |
| Л-8        | 14,3      | 0,7 | 0,7   | 8,1              | 0,7 | 0,3   | 126,8  |
| П-8        | 15,8      | 0,3 | 5,6*  | 8,8              | 0,3 | 2,2*  | 151,7  |
| П-20       | 14,8      | 1,3 | 0,7   | 7,6              | 1,2 | -0,3  | 118,9  |
| Та-3       | 15,2      | 0,3 | 4,0*  | 7,7              | 0,5 | -0,4  | 123,9  |
| Те-4       | 9,2       | 1,3 | -3,5* | 4,4              | 0,7 | -5,0* | 35,9   |
| Ш-2        | 12,0      | 0,9 | -2,1* | 7,7              | 0,7 | -0,4  | 100,6  |
| Ш-3        | 12,7      | 1,0 | -1,2  | 7,1              | 0,6 | -1,3  | 95,0   |
| Ш-4        | 14,8      | 0,8 | 1,1   | 8,1              | 0,5 | 0,2   | 128,5  |
| Ш-6        | 16,4      | 0,7 | 3,4*  | 9,2              | 0,8 | 1,6   | 167,4  |
| Ш-7        | 14,6      | 0,8 | 0,9   | 8,7              | 0,2 | 2,5*  | 141,1  |
| Ш-8        | 12,4      | 1,3 | -1,1  | 6,2              | 0,9 | -1,9  | 75,9   |
| Середнє    | 13,8      |     |       | 7,8              |     |       | 118,0  |
| V, %       | 12,8      |     |       | 17,8             |     |       | 30,5   |

\* Різниця суттєва на 95% рівні значущості

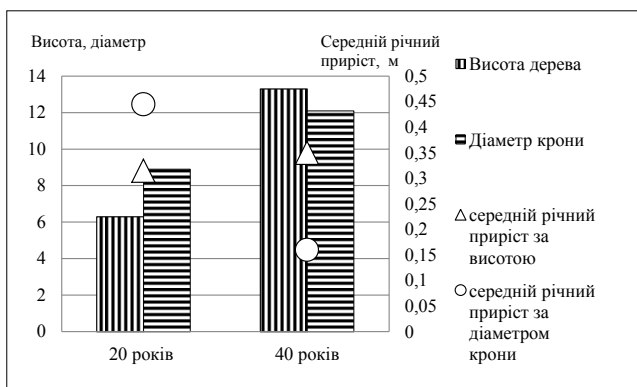


Рис. 2. Динаміка середніх показників розмірів крон на КНП 1979 р. створення у Південному лісництві ДП «Харківська ЛНДС»

На КНП 1985 р. створення у Кочетоцькому л-ві ДП «Чугуєво-Бабчанське ЛГ» у віці 35 років середня висота щеп окремих клонів коливалася у межах від 7,0 м (П-23) до 12,4 м (П-24) і становила у середньому 8,7 м (табл. 4). Відмічено середню мінливість

між клонами за цим показником ( $V = 17,4\%$ ). За висотою жоден з клонів суттєво не перевищував і не відставав від середнього показника по КНП.

Середній діаметр крони щеп варіював у клонів від 6,7 (П-20) до 10,8 (Та-18) м і його середнє значення для усієї плантації становило 8,1 м. Рівень мінливості між клонами за цим показником є середнім ( $V = 18,0\%$ ). За діаметром крони суттєво перевищували середнє його значення на КНП два клони (К-36 і Та-18). Решта клонів за цим показником слабо відрізняються від контролю. Різниця між діаметрами проєкцій крон в міжряддях і рядах становила 1,7 м.

На характеризованій КНП нижній рівень гілок крони щеп клонів знаходиться на висоті 1-2 м, тому під час розрахунку об'єму продуктивного шару використано корегуючий коефіцієнт 0,9. Значення об'єму продуктивної частини крони різних клонів коливаються від 106,9 (К-33) до 243,4 (Та-18) м<sup>3</sup> і в середньому становило 146,4 м<sup>3</sup>. Рівень мінливості цього показника – підвищений ( $V = 36,1\%$ ). Найбільшим об'ємом продуктивної частини крони характеризуються клони К-36, П-24 і Та-18.

**Середні показники розмірів крон клонів дуба звичайного на КНП 1985 р. у Кочетоцькому л-ві ДП «Чугуєво-Бабчанське ЛГ»**

| Шифр клону | Висота, м |     |      | Діаметр крони, м |     |      | Об'єм продуктивної частини крони, м <sup>3</sup> |
|------------|-----------|-----|------|------------------|-----|------|--|
|            | М         | m   | t    | М                | m   | t    |  |
| Д-5        | 8,3       | 1,2 | -0,7 | 6,8              | 0,8 | -1,8 | 113,6  |
| К-30       | 7,9       | 1,9 | -0,7 | 6,9              | 0,9 | -1,4 | 110,9  |
| К-33       | 7,9       | 0,8 | -1,5 | 6,8              | 1,1 | -1,4 | 106,9  |
| К-36       | 9,2       | 0,7 | 0,0  | 9,9              | 1,0 | 1,5  | 213,4  |
| П-9        | 7,3       | 1,2 | -1,5 | 8,1              | 1,2 | -0,2 | 132,8  |
| П-20       | 8,8       | 1,7 | -0,2 | 6,7              | 2,0 | -0,8 | 114,9  |
| П-23       | 7,0       | 1,7 | -1,2 | 7,6              | 1,7 | -0,4 | 116,2  |
| П-24       | 12,4      | 2,1 | 1,5  | 9,3              | 0,3 | 2,2* | 242,9  |
| Та-7       | 9,3       | 0,9 | 0,1  | 8,3              | 0,8 | 0,0  | 166,0  |
| Та-18      | 9,2       | 1,1 | 0,0  | 10,8             | 0,8 | 2,9* | 243,4  |
| Середнє    | 8,7       |     |      | 8,1              |     |      | 146,4  |
| V, %       | 17,4      |     |      | 18,0             |     |      | 36,1   |

\* Різниця суттєва на 95% рівні значущості

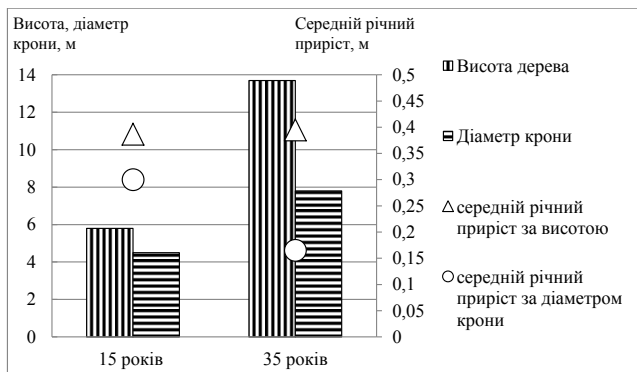


Рис. 3. Динаміка середніх показників розмірів крон щеп на КНП дуба звичайного 1985 р. створення у Південному лісництві ДП «Харківська ЛНДС»

Динаміка середніх показників висоти дерев і діаметрів проекції крон на КНП 1985 р. створення у Кочетоцькому лісництві дещо відрізняється від попередніх КНП (рис. 4). Тут відмічається досить рівномірний ріст за висотою і діаметром крон протягом всього періоду спостережень. Так, висота щеп клонів збільшилася за останні 20 років на 123%, а діаметр крони – на 125%. Середні річні прирости як за висотою, так і за діаметром крони майже не змінювалися протягом всього часу існування КНП. Крони дерев зімкнулися лише в рядах, а в міжряддях ще залишився вільний простір для їхнього розвитку. Потрібне незначне зрідження плантації в рядах. Розрахункова оптимальна кількість дерев – 100 шт./га.

Узагальнюючи отримані дані потрібно зазначити, що найбільш інтенсивний розвиток крон у висоту зафіксовано на КНП 1985 р. створення у Південному л-ві, на якій густина садіння була найбільшою (схема розміщення щеп 5 × 5 м). Діаметр проекції крони на цій КНП, навпаки, був меншим у порівнянні з КНП 1979 р. створення (5 × 10 м), але май-

же не відрізнявся від такого ж показника на КНП в Кочетоцькому л-ві. Найбільшими значеннями показника об'єму продуктивного шару крони характеризувалися щепи клонів на КНП 40-річного віку з розміщенням садивних місць 10 × 5 м. Серед КНП 35-річного віку переваги за розмірами крон мають щепи на плантації з розміщенням садивних місць 10 × 5 м (рис. 5).

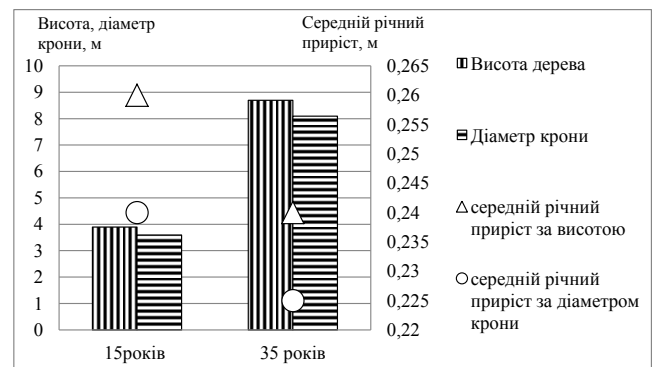


Рис. 4. Динаміка середніх показників розмірів крон на КНП дуба звичайного 1985 р. створення у Кочетоцькому лісництві ДП «Чугуєво-Бабчанське ЛГ»

Кореляційний аналіз не виявив зв'язків між розмірами крон щеп клонів та інтенсивністю їхньої репродукції.

Враховуючи те, що за різних схем розміщення клони плюсових дерев в одному віці можуть мати різні розміри крон, оптимальна кількість дерев на КНП має визначатися з урахуванням реальних діаметрів проекції крон. Результати таких розрахунків представлені на рис. 6а. Так, у 20 років за середнього діаметра крони 7 м кількість дерев на КНП не має перевищувати 156 шт./га, а у віці 35 років за середнього діаметра проекції крони 10,5 м на КНП потрібно залишити не більше 75 дерев на 1 га.



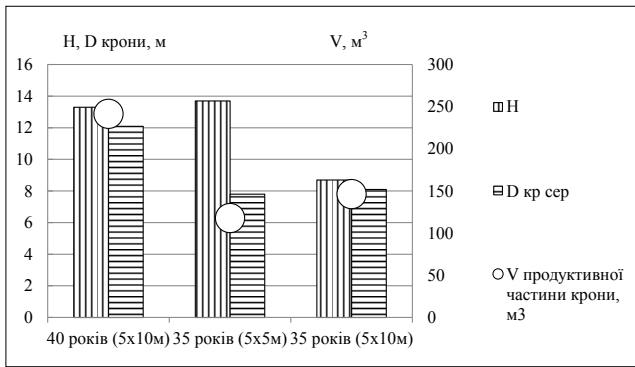


Рис. 5. Середні по КНП показники розвитку крон щеплених дерев на КНП дуба звичайного

Множенням об'єму середнього дерева на розрахункову оптимальну кількість дерев встановлено показник сумарного по КНП об'єму продуктивної частини крон. Враховуючи те, що за оптимальної відстані між деревами гілки крон щеп дуба, за-

звичай, знаходяться на рівні 2-3 м над поверхнею ґрунту, використано корегуючий коефіцієнт 0,8. Результати розрахунків представлені на рис. 6б. Незважаючи на те, що кількість дерев у віці 40 років зменшується майже втричі у порівнянні з початковою, сумарний по КНП об'єм продуктивної частини крон збільшується, причому рівень кореляційного зв'язку між показниками дуже високий ( $r = -0,99$ ).

Отже враховуючи те, що інтенсивність репродукції залежить від індивідуальних особливостей клонів (Los, 2017), а не від розмірів крон, а сумарний по КНП об'єм продуктивної частини крон за зменшення кількості дерев на 1 га збільшується, закономірності щодо зменшення врожайності при збільшенні розмірів крон, притаманної плодовим деревам, на КНП дуба нашими дослідженнями не виявлено. З іншого боку, за здійснення своєчасних зріджувань і збереження максимальних розмірів продуктивної частини крони тривала експлуатація КНП дуба звичайного є доцільною.

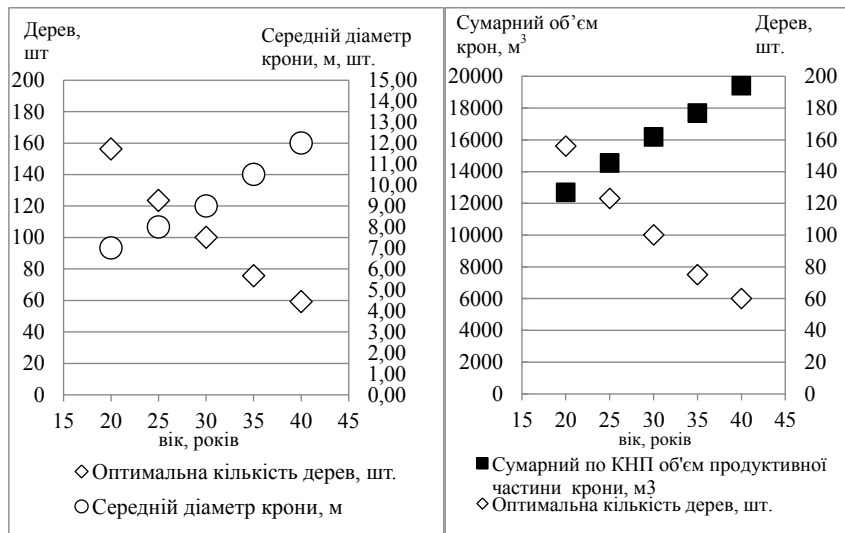


Рис. 6. а) Оптимальна розрахункова кількість дерев на КНП дуба звичайного залежно від середнього діаметру крони; б) Сумарний по КНП об'єм продуктивної частини крон за оптимальної розрахункової кількості дерев

**Висновки.** На КНП дуба звичайного у віці 15, 20, 35, 40 років виявлено низький та середній рівень індивідуальної мінливості між клонами дуба звичайного за висотою ( $V = 11,5-17,4\%$ ), середній – за діаметром проекції крони ( $V = 16,5-18,0\%$ ) та високий і підвищений – за об'ємом продуктивного шару крони ( $V = 29,2-36,1\%$ ).

Суттєво перевищують середні показники КНП одночасно за висотою і діаметром проекції крони лише три клони: Д-3, П-8, Ш-6. Найбільшими об'ємами продуктивної частини крони на КНП 40-річного віку у Південному л-ві вирізнялися клони М-4, П-8, П-18, П-20, П-24. Су-27 і Та-7. На КНП 35-річного віку у Південному л-ві кращими за цим показником були клони Д-3, К-36, П-8 і Ш-6, а у Кочетоцькому л-ві – клони К-36, П-24 і Та-18. Кореляційний аналіз не виявив зв'язків між розмірами крон щеп клонів та інтенсивністю їхньої репродукції.

Виявлено закономірності формування крон дуба звичайного на КНП, а саме те, що до змикання крон у міжряддях відзначено інтенсивніший розвиток крон у ширину, а після змикання – у висоту.

Початкове розміщення щеп на КНП  $5 \times 5$  м є небажаним, оскільки стримує розвиток їхніх крон у ширину та спричиняє втрату половини продуктивної частини крон. За розміщення щеп  $10 \times 5$  м формується широка розлога крона, що сприяє інтенсивнішій репродукції.

Для покращення умов освітлення та живлення дерев і збереження наявного продуктивного шару крони доцільно з 15-20 років здійснювати селективне зрідження. Оптимальну кількість дерев необхідно розраховувати для кожної КНП на основі показника середнього діаметра проекції крони. Тривала експлуатація КНП дуба звичайного є доцільною за умови проведення своєчасних зріджувань і збереження максимальних розмірів продуктивної частини крони.

**Бібліографічні посилання**

Balabak, O.A., & Balabak, A. V. (2016) Influence of plantations design on lightness of crown and yield of hazelnut (*Corylus domestica* Kosenko et Opalko) *Balanced natural resources*, 4, 52-54 (in Ukrainian).

Chaploutskyi, A.M., & Melnyk, O.V. (2016) Parameters of crown of apple trees depending on the method and the period of pruning. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 88 (1), 218-224 (in Ukrainian).

Kima, H.-T., Kanga, J. W., Leeb, W. Y., Hanb, S. U., & Parka E.-J. (2016) Estimation of acorn production capacity using. *Forest Science and Technology*, 12 (1), 51-54. <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1026412>

Kondratenko, T. Ye. (2012) History and current state of apple cultivars in Ukraine. *Scientific journal of nules of Ukraine: Agronomy*, 180, 45-53. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_agr\\_2012\\_180\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2012_180_8)

Kudriavets, R.P. (2010). *Formation and pruning of garden trees*. Moscow: AST Publishing House «Astrel» (in Russian).

Lauri, P. E., Lauri, P. E., T erouanne, E., Lespinasse, J. M., Regnard, J.L., & Kelner, J.J. (1995). Genotypic differences in the axillary bud growth and fruiting pattern of apple fruiting branches over several years an approach to regulation of fruit bearing. *Scientia Horticulturae*, 64 (4), 265-281. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00836-5](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00836-5)

Los, S.A., Godovaniy O.M., Grigorieva V.G., & Gubin Ye.A. (2017). The oak trees crown development and reproduction on seedling and clonal seed orchards at the Hutyanske forestry enterprise of Kharkiv region. *Forestry and Forest Melioration*, 131, 87-95 (in Ukrainian).

Los, S. (2017). Dynamics of reproductive processes on English oak (*Quercus robur* L.) clonal seed orchards in the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 15, 64-72. <https://doi.org/10.15421//411708> (in Ukrainian).

Mamaev, S. A. (1972). *Forms of intraspecific variability of woody plants*. Moscow: Science (in Russian).

Martin, N.A., Chappelka, A.H., Loewenstein, E.F., Keever, G.J., & Somers G. (2012). Predictive open-grown crown width equations for three oak species planted in a southern urban locale. *Arboriculture & Urban Forestry* 38 (2), 58-63 Available from: <http://joa.isa-arbor.com/articles.asp?JournalID=1&VolumeID=38&IssueID=2>

Mazhula, O.S. (2005). The structure of the pine-tree crown (*Pinus sylvestris* L.): a hereditary or ecologically conditioned trait? *Forestry And Forest Melioration*, 108,147-151 (in Ukrainian).

Ruotsalainen, S., & Antola, J. (2017). Effect of genetic thinning of Scots pine seed orchards // IUFRO Seed orchard conference. Sweden: SKOGFORSK.

Shi, B. (2015). Growth parameters of ‘Golden Delicious’ apple trees (*Malus × domestica* Borkh).

*Theses and Dissertations*. Purdue University. West Lafayette, Indiana.

Theoretical substantiation of the optimal parameters of the crown (1979). *Fruit growing* / Ed. V.A. Kolesnikov / Moscow: Kolos (in Russian).

**Особенности развития крон дуба обыкновенного на (*Quercus robur* L.) на клоновых семенных плантациях в Харьковской области**

С. А. Лось<sup>1</sup>, А. Н. Годованый<sup>2</sup>

Важнейшим звеном продуктивности клоновых семенных плантаций, кроме репродуктивной способности клонов, является степень развития крон привитых деревьев. При одинаковой интенсивности плодоношения количество полученных плодов и семян с деревьев, отличающихся большими размерами крон, будет больше. Поэтому при отборе и определении селекционной ценности плюсовых деревьев важны показатели размеров крон их клонов. В работе представлены результаты исследований развития крон клонов плюсовых деревьев дуба обыкновенного (*Quercus robur* L.) из Харьковской и Сумской областей на трех КНП в Харьковской области в возрасте 35 и 40 лет с размещением посадочных мест 5 × 5 м и 10 × 5 м.

При изучении развития крон на КНП дуба обыкновенного не менее, чем в трех рамет каждого клона определяли высоту дерева, диаметр проекции кроны и рассчитывали объем продуктивной части кроны. Предложен расчет оптимального количества деревьев на КНП, который базируется на среднем диаметре проекции кроны клонов на КНП.

Отмечено низкую и среднюю индивидуальную изменчивость между клонами по высоте кроны, среднюю – по диаметру проекции кроны, высокую и повышенную – по объему продуктивной части кроны. Разница диаметров проекций крон соответственно в междурядьях и рядах составила в среднем 2,1 м.

Определены клоны, которые существенно превышают средние показатели по КНП одновременно по высоте и диаметру проекции кроны (Да-

<sup>1</sup> Лось Светлана Анатольевна – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией селекции. Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина. Тел.: 057-707-80-77, +38-097-138-97-92. E-mail: [svitlana\\_los@ukr.net](mailto:svitlana_los@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

<sup>2</sup> Годованый Алексей Николаевич — ведущий инженер-аналитик отдельного подразделения «Харьковская лесосеменная лаборатория» Государственная организация «Украинский лесной селекционный центр» проспект Московский, 202, г. Харьков 61082, Украина +38-097-449-36-68, E-mail: [godovanyu.a@gmail.com](mailto:godovanyu.a@gmail.com)

ниловка-3 и Печенеги-8). Наиболее развитые кроны на разных КНП имеют клоны Даниловка-3, Кочеток-36, Мерчик-4, Печенеги-8, 18, 20, 24, Суммы-27, Тарановка-18 та Шаровка-6. Корреляционный анализ не выявил связи между размерами крон привоев клонов и интенсивностью их репродукции.

Зафиксированы преимущества по высоте клонов на КНП 35-летнего возраста при размещении  $5 \times 5$  м, тогда как наибольшие показатели диаметров кроны и объема продуктивного пласта кроны отмечено на 40-летней КНП с размещением привоев  $10 \times 5$  м. Выявлено, что до смыкания крон в междурядьях наблюдается более интенсивное развитие кроны в ширину, а после смыкания – в высоту.

Размещение клонов на КНП  $5 \times 5$  м нежелательно, поскольку такое размещение сдерживает развитие крон в ширину и вызывает потерю половины продуктивной части кроны. При их размещении  $10 \times 5$  м формируется широкая раскидистая крона, что способствует более интенсивной репродукции.

Для улучшения условий освещения, питания деревьев и сохранения продуктивной части кроны целесообразно с 15-20 лет проводить селективное изреживание. Оптимальное количество деревьев нужно рассчитывать на основе показателя среднего диаметра проекции кроны. Длительная эксплуатация КНП дуба обыкновенного целесообразна при условии проведения своевременных изреживаний и сохранения максимальных размеров продуктивной части кроны.

**Ключевые слова:** клон; высота; диаметр проекции кроны; продуктивная часть кроны.

### Features of English oak (*Quercus robur* L.) crowns development on clonal seed orchards in Kharkiv region

S. Los<sup>1</sup>, O. Godovaniy<sup>2</sup>

The most important factor in the productivity of clonal seed plantations, in addition to the reproductive ability of clones, is the degree of crowns development of grafted trees. By the same fruiting intensity, the

number of fruits and seeds obtained from trees with large crowns will be higher. The difference in the crowns projections diameter, respectively, between the rows and in rows was on average 2.1 m.

Therefore, when selecting and evaluating the breeding value of plus trees, the indicators of the crown sizes of their clones are important. The results of studies of English oak (*Quercus robur* L.) clones crowns development from Kharkiv and Sumy regions on three clonal seed orchards (CSO) at the age of 35 and 40 years with the placement of seats  $5 \times 5$  m and  $10 \times 5$  m in the Kharkiv region are presented in the paper.

When studying the development of crowns on English oak CSO for not less than 3 ramets of each clone determined the height of the tree, the diameter of the crown projection and calculated the volume of the productive part of the crown. The calculation of the optimal number of trees on the CSO, which is based on the average diameter of the projection of the crown of grafts on the CSO, is proposed.

The low and average individual variability between the clones in height of the trees, the average – in the diameter of the crown projection, high and elevated – in volume of the productive part of the crown. Clones that significantly exceed the averages for CSO at the same time in indexes of height and diameter of the crown projection (Danilovka-3 and Pechenegi-8). The most developed crowns on different CSO have clones Danilovka-3, Kochetok-36, Merchik-4, Pechenegi-8, 18, 20, 24, Sumy-27, Taranovka-18 and Sharovka-6. Correlation analysis did not reveal the relationship between the size of crowns of grafted clones and the intensity of their reproduction.

The advantages of tree height at the age of 35 were fixed at  $5 \times 5$  m, while the highest indices of the crown diameters and the volume of the crown productive part were noted on the 40-year CSO with the placement of seats  $10 \times 5$  m. It was revealed that before the closure of the crowns between the rows, there is a more intensive development of the crown in width, and after closure – in height.

The clones' placement of on CSO  $5 \times 5$  m is undesirable, since it inhibits the crowns development in width and causes the loss of half of the productive part of the crowns. When it placing grafts of  $10 \times 5$  m, forming a wide spreading crown, which contributes to more intensive reproduction.

In order to improve the lighting and nutrition conditions of the trees and the productive part of the crown preservation, it is expedient to selective cutting from 15 to 20 years with the removal of trees. The optimal number of trees should be calculated based on the average diameter of the crown projection. The long-term exploitation of English oak CSO is advisable when carrying out timely thinning and preservation of the maximum size of the productive part of the crown.

**Key words:** clone; height; crown projection diameter; productive part of the crown.

<sup>1</sup> Svitlana Los – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Agricultural Sciences, Head of laboratory of forest tree breeding of Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: 057-707-80-77, +38-097-138-97-92. E-mail: svitlana\_los@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

<sup>2</sup> Oleksiy Godovaniy – Leading engineer-analyst of the Separated Subdivision «Kharkiv timber seed laboratory», State Organization «Ukrainian Forest Selection center», prospekt Moskovskiyi 202, Kharkiv 61082 Ukraine. +38-097-449-36-68 E-mail: godovanyy.a@gmail.com



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411908>  
Article received 2018.10.12  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Rimma Matveeva  
[selekcia@sibgtu.ru](mailto:selekcia@sibgtu.ru)  
peace Avenue, 82, Krasnoyarsk, 660049, Russia

УДК 630\*181.52

## Рост 50-летних подпологовых географических культур кедра сибирского при разной сомкнутости полога древостоя в пригородной зоне Красноярска

Р. Н. Матвеева<sup>1</sup>, О. Ф. Буторова<sup>2</sup>, Э. В. Колосовский<sup>3</sup>

*Кедр сибирский, отличающийся ценными биоэкологическими свойствами, является одной из лесообразующих пород Сибири. Учитывая большую устойчивость кедра сибирского при произрастании в биогруппах, под руководством О. П. Олисовой были созданы подпологовые географические культуры кедра сибирского на участке «Горный-2» весной 1966 г. посадкой 4-летних сеянцев в площадки размером 07 × 0,7 м (по 9 сеянцев в площадке). Расстояние между центрами площадок составило 4 м.*

*Обобщены результаты изучения изменчивости таксационных показателей кедра сибирского шести географических происхождений: алтайское, бирюсинское, бурятское, кемеровское, томское, читинское, произрастающих под пологом березы повислой и сосны обыкновенной при сомкнутости полога древостоя от 0,1 до 1,0. Установлено, что в 50-летнем возрасте культуры кедра сибирского достигли высоты 5,4-10,4 м, диаметра ствола – 5,2-11,5 см. Культуры, произрастающие при сомкнутости полога 0,1-0,5, имели высоту на 36,6%, диаметр ствола – на 44,8% больше, чем при сомкнутости 0,6-1,0. Уровень изменчивости показателей – средний и высокий. Наибольшее количество ветвей в нижней живой мутовке (4,8 и 4,1 шт.) зафиксировано у деревьев читинского, наименьшее (3,2 и 2,3 шт.) – у деревьев кемеровского происхождения. Уровень варьирования показателя повышенный – в алтайском, бирюсинском вариантах; высокий – в остальных при меньшей сомкнутости полога. При сомкнутости полога 0,6-1,0 уровень изменчивости повышенный и высокий (26,5-41,9%).*

*Установлено, что большое влияние на биометрические показатели культур оказывает сомкнутость полога (65,0%). Доля влияния географического происхождения составила 13,8%. Предложено проведение рубок ухода для снижения сомкнутости полога древостоя.*

**Ключевые слова:** лесные культуры; географическое происхождение; густота; изменчивость; биометрические показатели; Сибирь.

**Введение.** Кедр сибирский или сосна кедровая сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour) является уникальной лесообразующей породой Сибири, высоко ценится в лесоводственном и экологическом аспектах. Учитывая повышенную фитонцидность кедровых насаждений, рекомендуется сохране-

ние и создание лесных культур данного вида в пригородных зонах промышленных центров Сибири (Проторопов, 1975).

Создание культур кедра сибирского проводится как в условиях естественного ареала, так и за его пределами (Drozdov et al., 1978, 2013, Titov,

<sup>1</sup> Матвеева Римма Никитична – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и озеленения. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, пр. Мира, 82, г. Красноярск, 660049, Россия. Тел.: (391)227-58-09. E-mail: [selekcia@sibgtu.ru](mailto:selekcia@sibgtu.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>

<sup>2</sup> Буторова Ольга Федоровна – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры селекции и озеленения. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, пр. Мира, 82, г. Красноярск, 660049, Россия. Тел.: (391)227-58-09. E-mail: [selekcia@sibgtu.ru](mailto:selekcia@sibgtu.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8575-7464>

<sup>3</sup> Колосовский Эдуард Викторович – аспирант кафедры селекции и озеленения. Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, пр. Мира, 82, г. Красноярск, 660049, Россия. Тел.: (391)227-58-09. E-mail: [selekcia@sibgtu.ru](mailto:selekcia@sibgtu.ru)

1990, 2016, Kuznetsova, 1990, 2010, Bryncev & Kozhenkova, 2016, Zemljanoi et al., 2010, Bratilova, 2005, 2015 et al.). Однако некоторые вопросы лесокультурного производства данного вида остаются нерешенными, что связано с продолжительным периодом онтогенеза, замедленным проявлением хозяйственно-ценных признаков, различным географическим происхождением (Bratilova et al., 2005, Von Mirko Liesebach et al., 2008, Kuznetsova, 2010, Matveeva, Bratilova & Butorova, 2017 et al.).

Большое влияние на рост культур данного вида оказывают условия произрастания, в частности, сомкнутость полога древостоя. Необходимость учета влияния данного фактора на продуктивность насаждений отмечал Anuchin (1983). Особенности роста подполовых культур кедров сибирского показаны также в ряде научных работ (Babakin & Zolotukhin, 1976, Zalesov, 1988, Ermolenko & Ovchinnikova, 1996 et al.).

Учитывая большую устойчивость кедров сибирского при произрастании в биогруппах, особенно в первые годы жизни, в Сибири в каждое посадочное место высаживали по 4-16 сеянцев (Loskutov, 1971). Etemin, Karaseva & Karasev (2010) также отмечали высокую сохранность культур кедров сибирского, созданных биогруппами с применением гнездового способа посадки в условиях Республики Марий Эл.

Целью исследований явилось установление влияния сомкнутости полога древостоя на интенсивность роста 50-летних культур кедров сибирского разного географического происхождения, проявление индивидуальной изменчивости деревьев, произрастающих под пологом леса.

**Объекты и методика исследований.** Объектом исследований явились географические подполовые культуры кедров сибирского на участке «Горный-2» в пригородной зоне Красноярск. Лесные культуры на этом участке были созданы весной 1966 г. под руководством доцента кафедры лесных культур Сибирского технологического института (в настоящее время – СибГУ им. М. Ф. Решетнева) Ольги Павловны Олисовой.

Посадка проведена в площадки размером 0,7 × 0,7 м. Расстояние между центрами площадок составляло 4 м, в каждую площадку было высажено по 9 сеянцев. Для создания культур использовали 4-летние сеянцы шести географических происхождений: алтайское, бирюсинское, бурятское, кемеровское, томское, читинское. Секции каждого географического происхождения включали по 80 площадок из 720 растений.

Характеристика места произрастания материнских насаждений на период сбора семян для создания культур приведена в табл. 1.

Таблица 1

#### Характеристика материнских насаждений, использованных для сбора семян и выращивания посадочного материала

| Географическое происхождение: лесничество, республика (край, область) | Координаты |      | Высота над ур. моря, м | Класс    |          | Тип леса | Состав древостоя |
|---|------------|------|------------------------|----------|----------|----------|------------------|
|   | с.ш.       | в.д. |                        | бонитета | возраста |          |                  |
| Бирюсинское, Красноярский   | 56°        | 92°  | 300                    | III      | V        | Крт      | 7К2Е1П           |
| Красно-Чикойское, Забайкальский                                       | 50°        | 108° | 700                    | IV       | VII      | Крт      | 6К4С             |
| Мариинское, Кемеровская   | 56°        | 87°  | 500                    | III      | IV       | Кзмш     | 7К2П1Б           |
| Селенгинское, Бурятия   | 50°        | 106° | 1000                   | IV       | V        | Кбр      | 6К3С1Лц          |
| Томское, Томская  | 56°        | 84°  | 100                    | II       | VI       | Крт      | 8К1Е1П           |
| Чойское, Алтай  | 51°        | 86°  | 500                    | III      | VI       | Крт      | 6К3П1Б           |

Примечание: Крт – кедров разнотравный, Кзмш – кедров зеленомошный, Кбр – кедров брусничный

В настоящее время географические культуры произрастают под пологом насаждения, состоящего из березы повислой и сосны обыкновенной (рис. 1). Сомкнутость полога древостоя над площадками составляет от 0,1 до 1,0.

Программа исследований включала сопоставление биометрических показателей кедров сибирского в подполовых культурах в зависимости от географического происхождения и сомкнутости полога древостоя.

У лидирующих в каждой площадке деревьев (рис. 2) определяли высоту, диаметр ствола на высоте 1,3 м, диаметр кроны, высотный прирост центрального побега, длину и количество боковых ветвей на нижней живой мутовке и др.

Статистическую обработку данных проводили по общепринятой методике (Dospheov, 1979). Уровень изменчивости показателей оценивали по шкале, предложенной С. А. Мамаевым (Мамаев, 1973).

Достоверность различий определяли по t-критерию. Устанавливали наличие и тесноту связи между изучаемыми показателями. Долю влияния географического происхождения и сомкнутости полога на показатели культур устанавливали методом дисперсионного анализа.

**Результаты исследований.** Проведено сравнение интенсивности роста кедров сибирского в 50-летних культурах при низкой (0,1-0,5) и высокой (0,6-1,0) сомкнутости полога древостоя (табл. 2).





Рис. 1. Общий вид исследуемого участка

Средняя высота культур при меньшей сомкнутости полога древостоя составляет 9,7 м, при высокой сомкнутости она на 36,6% ниже. Уменьшение высоты при сомкнутости полога 0,6-1,0 отмечено в вариантах всех сравниваемых про-

исхождений. При сомкнутости полога 0,1-0,5 наибольшая высота была у деревьев читинского, при сомкнутости 0,6-1,0 – алтайского происхождения.



Рис. 2. В каждой площадке выделены лидирующие деревья кедра сибирского

Таблица 2

**Высота 50-летних культур кедра сибирского при разной сомкнутости полога, м**

| Географическое происхождение   | max  | min | $X_{cp}$ | $\pm m$ | V, % | P, % | $t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$ | Уровень изменчивости |
|--------------------------------|------|-----|----------|---------|------|------|------------------------------|----------------------|
| При сомкнутости полога 0,1-0,5 |      |     |          |         |      |      |                              |                      |
| Алтайское                      | 14,0 | 5,0 | 9,9      | 0,35    | 20,8 | 3,5  | 1,19                         | повышенный           |
| Бирюсинское                    | 13,5 | 6,2 | 9,1      | 0,29    | 18,6 | 3,2  | 3,51                         | средний              |
| Бурятское                      | 14,2 | 5,1 | 9,7      | 0,40    | 18,9 | 4,1  | 1,52                         | средний              |
| Кемеровское                    | 13,6 | 5,0 | 9,0      | 0,44    | 23,3 | 4,8  | 2,82                         | повышенный           |
| Томское                        | 14,3 | 6,8 | 10,2     | 0,31    | 16,6 | 3,0  | 0,52                         | средний              |
| Читинское                      | 13,2 | 6,0 | 10,4     | 0,23    | 14,3 | 2,2  | –                            | средний              |
| Среднее значение               |      |     | 9,7      |         |      |      |                              |                      |
| При сомкнутости полога 0,6-1,0 |      |     |          |         |      |      |                              |                      |
| Алтайское                      | 13,5 | 4,2 | 9,2      | 0,39    | 26,0 | 4,3  | –                            | повышенный           |
| Бирюсинское                    | 9,0  | 3,0 | 6,1      | 0,23    | 24,7 | 3,7  | 6,85                         | повышенный           |
| Бурятское                      | 11,7 | 1,8 | 7,2      | 0,21    | 22,4 | 2,9  | 4,52                         | повышенный           |
| Кемеровское                    | 8,5  | 2,0 | 5,4      | 0,21    | 27,6 | 3,8  | 8,58                         | повышенный           |
| Томское                        | 10,3 | 2,1 | 7,2      | 0,24    | 22,7 | 3,3  | 4,37                         | повышенный           |
| Читинское                      | 9,9  | 3,3 | 7,6      | 0,35    | 23,9 | 4,6  | 3,05                         | повышенный           |
| Среднее значение               |      |     | 7,1      |         |      |      |                              |                      |

Поскольку годичный прирост деревьев изменяется в очень больших пределах в зависимости от освещенности, погодных условий и других факторов (Salminen, & Jalkanen, 2005, Demakov, & Safin, 2010), проведено сравнение прироста побега за двухлетний период (в возрасте 49 и 50 лет) (табл. 3).

Прирост побега за два года в культурах с большим освещением в среднем составил 53,2 см, что на 41,1% превышает данный показатель у кедра сибирского, произрастающего в затененных усло-

виях при повышенном, высоком и очень высоком уровнях изменчивости. В исследуемых условиях наибольший прирост имели деревья читинского (сомкнутость полога 0,1-0,5) и алтайского (сомкнутость полога 0,6-1,0) происхождения (рис. 3).

Диаметр ствола деревьев в 50-летних культурах варьировал от 2,0 до 16,5 см. При наибольшем освещении средний диаметр составил 9,7 см, при большей сомкнутости полога – всего 6,7 см. Различие составляет 44,8% (табл. 4).



Таблиця 3

**Прирост по высоте за два года у кедров сибирского в географических культурах при разной сомкнутости полога древостоя, см**

| Географическое происхождение | max | min | Хср. | ±m   | V, % | P, % | $t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$ |
|------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------------------------------|
| При сомкнутости 0,1-0,5      |     |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 90  | 10  | 50,3 | 3,42 | 40,3 | 6,8  | 2,50                         |
| Бирюсинское                  | 75  | 18  | 39,8 | 2,12 | 30,6 | 5,3  | 6,67                         |
| Бурятское                    | 85  | 35  | 54,8 | 3,17 | 26,5 | 5,8  | 1,48                         |
| Кемеровское                  | 85  | 36  | 58,0 | 2,83 | 22,4 | 4,9  | 0,71                         |
| Томское                      | 80  | 30  | 55,8 | 2,36 | 23,2 | 4,2  | 1,46                         |
| Читинское                    | 95  | 25  | 60,6 | 2,29 | 24,2 | 3,8  | -                            |
| Среднее значение             |     |     | 53,2 |      |      |      |                              |
| При сомкнутости 0,6-1,0      |     |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 85  | 5   | 47,7 | 3,40 | 43,4 | 7,1  | -                            |
| Бирюсинское                  | 55  | 9   | 26,6 | 1,52 | 38,2 | 5,7  | 5,66                         |
| Бурятское                    | 80  | 10  | 39,2 | 1,68 | 33,0 | 4,3  | 2,24                         |
| Кемеровское                  | 70  | 5   | 35,4 | 2,06 | 39,9 | 5,8  | 3,09                         |
| Томское                      | 55  | 10  | 33,9 | 1,81 | 36,2 | 5,3  | 3,58                         |
| Читинское                    | 60  | 20  | 43,4 | 2,30 | 27,5 | 5,3  | 1,05                         |
| Среднее значение             |     |     | 37,7 |      |      |      |                              |

Таблиця 4

**Диаметр ствола деревьев при разной сомкнутости полога древостоя, см**

| Географическое происхождение | max  | min | Хср. | ±m   | V, % | P, % | $t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$ |
|------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------------------------------|
| При сомкнутости 0,1-0,5      |      |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 16,5 | 5,0 | 9,5  | 0,42 | 26,3 | 4,5  | 3,92                         |
| Бирюсинское                  | 14,0 | 5,0 | 8,8  | 0,32 | 20,7 | 3,6  | 6,25                         |
| Бурятское                    | 13,1 | 7,5 | 10,0 | 0,31 | 14,0 | 3,1  | 3,53                         |
| Кемеровское                  | 14,0 | 5,0 | 8,8  | 0,40 | 21,6 | 4,5  | 5,46                         |
| Томское                      | 13,4 | 5,9 | 9,5  | 0,32 | 18,4 | 3,4  | 4,63                         |
| Читинское                    | 14,7 | 8,3 | 11,5 | 0,29 | 16,0 | 2,5  | -                            |
| Среднее значение             |      |     | 9,7  |      |      |      |                              |
| При сомкнутости 0,6-1,0      |      |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 14,0 | 4,0 | 8,6  | 0,41 | 29,4 | 4,8  | -                            |
| Бирюсинское                  | 9,0  | 2,0 | 5,8  | 0,22 | 25,2 | 3,8  | 6,02                         |
| Бурятское                    | 10,0 | 2,0 | 6,8  | 0,19 | 21,6 | 2,8  | 3,98                         |
| Кемеровское                  | 8,3  | 3,3 | 5,2  | 0,20 | 27,9 | 3,8  | 7,45                         |
| Томское                      | 9,8  | 2,4 | 6,2  | 0,21 | 22,6 | 3,3  | 5,21                         |
| Читинское                    | 10,3 | 3,4 | 7,6  | 0,35 | 23,8 | 4,6  | 1,86                         |
| Среднее значение             |      |     | 6,7  |      |      |      |                              |

При лучшем освещении наиболее интенсивный рост по диаметру ствола наблюдается в культурах читинского происхождения (рис. 4).

Диаметр кроны деревьев на опытном участке составил в среднем 2,8 м при большей освещенности и 2,3 м – при меньшей (табл. 5).

Наибольший диаметр кроны зафиксирован у деревьев читинского, бурятского и томского происхождения при меньшей сомкнутости полога и

читинского, алтайского – при большей. Уровень изменчивости показателя при большем освещении низкий и средний, при повышенном затенении – средний и повышенный.

Количество боковых ветвей на нижней мутовке в среднем по вариантам опыта составило 4,3 шт. при большей освещенности, и 3,7 шт. – при меньшей (табл. 6).

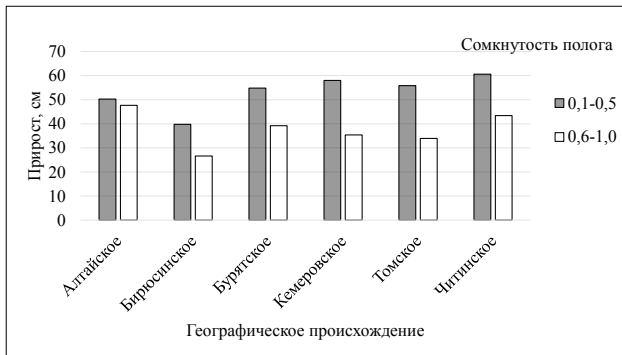


Рис. 3. Прирост по высоте центрального побега за два года в географических культурах при разной сомкнутости полога древостоя

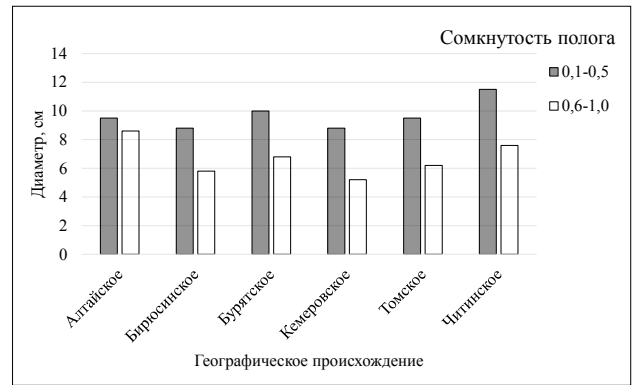


Рис. 4. Диаметр ствола кедр сибирского при сомкнутости полога древостоя 0,1-0,5 и 0,6-1,0

Таблица 5

**Диаметр кроны при разной сомкнутости полога древостоя, м**

| Географическое происхождение | max | min | Хср. | ±m   | V, % | P, % | $t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$ |
|------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------------------------------|
| При сомкнутости 0,1-0,5      |     |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 3,8 | 1,8 | 2,6  | 0,08 | 18,0 | 3,0  | 4,00                         |
| Бирюсинское                  | 4,0 | 2,1 | 2,8  | 0,07 | 14,8 | 2,6  | 2,17                         |
| Бурятское                    | 3,6 | 2,3 | 2,9  | 0,07 | 11,8 | 2,6  | 1,08                         |
| Кемеровское                  | 3,4 | 2,0 | 2,8  | 0,07 | 12,4 | 2,6  | 2,17                         |
| Томское                      | 3,6 | 2,1 | 2,9  | 0,06 | 12,3 | 2,2  | 1,18                         |
| Читинское                    | 4,0 | 2,3 | 3,0  | 0,06 | 13,2 | 2,1  | -                            |
| Среднее значение             |     |     | 2,8  |      |      |      |                              |
| При сомкнутости 0,6-1,0      |     |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 3,5 | 1,4 | 2,5  | 0,08 | 19,4 | 3,2  | -                            |
| Бирюсинское                  | 3,0 | 0,4 | 2,1  | 0,07 | 22,8 | 3,4  | 3,76                         |
| Бурятское                    | 3,4 | 1,0 | 2,3  | 0,06 | 20,6 | 2,7  | 2,00                         |
| Кемеровское                  | 3,0 | 1,0 | 2,2  | 0,06 | 20,7 | 2,8  | 2,99                         |
| Томское                      | 3,3 | 1,4 | 2,3  | 0,06 | 16,2 | 2,4  | 2,00                         |
| Читинское                    | 3,1 | 1,7 | 2,4  | 0,07 | 15,1 | 2,9  | 0,94                         |
| Среднее значение             |     |     | 2,3  |      |      |      |                              |

Таблица 6

**Количество ветвей в нижней живой мутовке при разной сомкнутости полога древостоя, шт.**

| Географическое происхождение | max | min | Хср. | ±m   | V, % | P, % | $t_{\phi}$ при $t_{05}=2,00$ |
|------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------------------------------|
| 1                            | 2   | 3   | 4    | 5    | 6    | 7    | 8                            |
| При сомкнутости 0,1-0,5      |     |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 8   | 3   | 4,6  | 0,22 | 28,7 | 4,9  | 0,56                         |
| Бирюсинское                  | 7   | 2   | 4,2  | 0,21 | 28,3 | 4,9  | 1,71                         |
| Бурятское                    | 7   | 2   | 4,1  | 0,30 | 32,6 | 7,1  | 1,72                         |
| Кемеровское                  | 5   | 1   | 3,2  | 0,21 | 31,0 | 6,5  | 4,57                         |
| Томское                      | 8   | 1   | 3,9  | 0,23 | 33,1 | 6,0  | 2,48                         |
| Читинское                    | 10  | 1   | 4,8  | 0,28 | 38,1 | 6,0  | -                            |
| Среднее значение             |     |     | 4,3  |      |      |      |                              |
| При сомкнутости 0,6-1,0      |     |     |      |      |      |      |                              |
| Алтайское                    | 8   | 2   | 4,1  | 0,20 | 30,2 | 5,0  | -                            |

Продолжение таблицы 6

| 1                | 2 | 3 | 4   | 5    | 6    | 7   | 8    |
|------------------|---|---|-----|------|------|-----|------|
| Бирюсинское      | 5 | 1 | 3,2 | 0,17 | 35,1 | 5,2 | 3,43 |
| Бурятское        | 7 | 1 | 3,9 | 0,18 | 35,8 | 4,7 | 0,74 |
| Кемеровское      | 5 | 1 | 2,3 | 0,13 | 41,9 | 5,8 | 7,55 |
| Томское          | 6 | 2 | 3,9 | 0,15 | 26,5 | 3,9 | 0,80 |
| Читинское        | 5 | 1 | 4,0 | 0,26 | 35,2 | 6,8 | 0,30 |
| Среднее значение |   |   | 3,7 |      |      |     |      |

Наибольшее количество ветвей в нижней жилой мутовке (4,8 и 4,0 шт.) обнаружено у деревьев читинского происхождения, наименьшее (3,2 и 2,3 шт.) – у деревьев кемеровского происхождения. Уровень варьирования показателя повышенный – в алтайском, бирюсинском вариантах; высокий – в остальных при меньшей сомкнутости полога. При сомкнутости полога 0,6-1,0 уровень изменчивости повышенный, высокий и очень высокий (26,5-41,9%).

Результаты дисперсионного анализа показали, что доля влияния географического происхождения на диаметр ствола в подпологовых культурах составила 13,8, а сомкнутости полога древостоя – 65,0%.

**Выводы.** Рост кедров сибирского в подпологовых 50-летних культурах пригородной зоны Красноярска в основном зависит от сомкнутости полога древостоя, в меньшей степени – от географического происхождения.

Высота культур при сомкнутости полога 0,6-1,0 на 36,6% меньше, чем при сомкнутости 0,1-0,5; прирост центрального побега за два последних года – на 41,1%; диаметр ствола – на 44,8%; диаметр кроны – на 21,7%; количество боковых ветвей – на 16,2%.

Лучшими показателями роста отличаются деревья алтайского и читинского происхождений. Рекомендуется в исследованных культурах провести рубки ухода с установлением сомкнутости полога не более 0,5.

#### Библиографические ссылки

Anuchin, N.P. (1983). Density of planting and its definition. *Forestry*, 8, 42-45 (in Russian).  
 Babakin, A.S., & Zolotukhin, F.M. (1976). On the relationship of closeness, of fullness and density of tree stands // *Increase of forests productivity and improvement of forestry*, 83, 22-24. Moscow: Moscow Institute of Forestry (in Russian).  
 Bratilova, N.P. (2005). *Variability of Cedar at plantation cultures of South Central Siberia depending on mold diversity seedlings*. Krasnoyarsk: SibSU (in Russian).  
 Bratilova, N.P., Matveeva, R.N., Butorova, O.F., & Scherba, J.E. (2015). Pine cedar siberian growth of different geographic origin in the age of 17-46 // *Proceeding of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 13, 59-63 (in Russian).

Bryncev, V.A., & Kozhenkova, A.A. (2016). Growth of different with provenances Hamburg Siberian pine when introduced in Moscow region // *Gardening, seed growing, introduction of woody plants: materials of the XXI international Scientific Conference*, 11-14. Krasnoyarsk: SibSU (in Russian).  
 Demakov, J.P., & Safin, M.G. (2010). Influence of natural factors on the dynamics of growth of trees in Sphagnum Pine plantings // *Forest ecosystems in a changing climate: biological productivity, monitoring and adaptation technologies*, 122-125. <http://csfin.marstu.net/publications.html>.  
 Dospheov, B.A. (1979). *Technique of field experiences (the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Kolos (in Russian).  
 Drozdov, I.I. (1978). Research of Cedar forest cultures in the Vladimir region // *Scientific Works Moscow Institute of Forestry*, III, 116-118 (in Russian).  
 Drozdov, I.I., Kozhenkova, A.A., & Belinsky, M.N. (2013). Pine cedar siberian reproduction in the Moscow suburbs // *MSFU Bulletin. Forestry Bulletin*, 3, 4-7.  
 Eremin, N.V., Karaseva, M.A., & Karasev, V.N. (2010). Agronomic and physiological aspects of successful cultivation Pine cedar siberian in the Republic of Mari El. *Forest. Ecology. Environmental management*, 1, 29-38 (in Russian).  
 Ermolenko, P.M., & Ovchinnikova, N.F. (1996). Cedar growth in cultures under the canopy Birch forest in the Dark pine belt of Western Sayana // *Botanical researches in Siberia*, 5, 40-42 (in Russian).  
 Kuznetsova, G.V. (1990). The growth and preservation of geographic cultures of Cedar Siberian and Cedar Korean in Krasnoyarsk region // *The problem of Cedar: semenoshenie and reproduction*, pp. 78-82. Tomsk: Tomsk researcher center (in Russian).  
 Kuznetsova, G.V. (2010). Growth, status and development of Cedar pines in geographic cultures South of Krasnoyarsk region // *Conifers of the boreal area*, 27, 102-107 (in Russian).  
 Loskutov, R.I. (1971). *Artificial Cedar Siberian restoration*. Moscow: Forest industry (in Russian).  
 Mamaev, S.A. (1973). *Forms of intraspecific variability of woody plants*. Moscow: Science (in Russian).  
 Matveeva, R.N., Bratilova, N.P., & Butorova, O.F. (2017). *Growth and reproductive development of Pine Cedar Siberian of different geographic origin, with high density ordinary landing (green zona of Krasnoyarsk)*. Krasnoyarsk: SibGU (in Russian).

- Protopopov, V.V. (1975). *The extremely important role of dark pine forest*. Novosibirsk: Science (in Russian).
- Titov, E.V. (1990). The selection of plus trees Cedar Siberian in the mountainous Altai // *Forestry*, 2, 42-44 (in Russian).
- Titov, E.V. (2016). Selection of valuable genotypes of clones Cedar Siberian on grafting plantations // *Conifers of the boreal area*, 37, 284-289 (in Russian).
- Salminen, H., Jalkanen, R. (2006). Modelling variation of needle density of Scots pine at high latitudes // *Silva fenn*, 40 (2), 183-194.
- Von Mirko, L., Schuler, S., & Weibenbacher, L. (2008). Experiences with geographic cultures the FIR great (*Abies grandis* Lindl.) in Austria: suitability, productivity growth, variability.) // *Centralbl. gesamte Forstw*, 125 (3), 183-200.
- Zalesov, S. V. (1988). The role of the culture of the under the canopy in restoring Cedar Siberian planting // *The problem of reforestation in the taiga zone of the USSR*, pp. 85-87. Krasnoyarsk: Institute of Forest (in Russian).
- Zemljanoi, A.I., Pichev, Y.N., & Tarakanov, V.V. (2010). Variability between clones of Cedar Siberian at elements of seed production, selection prospects // *Conifers of the boreal area*, 27, 77-82 (in Russian).

### Ріст 50-річних піднаметових географічних культур кедр сибірського за різної зімкнутості намету деревостану в приміській зоні Красноярська

Р.Н. Матвеева<sup>1</sup>, О. Ф. Буторова<sup>2</sup>, Е. В. Колосовський<sup>3</sup>

Наведено відомості щодо росту кедр сибірського у лісових культурах під наметом деревостану залежно від географічного походження. Кедр сибірський, який відзначається цінними біоекологічними властивостями, потребує збереження і штучного

лісовідновлення та лісорозведення у приміських зонах великих промислових центрів. З огляду на високу стійкість кедр сибірського при вирощуванні в групах і під наметом лісу, в приміській зоні Красноярська були створені географічні культури деревного виду на ділянці «Гірський-2» в Караульному лісництві Навчально-дослідного лісгоспу СибДУ. Культури створені в 1966 р. садінням 4-річних сіянців в площадки розміром 07 × 0,7 м (по 9 сіянців на майданчик) з відстанню між центрами майданчиків в 4 м. У лідируючих в кожному майданчику дерев визначали висоту, діаметр стовбура на висоті 1,3 м, діаметр крони, приріст центрального пагона, кількість бічних гілок на нижній живій мутовці і ін. Достовірність відмінностей визначали за t-критерієм. Визначали коефіцієнти кореляції і встановлювали наявність і тісноту зв'язку між досліджуваними показниками. Частку впливу географічного походження і зімкнутості намету на ріст культур визначали методом дисперсійного аналізу.

Узагальнено результати вивчення мінливості кедр сибірського шести географічних походжень: алтайське, бірюсінське, бурятське, кемеровське, томське, читинське, які ростуть під наметом берези повислої і сосни звичайної за зімкнутості намету деревостану від 0,1 до 1,0. Встановлено, що в 50-річному віці культури досягли висоти 5,4-10,4 м, діаметра стовбура – 2,0-16,5 см. Культури, які ростуть за зімкнутості намету 0,1-0,5, мали висоту на 36,6%, діаметр стовбура – на 44,8% більші. Рівень мінливості показників – середній і високий. Приріст центрального пагона в культурах 49-50-річного віку склав 26,6-60,6 см. У культурах зі значним освітленням (зімкнутість намету 0,1-0,5) цей показник перевищено на 41,1% порівняно із деревами, які ростуть в затінених умовах (зімкнутість намету 0,6-1,0) за підвищеного, високого і дуже високого рівнів варіювання. Найбільшу кількість гілок у нижній живій мутовці (4,8 і 4,1 шт.) встановлено у дерев читинського, найменшу (3,2 і 2,3 шт.) – у дерев кемеровського походжень. Рівень варіювання показника підвищений в алтайському і бірюсінському варіантах; високий – в інших варіантах за меншої зімкнутості намету. За зімкнутості намету 0,6-1,0 рівень мінливості підвищений і високий (26,5-41,9%). Відзначено, що більший вплив на біометричні показники лісових культур виявляє компактність намету (65,0%). Частка впливу географічного походження на ріст кедр сибірського у культурах склала 13,8%. Запропоновано проведення рубок догляду для зниження зімкнутості намету деревостану на рівні 0,5. Актуальним завданням є здійснення подальших досліджень у піднаметових культурах кедр сибірського після проведення рубок догляду.

**Ключові слова:** лісові культури; географічне походження; густота; мінливість; біометричні показники; Сибір.

<sup>1</sup> Матвеева Рімма Нікітічна – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри селекції та озеленення. Сибірський державний університет науки і технологій імені академіка М.Ф. Решетньова, пр. Миру, 82, м. Красноярськ, 660049, Росія. Тел.: (391)227-58-09. E-mail: selekcia@sibgtu.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> Буторова Ольга Федорівна – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри селекції та озеленення. Сибірський державний університет науки і технологій імені академіка М.Ф. Решетньова, пр. Миру, 82, м. Красноярськ, 660049, Росія. Тел.: (391)227-58-09. E-mail: selekcia@sibgtu.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>3</sup> Колосовський Едуард Вікторович – аспірант кафедри селекції та озеленення. Сибірський державний університет науки і технологій імені академіка М.Ф. Решетньова, пр. Миру, 82, м. Красноярськ, 660049, Росія. Тел.: (391)227-58-09. E-mail: selekcia@sibgtu.ru

## Growth of geographic cultures of Siberian cedar for 50 years under the canopy with different logging density in the suburban area of Krasnoyarsk

R. Matveeva<sup>1</sup>, O. Butorova<sup>2</sup>, E. Kolosovsky<sup>3</sup>

Information about the growth of Cedar Siberian culture under canopy of tree stands depending on the geographical origin are provided. Cedar Siberian, featuring a high nutritional and environmental qualities, needs to retain and artificial afforestation in suburban areas of major industrial centers. Taking into account high resilience of Cedar siberian in the groups and under the canopy, in the suburban area of Krasnoyarsk geographic culture were established under the canopy of tree stand on a plot «Gornii-2» in the Karaulny territory of the SibSU Experimental Forestry. It were created in 1966 year by landing 4-year-old seedlings in the sites sizes 07h 0.7 m (9 seedlings in pad) between centers of sites 4 m. In each site among the leader trees it was determined height, trunk diameter at a height of 1.3 m,

diameter koruna, growth of Central escape, number of lateral branches on the bottom of the live whorl, etc. The reliability differences determined by t-test. Correlation coefficients and presence and the closeness links between the studied variables were determined. The part of impact of geographical origin and the cramped canopy on the growth of the culture was define by the method of variance analysis. The paper summarizes the results of a study of the variability of six geographical origins Cedar siberian: Altay, Birjusinsky, Butyat, Kemerovsk, Tomsk, Chita, planted under a canopy of birch and Scots pine in cramped canopy tree stand from 0.1 to 1.0. It has been established that the 50-year-old culture reached a height of 5.4-10.4 m, diameter barrel – 16.5-2.0 cm. Culture growing in cramped canopy 0.1-0.5, had height at 36.6%, trunk diameter-at 44.8% more. The level of variability- average and high. Increase Central escape in cultures of 49-50 years of age amounted to 26.6 cm – 60.6. In cultures with large lighting (0.1-0.5 canopy cover) exceeded this figure is 41.1%, than in trees growing in shaded conditions (tree canopy 0.6-1.0) at elevated, high and very high levels of variation. The largest number of branches in the lower live whorl (4.8 and 4.1 PCs.) trees had Chita, smallest (3.2 and 2.3 PCs.) – trees Kemerovo origin. The level of variation indicator increased in Altai and Birjusinskom options; high in the rest with less cramped canopy. The level variability is increased and higher (26.5-41.9%) when cramped canopy 0.6-1.0. It is noted that the greater influence on biometrics indicators has cramped canopy tree crops (65.0%). The share of influence of geographical origin amounted to 13.8%. It is proposed to conduct thinning to reduce the influence of canopy forest stand. Further research is planned in cultures of Cedar Siberian under canopy after thinning conducting.

**Key words:** forest cultures; geographical origin; density; variability; biometric indices; Siberia.

<sup>1</sup> *Rimma Matveeva* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of breeding and planting SibSU, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology Krasnoyarsk, Russian Federation. Tel.: (391)227-58-09. E-mail: selekcia@sibgtu.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> *Olga Butorova* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of breeding and planting SibSU, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology Krasnoyarsk, Russian Federation. Tel.: (391)227-58-09. E-mail: selekcia@sibgtu.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>3</sup> *Eduard Kolosovsky* – graduate student of Agricultural Sciences, Professor of the Department of breeding and planting SibSU, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology Krasnoyarsk, Russian Federation. Tel.: (391)227-58-09. E-mail: selekcia@sibgtu.ru

## 4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ



Forestry Academy of Sciences  
of Ukraine

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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411909>

Article received 2018.10.06

Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Yu. Kahaniak

[kaganiak@yahoo.ca](mailto:kaganiak@yahoo.ca)

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*644.2+630\*612

### Структура букових деревостанів у господарствах із різною інтенсивністю використання запасу деревини

Ю. Й. Каганяк<sup>1</sup>, І. С. Ільків<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>

*Дані про структуру лісових масивів з різним режимом використання деревного запасу є важливою основою організації форм господарства та їх багатоваріантності. Об'єктом дослідження виступають букові лісові деревостани, що ростуть у лісовому фонді із різною інтенсивністю ведення господарства. Встановлено тенденції між режимом використання запасу деревини та основними біометричними і структурними показниками деревостану. Методи перелікової лісової таксації вважаються найбільш адекватними для отримання надійних первинних даних про структуру букових деревостанів. Відбір об'єктів у лісостанах різних категорій захисності дає змогу врахувати інтенсивність використання лісових ресурсів.*

*Відібрано характерні об'єкти, які представлені буковими деревостанами Карпатського біосферного заповідника, Національного природного парку «Сколівські Бескиди» та державного підприємства «Славське лісове господарство». Букові деревостани близькі за величиною запасу та середньою висотою, але різні за інтенсивністю ведення лісового господарства. Для таких об'єктів перерозподіл кількості дерев і запасу між ярусами різний. Встановлено зв'язок між режимом господарської діяльності та біометричними характеристиками ярусів. Помітна різниця середніх величин та показників мінливості для таких ознак як діаметр, висота і об'єм стовбура дерева.*

*Зменшення інтенсивності використання запасу деревини корелює із збільшенням структурної складності деревостану. Раціональне використання лісових ресурсів практично має узгодити час адаптації деревостану на антропогенний тиск із величиною вилученого запасу в процесі реалізації системи лісогосподарських заходів.*

**Ключові слова:** діаметр; висота; об'єм; товарність; розподіл; кількість дерев; ярус; лісові ресурси.

<sup>1</sup> Каганяк Юліан Йосипович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-587-42-66. E-mail: [kaganiak@yahoo.ca](mailto:kaganiak@yahoo.ca); [y.kaganyak@nltu.edu.ua](mailto:y.kaganyak@nltu.edu.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9215-3922>

<sup>2</sup> Ільків Іван Стефанович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-926-45-61. E-mail: [ilkiv@sc.net.ua](mailto:ilkiv@sc.net.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8863-8708>

<sup>3</sup> Гаврилюк Сергій Анатолійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-068-760-91-99. E-mail: [serhiy\\_havrylyuk@nltu.edu.ua](mailto:serhiy_havrylyuk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624>



**Вступ.** Стабільність лісгосподарської діяльності з урахуванням екологічних імперативів вважають вагомою ознакою ефективного менеджменту лісового підприємства (Kravets, Lakyda & Shvydenko, 1999, Tunytsia, 2002, Streit, Commarmot, Temperli & Brang, 2008). Відомо, що стабільність будь-якої системи (напр., лісгосподарського підприємства) залежить від її здатності до адаптації, тобто адекватної реакції на різноманітні збурення. Основою підприємства (його територіальним базисом та основним фондом) є лісові землі, зокрема вкриті лісовою рослинністю. Ліс характеризується високою пластичністю до різних втручань. Однак, основним результатом таких втручань є відхилення від норми перебігу ростових процесів та зміни у структурі деревостану в конкретних лісорослинних умовах. Ступінь відхилення від норми впливає на стійкість й продуктивність лісу, визначає його економічну та екологічну цінність, а відтак є вагомою передумовою багатоваріантності форм організації господарства (Antanaitys, Djalutvas & Mazheika, 1985, Verkhunov, 1983).

З практичного боку структуру лісостану (деревостану) диференціюють за віковим критерієм. Зокрема, мова йде про екосистеми, представлені одновіковими та різновіковими деревостанами, що становлять її основу (Anyshyn, 1987, Myklush, 2011). Такі деревостани вивчалися в лісівничо-таксаційному аспекті дослідниками тривалий час (Kahaniak & Rehush, 2014, Kopii, 2000, Rehush & Kahaniak, 2014, Rehush & Kahaniak, 2015, Pretzsch, 2001, Felyv, 1978, Molotkov, 1966).

З науковою метою та для практики ведення лісового господарства актуальним завданням є порівняння структури букових деревостанів у лісовому фонді підприємств із різною інтенсивністю ведення господарства. Такі дані дають уявлення про вихід сортиментів під час лісокористування залежно від рівня втручання людини у перебіг процесів росту і розвитку деревостанів.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт досліджень* – букові лісові деревостани, що ростуть у держлісфонді підприємств із різною інтенсивністю ведення господарства. *Предмет досліджень* – структура розподілу дерев за ярусами, діаметрами, висотами, сортиментами букових деревостанів у лісовому фонді підприємств із різною ефективністю ведення лісового господарства в них. *Метою роботи* є встановлення залежності між структурою різних вікових категорій букових деревостанів та інтенсивністю господарської діяльності в таких об'єктах.

Вікова категорія деревостану встановлена після визначення розмаху варіації віку дерев бука на пробній площі або на її межах. До категорії різновікового віднесено деревостан з розмахом варіації віку дерева більше, ніж половина віку головної рубки; до одновікових – розмах варіації віку дерев не більше 1-3 років; до умовно одновікових – розмах варіації віку дерев у межах класу віку. Вік деревостану встановлено на пробній площі або на її меж-

ах, шляхом підрахунку річних шарів дерева на відземку стовбура.

На наш погляд, найкраще інтенсивність господарської діяльності відображається категорією захисності, в якій найповніше уточнюються задачі ведення лісового господарства та використання лісу. Зокрема, категорією захисності враховується величина віку та спосіб головної рубки, особливості проведення рубок догляду тощо.

Відповідно до мети дослідження, були підібрані об'єкти у лісах окремих категорій захисності – в букових деревостанах. Так, як об'єкт з найбільшими обмеженнями у режимі користування вибрано різновіковий деревостан на території Карпатського біосферного заповідника (КБЗ). Умовно одновіковий деревостан із відносно давнім антропогенним втручанням відібрано для дослідження на території Національного природного парку «Сколівські Бескиди» (НПП). Найвища інтенсивність лісокористування, а, відповідно, й найменш регульований режим ведення лісового господарства, планується для експлуатаційних одновікових деревостанів. Таке лісове насадження досліджено на території Державного підприємства «Славське лісове господарство» (ДП).

Обчислення таксаційних показників для букових деревостанів здійснено на основі первинних даних заміру відповідних ознак для кожного дерева на пробних ділянках: діаметра стовбура на висоті 1,3 м та висоти дерева бука.

Видове число стовбура бука лісового визначено після опрацювання адекватних моделей за даними таблиць видових чисел стовбурів (Normative reference materials..., 1987), які враховують категорію деревостану (різновіковий, одновіковий), а також висоту дерева та діаметр стовбура на висоті 1,3 м. У довіднику наведені видові числа, які за віковим критерієм відображають величину цього показника для двох категорій букових деревостанів у Карпатах – одновікових і різновікових.

Моделі визначення видових чисел для одновікових і різновікових букових деревостанів у Карпатах подано в табл. 1.

Видове число є лише відображенням структури деревостану, тобто похідною характеристикою. Безпосередньо на величину видового числа впливає діаметр стовбура на 1,3 м, висота дерева, густина деревостану, просторове розташування дерев тощо. Збільшення розмаху варіації за віком також є причиною зростання мінливості видового числа в деревостані, оскільки збільшується мінливість як діаметрів, так і висот. Крім того, просторове розташування дерев у різновіковому деревостані групує, тобто нерівномірне; для одновікового деревостану, особливо для лісових культур характерне регулярне просторове розташування особин, тобто рівномірне. Цей аспект також позначається на величині видового числа.

Модель залежності висоти дерева від діаметра для букових деревостанів подано в табл. 2.

Таблиця 1

**Модель видових чисел букових деревостанів у Карпатах**

| Деревостан та його категорія      | Обмеження використання моделі | Вигляд моделі видових чисел   |
|-----------------------------------|-------------------------------|---|
| Різновіковий буковий              | для $d \leq 20,0$ см          | $f = 0,5309 - 0,0013 \cdot h - (0,0065 - 0,00021 \cdot h) \cdot d$  |
|                                   | для $d \geq 20,1$ см          | $f = 0,4359 \cdot EXP\left(-\frac{21,705}{d^{1,8671}}\right) \cdot (1 - 0,1243 \cdot h) + 0,0528 \cdot h$   |
| Одновіковий (умовн. одн.) буковий | для $d \leq 20,0$ см          | $f = (0,5867 - 0,007 \cdot d) \cdot EXP((0,0045 \cdot d - 0,0068) \cdot h)$   |
|                                   | для $d \geq 20,1$ см          | $f = 0,354 \cdot \gamma \cdot EXP\left(\left((0,0976 - 0,0312 \cdot \gamma) \cdot \gamma - 0,0711\right) \cdot h\right)$<br>де $\gamma = EXP\left(\frac{0,7423}{d^{0,3766}}\right)$ |

Таблиця 2

**Модель висоти дерев букових деревостанів у Карпатах**

| Деревостан та його категорія     | Вигляд моделі висот   |
|----------------------------------|---|
| Різновіковий буковий (КБЗ)       | $h = 89,564 \cdot EXP\left(-\frac{5,9191}{d^{0,4513}}\right)$ |
| Умовно одновіковий буковий (НПП) | $h = 40,357 \cdot EXP\left(-\frac{12,787}{d^{0,9522}}\right)$ |
| Одновіковий буковий (ДП)         | $h = 42,506 \cdot EXP\left(-\frac{21,228}{d^{1,1641}}\right)$ |

На основі отриманих залежностей визначено об'єм кожного дерева. Для цього застосовано загальноприйняту в теорії лісової таксації формулу

$$V_i = g_i \cdot h_i \cdot f_i$$

Розподіл дерев за ярусами здійснено з використанням верхньої висоти та відповідних обмежень. Верхню висоту визначено як середньоарифметичне значення з подеревного переліку висоти та діаметра дерев бука лісового на пробній площі. З переліку відбирали дерева з діаметрами на 1,3 м, які грубші за середній діаметр ( $d_i > D$ ), а в межах даної ви-

бірки залишено для розрахунку верхньої висоти дерева бука з висотами, вищими за середню висоту ( $h_i > H$ ). Віднесення дерева до конкретного ярусу здійснено шляхом аналізу нерівностей. Дереву, для яких виконується нерівність  $h_i > 2 \times H_v / 3$  віднесено до першого ярусу. Якщо виконується нерівність  $h_i < H_v / 3$ , то дерево віднесено до третього ярусу. Решту дерев віднесено до другого ярусу. Встановлено діапазони висоти дерев для букових деревостанів, які диференційовано за ярусами. Отримані результати подано в табл. 3.

Таблиця 3

**Діапазон висоти дерев за ярусами для букових деревостанів у Карпатах**

| Деревостан         | 1 ярус               |                       | 2 ярус               |                       | 3 ярус               |                       |
|--------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
|                    | мінімальна висота, м | максимальна висота, м | мінімальна висота, м | максимальна висота, м | мінімальна висота, м | максимальна висота, м |
| Різновіковий       | 23,9                 | 23,8                  | 11,9                 | 11,8                  |                      |                       |
| Умовно одновіковий | 20,7                 | 20,6                  | 10,3                 | 10,2                  |                      |                       |
| Одновіковий        | 19,7                 | 19,6                  | 9,8                  | 9,7                   |                      |                       |

**Результати досліджень.** Графічну інтерпретацію залежності висоти дерев бука лісового від діаметра, диференційованих за ярусами, та потрапляння первинних даних обміру в довірчу зону показано на рис. 1-3.

Досліджувані деревостани загалом характеризуються близькими значеннями середньої висоти та запасу. Відрізняються деревостани за величиною

середнього діаметра і кількістю дерев. За віковим критерієм деревостан в ДП «Славське ЛГ» віднесено до одновікового, в НПП «Сколівські Бескиди» – до умовно одновікового, а в Карпатському біосферному заповіднику – до різновікового.

Внаслідок реалізації робіт з перелікової таксації та камерального опрацювання первинних даних отримано основні біометричні характеристики для

букових деревостанів, віднесених до різних груп об'єктів. Результати диференційовано за ярусами, а числова характеристика подана в табл. 4.

Аналіз статистичного ряду об'ємів стовбурів бука виявив як найбільшу мінливість варіантів, так і значну відмінність середнього показника і диспер-

сії для першого ярусу. Зменшення інтенсивності використання лісових ресурсів корелює зі збільшенням середнього об'єму стовбура в першому ярусі приблизно в 2-3 рази при переході до об'єкту наступної категорії захисності. Розмах варіації збільшується в 2-4 рази.

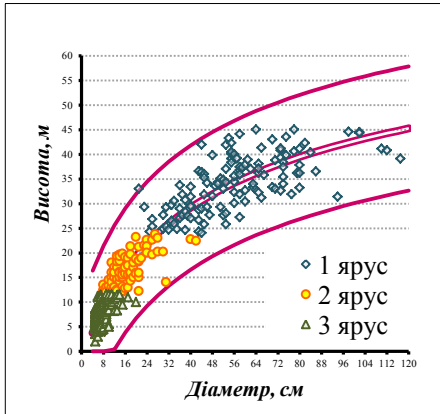


Рис. 1. Функція висоти для різновікового букового деревостану

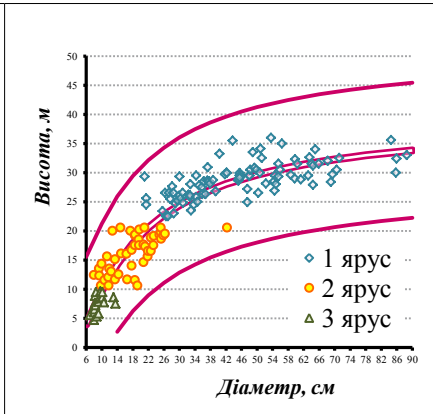


Рис. 2. Функція висоти для умовно одновікового букового деревостану

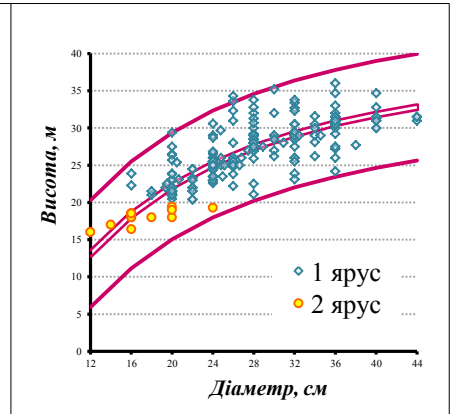


Рис. 3. Функція висоти для одновікового букового деревостану

Таблиця 4

**Основні біометричні характеристики букових деревостанів у Карпатах**

| Ярус                                 | Діаметр  |      |       |         | Висота   |      |      |         | Об'єм стовбура 1 дерева |        |        |         | Запас |
|--------------------------------------|----------|------|-------|---------|----------|------|------|---------|-------------------------|--------|--------|---------|-------|
|                                      | сер. зн. | мін  | мак   | мінлив. | сер. зн. | мін  | мак  | мінлив. | сер. зн.                | мін    | мак    | мінлив. |       |
| Різнорічковий деревостан (КБЗ)       |          |      |       |         |          |      |      |         |                         |        |        |         |       |
| 1 ярус                               | 56,6     | 21,0 | 117,0 | 34,0    | 34,2     | 24,0 | 45,0 | 16,6    | 4,093                   | 0,5340 | 16,26  | 77,9    | 469   |
| 2 ярус                               | 17,0     | 8,0  | 42,0  | 38,7    | 16,5     | 12,0 | 23,8 | 20,8    | 0,2151                  | 0,0302 | 1,305  | 103,1   | 17    |
| 3 ярус                               | 7,2      | 5,0  | 20,0  | 31,4    | 7,5      | 2,0  | 11,6 | 28,8    | 0,0178                  | 0,0020 | 0,1353 | 97,3    | 3     |
| Умовно одновічковий деревостан (НПП) |          |      |       |         |          |      |      |         |                         |        |        |         |       |
| 1 ярус                               | 46,1     | 21,0 | 88,6  | 34,3    | 28,8     | 22,5 | 36,0 | 10,6    | 2,388                   | 0,4183 | 8,21   | 72,0    | 458   |
| 2 ярус                               | 18,1     | 8,0  | 42,3  | 34,8    | 16,1     | 10,6 | 20,5 | 20,3    | 0,2349                  | 0,0318 | 1,249  | 86,1    | 2     |
| 3 ярус                               | 9,3      | 6,9  | 13,5  | 17,8    | 7,5      | 4,7  | 9,6  | 20,2    | 0,0276                  | 0,0109 | 0,0561 | 45,3    | 1     |
| Одновічковий деревостан (ДП)         |          |      |       |         |          |      |      |         |                         |        |        |         |       |
| 1 ярус                               | 27,3     | 16,0 | 44,0  | 20,2    | 26,6     | 20,4 | 36,0 | 12,4    | 0,7731                  | 0,2147 | 2,091  | 49,8    | 468   |
| 2 ярус                               | 17,1     | 12,0 | 24,0  | 17,6    | 18,1     | 16,0 | 19,4 | 5,6     | 0,2054                  | 0,0890 | 0,4034 | 38,5    | 4     |

*Примітка.* Показники середнього значення (сер. зн.) і ліміти (мін, мак) наведені в абсолютних величинах, мінливість (мінлив.) – у відсотках, %; діаметр – у см, висота – у м, об'єм – у м<sup>3</sup>, запас – у м<sup>3</sup>/га.

Для другого ярусу показники мінливості відображають подібну тенденцію. Середні характеристики при цьому близькі. Найістотніше режим використання лісових ресурсів позначається на процесі відтворення. Так, в експлуатаційних лісах третій ярус зазвичай відсутній або незначний. Поясненням може слугувати нижчий вік головного користування. При цьому відомо, що найінтенсивніше поновлення характерне для дерев, які досягли 100-річного віку і вище (Кашаник, 2011).

Специфіку розподілу кількості дерев бука за діаметром подано на рис. 4-6, а за висотою – на рис. 7-9.

Розподіли кількості дерев як за діаметром, так і за висотою дерев бука (див. рис. 4-9) підтверджу-

ють тенденцію деградації ярусу із наймолодшими деревами за збільшення антропогенного втручання, зокрема, ослаблення обмежень щодо використання запасу деревини.

Об'єм стовбура є інтегральною характеристикою і найбільш наглядно відображає перерозподіл деревини в лісовій екосистемі. Розподіл кількості дерев бука за об'ємом стовбура диференційовано за ярусами і подано в табл. 5.

Беручи до уваги форму розподілу кількості дерев бука за об'ємом стовбура (див. табл. 5), товарна структура об'єктів, диференційованих за ярусами, буде істотно відрізнятися.

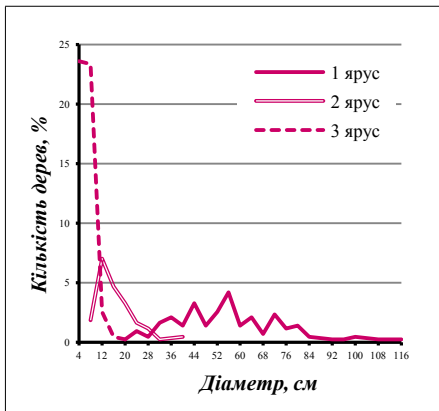


Рис. 4. Розподіл кількості дерев за діаметром для різновікового букового деревостану

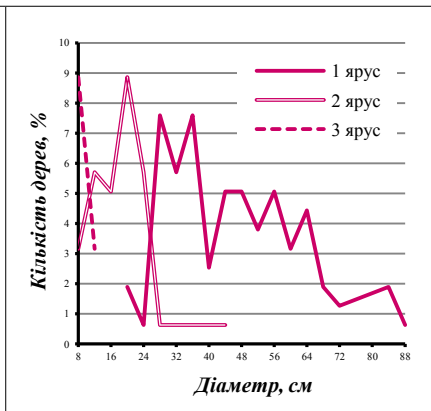


Рис. 5. Розподіл кількості дерев за діаметром для умовно однорічного букового деревостану

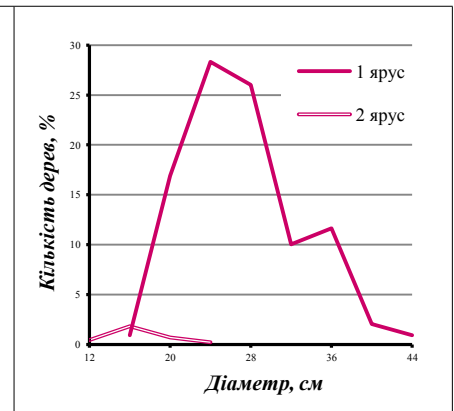


Рис. 6. Розподіл кількості дерев за діаметром для однорічного букового деревостану

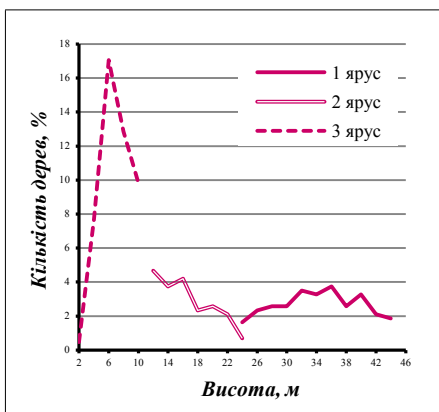


Рис. 7. Розподіл кількості дерев за висотою для різновікового букового деревостану

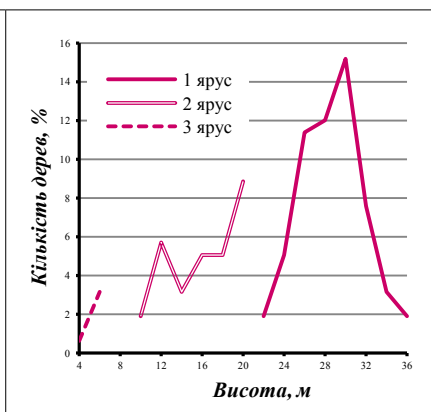


Рис. 8. Розподіл кількості дерев за висотою для умовно однорічного букового деревостану

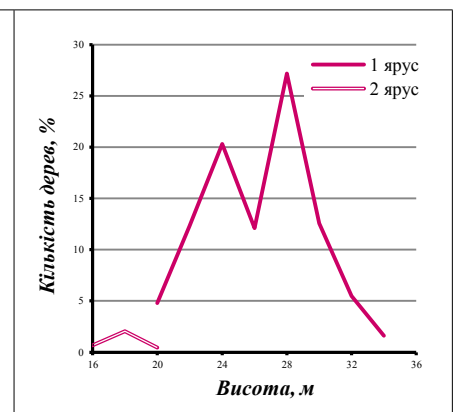


Рис. 9. Розподіл кількості дерев за висотою для однорічного букового деревостану

Так, вихід грубої ділової деревини з першого ярусу в господарствах із низьким або помірним господарським втручанням найвищий (КБЗ – 76%, НПП – 72%), а в господарствах із сильним втручанням (суцільні рубки) – найнижчий (ДП – 49%). Однак, зі збільшенням інтенсивності користування запасом вихід середньої та дрібної ділової деревини з першого ярусу зростає (КБЗ – 3% середньої та 0% дрібної, НПП – 8% та 1%, ДП – 26% та 6% відповідно). Частка дров'яної деревини та технічної сировини при цьому зменшується (КБЗ – 16%, НПП – 15%, ДП – 14%).

Щодо другого ярусу, то чіткої закономірності зміни величини виходу ділової деревини за категоріями крупності на виявлено.

Однак, аналіз результатів матеріальної оцінки запасу третього ярусу (в об'єктах, де він сформований) показав вплив на вихід середньої та дрібної ділової деревини режиму використання лісових ресурсів. Підвищення інтенсивності користування запасом деревини пов'язане зі збільшенням виходу як середньої ділової (на території КБЗ – 4%, НПП – 6%), так і дрібної ділової деревини (на території КБЗ – 11%, НПП – 25%). Збільшується вихід відходів (на території КБЗ – 2%, НПП – 4%).

При цьому частка дров'яної деревини і технічної сировини зменшується (на території КБЗ – 83%, НПП – 65%).

Аналіз виходу ділових сортиментів з першого ярусу також підтверджує припущення про вплив інтенсивності використання запасу. Зворотній зв'язок виявлено між збільшенням інтенсивності користування запасом та виходом струганого шпону (КБЗ – 37%, НПП – 36%, ДП – 26%) й прямий зв'язок – з виходом будівельного лісу (КБЗ – 1%, НПП – 2%, ДП – 6%), балансів (КБЗ – 1%, НПП – 2%, ДП – 7%) та лушеного шпону (КБЗ – 0%, НПП – 1%, ДП – 6%). Менш помітний зв'язок встановлено між інтенсивністю користування та виходом пиловника (КБЗ – 40%, НПП – 40%, ДП – 36%).

Тенденцію впливу інтенсивності використання запасу на вихід ділових сортиментів для другого ярусу не підтверджено. Однак, порівняно з першим ярусом, частка струганого шпону зменшується до 12-14%, а пиловника – до 29-31%. Частка балансів, порівняно з першим ярусом, зростає в 3-20 разів, і досягає 18-20%. Частка будівельного лісу і лушеного шпону, порівняно з першим ярусом, зростають в 1,5-9 разів, і досягають 9%.

Таблиця 5

## Розподіл кількості дерев за об'ємом стовбура для букових деревостанів у Карпатах

| Ярус                                | Параметри  | Величина ступені розподілу кількості дерев за об'ємом стовбура |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                     |            | Частота ступені розподілу кількості дерев за об'ємом стовбура  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                     |            | Різновіковий деревостан (КБЗ)                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1                                   | $V_p, M^3$ | $\leq 0,9$   | 2    | 4    | 6    | 8    | 12   | 14   | 16   | –    | –    | –    |
|                                     | $n_p, \%$  | 2,6  | 10,5 | 7,9  | 4,4  | 2,6  | 0,2  | 0,5  | 0,7  | –    | –    | –    |
| 2                                   | $V_p, M^3$ | $\leq 0,05$  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 1,2  | 1,3  | –    | –    |
|                                     | $n_p, \%$  | 1,6  | 9,3  | 4,2  | 1,6  | 0,9  | 1,2  | 0,9  | 0,2  | 0,2  | –    | –    |
| 3                                   | $V_p, M^3$ | $\leq 0,005$   | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,11 | 0,14 |
|                                     | $n_p, \%$  | 3,7  | 25,0 | 11,4 | 4,0  | 3,5  | 0,7  | 0,5  | 0,5  | 0,5  | 0,2  | 0,2  |
| Умовно одновіковий деревостан (НПП) |            |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1                                   | $V_p, M^3$ | $\leq 0,5$   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 7    | 8    | –    | –    | –    |
|                                     | $n_p, \%$  | 1,9  | 22,2 | 10,8 | 10,8 | 7,0  | 3,2  | 0,6  | 1,9  | –    | –    | –    |
| 2                                   | $V_p, M^3$ | $\leq 0,05$  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 1,2  | –    | –    | –    | –    |
|                                     | $n_p, \%$  | 2,5  | 9,5  | 6,3  | 5,7  | 2,5  | 2,5  | 0,6  | –    | –    | –    | –    |
| 3                                   | $V_p, M^3$ | 0,01   | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | –    | –    | –    | –    | –    |
|                                     | $n_p, \%$  | 1,3  | 4,4  | 3,8  | 1,3  | 0,6  | 0,6  | –    | –    | –    | –    | –    |
| Одновіковий деревостан (ДП)         |            |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1                                   | $V_p, M^3$ | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2,0  | –    |
|                                     | $n_p, \%$  | 0,9  | 19,9 | 25,3 | 24,4 | 9,1  | 3,7  | 9,8  | 1,1  | 1,4  | 1,1  | –    |
| 2                                   | $V_p, M^3$ | 0,08   | 0,12 | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,28 | 0,40 | –    | –    | –    |
|                                     | $n_p, \%$  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 1,4  | 0,2  | 0,2  | 0,5  | 0,2  | –    | –    | –    |

**Висновки.** Під час переходу від лісосічного господарства, що ґрунтується на використанні одновікових деревостанів, до вибіркового, що базується на користуванні різновіковими деревостанами, ускладнюються вікова структура та сортиментна різноманітність запасу деревини.

Збільшення сортиментної різноманітності у вибіркового господарстві зумовлено вищим віком рубки, особливостями росту та якісними характеристиками деревини бука лісового.

За зменшення інтенсивності користування запасом деревини відновлюється структурна складність лісової екосистеми, збільшується кількість ярусів. У межах ярусу зростає мінливість розподілів основних таксаційних показників. За подібної середньої висоти деревостану збільшуються середні висота, діаметр і об'єм стовбура дерев бука лісового у першому ярусі. Відповідно зростає частка грубої ділової деревини, зменшується вихід середньої і дрібної ділової деревини, а також дров (технічної сировини).

Отримані результати підтверджують кращі адаптаційні можливості букового деревостану з нижчою інтенсивністю господарського втручання до перебігу ростових процесів, а також визначають різноманітнішу товарно-сортиментну структуру таких об'єктів.

У практичній діяльності доцільно прагнути до оптимального співвідношення між структурною складністю лісової екосистеми та інтенсивністю використання запасу деревини, що, своєю чергою, потребує оптимізації форми букового господарства та, відповідно, корекції системи лісгосподарських заходів.

## Бібліографічні посилання

- Antanaitys, V., Dialtuvas, R., & Mazheika, Yu. (1985). *Organization and management of forestry based on soil-typology methodology*. Moscow: Ahropromyzdat (in Russian).
- Anyshyn, P. (1987). Inventory of mix-aged fir stands and peculiarities of their management. *Problems of forest economy and forest management at European North*, 63-69. (in Russian).
- Felyv, A. (1978). *Growth, structure and dynamic of marketability of beech stands of Northern Ukrainian Carpathians*. Moscow: Moscow Institute of Forestry (in Russian).
- Kahaniak, Yu., & Rehus, N. (2014). Horizontal structure of beech forests of Transcarpathian. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 135-139 (in Ukrainian).

- Kahaniak, Yu. (2011) Structure of forest generations in mix-aged beech stands of northeast Carpathian Mountains. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 118-120 (in Ukrainian).
- Kopii, L. (2000). Age structure of beech forests of Western region of Ukraine and ways of their regulation. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 10.4, 35-39 (in Ukrainian).
- Kravets, P., Lakyda, P., & Shvydenko A. (1999). Paradigm of sustainable development and biospheric role of Ukrainian forests. *Scientific bulletin of National Agricultural University*, 17, 80-87 (in Ukrainian).
- Molotkov, P. (1966). *Beech forest and their management*. Moscow: Forestry industry (in Russian).
- Myklush, S. (2011). *Flat beech forests of Ukraine: productivity and organization of sustainable management*. Lviv: ZUKTs (in Ukrainian).
- Normative reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova (1987) / Editor A.Z. Shvydenko et al. Kyiv: Harvest (in Russian).
- Pretzsch, H. (2001). *Forest growth modelling*. Berlin: Parey Book Publisher (in German).
- Rehush, N., & Kahaniak, Yu. (2014). Analysis of beech forest canopies on high resolution satellite images. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 24.11, 77-83 (in Ukrainian).
- Rehush, N., & Kahaniak, Yu. (2015). Mutual location of trees in the vertical levels of uneven-aged beech stands. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 25.4, 44-51 (in Ukrainian).
- Streit, K., Commarmot, B., Temperli, C., & Brang, P. (2008). *Inventory in Natural Reserves of Switzerland: Instruction*. Birmensdorf: Federal Scientific Institute WSL (in German).
- Tunytsia, Yu. (2002). *Ecological Constitution of Earth. Idea. Conception. Problems*. Lviv: Publishing Centre of the Ivan Franko National University of Lviv (in Ukrainian).
- Verkhunov, P. (1983). Problems of optimization of forest exploitation on the base of age structure of forests. *Forest inventory and forest management*, 12-18 (in Russian).

## Структура буковых древостоев в хозяйствах с различной интенсивностью использования древесного запаса

Ю. И. Каганяк<sup>1</sup>, И. С. Илькив<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>

Изучение структуры лесных массивов и учёт влияния лесохозяйственных мероприятий являются информационной основой расчёта объёма использования лесных ресурсов. Объектом исследования являются буковые лесные древостои, произрастающие в гослесфонде с различной интенсивностью ведения хозяйства. Цель работы заключается в установлении тенденций между режимом использования древесного запаса и главными биометрическими и структурными показателями древостоев. Методы перечислительной лесной таксации считаются наиболее адекватными для получения надёжных первичных данных о структуре буковых древостоев. Отбор объектов различных категорий защитности позволяет учесть интенсивность использования лесных ресурсов.

Отобраны характерные объекты, которые представлены буковыми древостоями Карпатского биосферного заповедника, Национального природного парка «Сколивские Beskidy» и государственного предприятия «Славское лесное хозяйство». Исследуемые буковые древостои похожи по величине запаса и средней высоте, но различаются по интенсивности ведения лесного хозяйства. В таких объектах отличается распределение количества деревьев и запаса стволовой древесины между ярусами. Установлена связь между режимом хозяйственной деятельности и биометрическими характеристиками ярусов. В исследованных объектах отличаются средние величины и показатели изменчивости для диаметра, высоты и объёма ствола дерева.

Анализ распределения количества деревьев бука по диаметру, высоте и объёму ствола, а также оценка товарности запаса по ярусам, подтверждает предположение о наличии связи между выходом деловых сортиментов и интенсивностью использования древесного запаса.

<sup>1</sup> Каганяк Юлиан Иосифович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-587-42-66. E-mail: kaganiak@yahoo.ca; y.kaganyak@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9215-3922>

<sup>2</sup> Илькив Иван Стефанович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-926-45-61. E-mail: ilkiv@sc.net.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8863-8708>

<sup>3</sup> Гаврилюк Сергей Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-068-760-91-99. E-mail: serhiy\_havrylyuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624>



Уменьшение интенсивности использования древесного запаса коррелирует с увеличением структурной сложности древостоя. Рациональное использование лесных ресурсов практически предполагает согласование времени адаптации древостоя с величиной антропогенного давления, то есть с величиной изъятого в процессе реализации системы лесохозяйственных мероприятий запаса.

Трансформация лесосечного хозяйства, основанного на пользовании одновозрастного древостоя, в выборочное, основанного на пользовании разновозрастным древостоем, усложняет возрастную структуру и сортиментное разнообразие древесного запаса.

Увеличение сортиментного разнообразия выборочного хозяйства объясняется высоким возрастом рубки, особенностями роста и качественными характеристиками древесины бука лесного. Результаты исследования подтверждают лучшую адаптацию букового древостоя с более разнообразной товарно-сортиментной структурой, то есть с менее интенсивным хозяйственным вмешательством в процессы роста.

Целесообразно стремиться к определённому соотношению между структурной сложностью лесной экосистемы и величиной использования древесного запаса. Это требует оптимизации формы букового хозяйства, коррекции системы лесохозяйственных мероприятий.

**Ключевые слова:** диаметр; высота; объём; товарность; распределение; количество деревьев; ярус; лесные ресурсы.

### Structure of beech stands in management systems with different intensity of wood stock using

Yu. Kahaniak<sup>1</sup>, I. Ilkiv<sup>2</sup>, S. Havryliuk<sup>3</sup>

Investigation of the structure of forest massifs and taking into consideration the influence of forestry activities is as an informational base for optimization

<sup>1</sup> *Yulian Kahaniak* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University. Hen. Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-587-42-66. E-mail: kaganiak@yahoo ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9215-3922>

<sup>2</sup> *Ivan Ilkiv* – PhD of Agricultural Science, Associate Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University. Hen. Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-926-45-61. E-mail: ilkiv@sc.net.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8863-8708>

<sup>3</sup> *Serhii Havryliuk* – PhD of Agricultural Science, Associate Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University. Hen. Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-068-760-91-99. E-mail: serhiy\_havryliuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624>

of intensity of using forest resources. The beech forest stands in different categories of protection is an investigation object. The aim of investigation is to estimate the tendencies of dependence between the regime of stock volume using and main biometrical and structural indexes of stands. The methods of forest enumeration cruising most adequate for receiving of effective primary data about structure of beech stands is considered. The sorted stands from areas with different regimes let to take into consideration the intensity of forest resources using.

There were sorted the typical objects in beech stands of Carpathian Biosphere Reserve, National Nature Park «Skolivski Beskydy» and Slavsk State Forestry Enterprise. These beech stands are similar by wood stock and average height, but different by intensity of forest resources using. For these objects redistribution of trees counts and stock between stand levels are differencing. The relations between forest management regime and biometrical indexes of stand levels were determined. It was estimated the differentiations between average values and indexes of variation of diameters, height and stems volume.

The analysis of trees count distribution by diameter, height and stock and estimation of merchantable of volume by tree levels is confirmed hypothesis about availability of relations between counts of high quality wood and intensity of volume stock using.

The decreasing of intensity of volume stock using is correlating with increasing of complexity of stands. The sustainable using of forest resources for practice must to be agreed with time of stands adaptation to anthropogenic influence with volume of cutting stock in process of realization of forestry activities system.

The transformation of forest cutting fund management, which basing on using even-aged stands, to selective management, which basing on using uneven-aged stands, is complicated the age structure and assortmental diversity of volume stock.

Increasing of assortmental diversity in selective management is explained by high cutting age, the peculiarities of growth and quality characteristics of beech wood. The results of investigation confirm the better adaptation of beech stands with different merchantable and assortment structure in other word with less intensity of human management in growth processes.

It is reasonable to attempt to specific proportion of structural complexity of forest ecosystem and value of using volume stock. It is require the optimization of beech management form, correction of forest activity system.

**Key words:** diameter; height; volume; commodity; distribution; tree counts; stand level; forest resources.



Forestry Academy of Sciences  
of Ukraine

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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411910>  
Article received 2018.09.27  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Petro Lakyda  
[lakyda@nubip.edu.ua](mailto:lakyda@nubip.edu.ua)

Heroyiv Oborony st., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 633.877.3;630\*2(292.486)

## Нормативи оцінки продуктивності крони соснових деревостанів в умовах Північного Степу України

П. І. Лакида<sup>1</sup>, В. М. Ловинська<sup>2</sup>

*Наведено результати оцінювання фітомаси компонентів крони соснових деревостанів в умовах Північного Степу України. Сформовано робочий масив даних для соснових деревостанів із врахуванням таксаційних показників та фітомаси структурних компонентів крони. Охарактеризовано закономірності статистичного розподілу фітомаси деревної зелені у свіжозрубаному стані, фітомаси гілок та фітомаси хвої в абсолютно сухому стані. Подано результати кореляційного аналізу компонентів фітомаси крони модальних деревостанів із основними таксаційними показниками насаджень. Найтісніший прямий кореляційний зв'язок простежено між фітомасами деревної зелені, гілок та хвої з показником відносної повноти деревостанів. Виявлено прямий достовірний, середньої сили зв'язок фітомаси гілок деревостану в абсолютно сухому стані із середнім діаметром насаджень. Побудовано регресійні математичні моделі для оцінки фітомаси компонентів параметрів крони, в яких вхідними аргументами є середній діаметр, середня висота та відносна повнота деревостанів. Коефіцієнти детермінації для отриманих моделей знаходяться у межах від 0,69 до 0,74. Усі розроблені моделі демонструють прямий позитивний зв'язок між фітомасою будь-якого структурного компонента крони деревостану із середнім діаметром та відносною повнотою насадження, тоді як із висотою деревостану зв'язок є оберненим. Наведено нормативні таблиці для оцінки фітомаси деревної зелені, гілок та хвої, значення яких збільшується зі збільшенням середнього діаметра, тоді як зі збільшенням середньої висоти насадження іде на спад. Проведено порівняльний аналіз показників фітомаси компонентів стовбура соснових деревостанів із результатами досліджень, встановленими для інших природно-кліматичних зон України.*

**Ключові слова:** *Pinus sylvestris L.; модель фітомаси деревостану; деревна зелень; гілки; хвоя; Дніпропетровська область.*

**Вступ.** Кіотський протокол, який було прийнято у 1997 р., став першим важелем світового масштабу, в якому порушено питання боротьби із антропогенною зміною клімату на глобальному рівні. Цей документ зобов'язав наукове співтовариство розробити стратегію компенсації промислових викидів біологічною фіксацією атмосферного вуглецю як основного біогена планети і стимулював перший крок людства в напрямку пізнання біології глобаль-

ного вуглецевого циклу. Щоб зменшити економічне навантаження на глобальну проблему зміни клімату, економічна кліматична політика має мотивувати заходи щодо пом'якшення клімату в порядку витрат, починаючи з найдешевших, а після цього переходити до дорожчих заходів (Pohjola et al., 2018).

Поглинання вуглецю лісовими насадженнями відіграє ключову роль в аспекті впровадження подібних заходів, адже істотне скорочення викидів

<sup>1</sup> *Лакида Петро Іванович* – академік Лісівничої академії наук України, професор, доктор сільськогосподарських наук, директор навчально-наукового інституту лісового і садово-паркового господарства НУБіП України. Національний університет біоресурсів та природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: (044) 527-85-28, +38-067-462-80-43. E-mail: [lakyda@nubip.edu.ua](mailto:lakyda@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

<sup>2</sup> *Ловинська Вікторія Миколаївна* – кандидат біологічних наук, доцент кафедри садово-паркового господарства. Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, 49060, Україна. Тел.: +38-067-769-63-29; E-mail: [glub@ukr.net](mailto:glub@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7359-9443>

діоксиду вуглецю може бути отримано за відносно низьких витрат (Vass & Elofsson, 2016).

Біологічну продуктивність лісів розглядають як їх основну характеристику, що визначає перебіг процесів у лісових екосистемах і використовують для екологічного моніторингу за сталого ведення лісового господарства. Моделювання продуктивності лісів обов'язково здійснюють з урахуванням глобальних змін клімату, із вивченням структури та біорізноманіття лісового насадження, оцінкою вуглецедепонувальних властивостей лісів тощо (Fowler et al., 2002, Grote & Reiter, 2004, Fernández et al., 2011, Rogozin & Razin, 2015, Faraway, 2016).

Надання інформації щодо комплексної оцінки фітомаси насаджень є обов'язковою умовою у процесі виконання програм із моніторингу лісів (Turski et al., 2008, He et al., 2013). Значна кількість робіт, що здійснюється у цьому напрямі, характеризується комплексним підходом під час оцінки основних складників біологічної продуктивності з використанням при цьому біометричних і статистичних методів (Usoltsev, 2005, 2007, Lakyda, 2002).

Розвиток крони дерев супроводжується приростом їх асиміляційної частини та гілок і наступною диференціацією дерев у насадженні (Lakyda et al., 2012, Basuki, 2015). На ріст і розвиток дерева і, зокрема, гілок, листя (хвої) впливають кліматичні, едафічні, біотичні, антропогенні чинники (Barthélémy & Caraglio, 2007, Goodman et al., 2014). Саме від них залежать показники фітомаси крони (сумарна маса всіх живих гілок крони з листям (хвоєю), у тому числі двійчаток, пасинків), які навіть у дерев одного виду й одного віку можуть відрізнятися, і з цієї причини важко піддаються обліку і прогнозуванню їхньої динаміки (Hasenauer & Monserud, 1996, Lakyda & Matushevich, 2006, Mäkelä & Valentine, 2006, Poudel et al., 2015).

Сосна звичайна є одним із найневибагливіших деревних видів до умов навколишнього середовища, але водночас і найбільш господарсько цінною деревною породою. Поєднання невибагливості сосни до лісорослинних умов, швидкий ріст, значні запаси стовбурової деревини і виходу ділових сортиментів є причиною того, що саме ця порода є найпоширенішою в Європі загалом та в Україні зокрема (Kraakau et al., 2013, Tóth et al., 2017). Сосна є головною лісотвірною породою і в степовій зоні України, а у межах Дніпропетровської обл. формує деревостани на площі 24,6% вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок.

Проаналізувавши літературні джерела щодо стану вивчення біопродуктивності соснових насаджень різних регіонів України, не виявлено подібної інформації для сосняків Північного Степу України. З огляду на це *актуальним* є питання побудови моделей та розроблення нормативно-відповідного забезпечення фітомаси компонентів деревостанів сосни звичайної, які ростуть у межах Дніпропетровського регіону.

**Матеріали й методи.** *Об'єктом дослідження* стали деревостани сосни звичайної в умовах Пів-

нічного Степу України. *Предмет дослідження* – біопродуктивність компонентів крони соснових деревостанів Північного Степу України. *Мета дослідження* – розробити моделі та нормативи оцінки компонентів фітомаси крони деревостанів сосни звичайної для досліджуваного регіону.

Оцінку біологічної продуктивності за компонентами фітомаси крони соснових насаджень проводили шляхом поєднання емпіричних і теоретичних методів. Всього закладено 20 тимчасових пробних площах (ТПП) у межах лісового фонду державних підприємств Дніпровського обласного управління лісового і мисливського господарства. Під час польових та лабораторно-камеральних досліджень використовували апробовану для таких цілей методику (Lakyda, 2002). Відбір модельних дерев (МД) на ТПП здійснювали за принципом їх репрезентативності до розподілу за ступенями товщини з урахуванням значень висот дерев. Результати вимірювань відібраних випадковим способом на модельних деревах модельних гілок (фракція деревної зелені) з нижньої, серединної та верхівкової частин крони, використано для визначення частки хвої у фракції деревної зелені та вмісту сухої речовини у хвої. Для дослідження показників щільності деревини та кори гілок крони використовували спеціальну формулу (Lakyda, 2002).

Статистичне оброблення даних та пошук багатомірних регресійних моделей результатів досліджень здійснено за допомогою Excel та програми STATISTICA 10 (Stat Soft Inc., 2011). Спеціальне оброблення дослідних даних виконано за допомогою прикладних програм PERTA, ZRIZ, PLOT, пов'язаних із кількісною та якісною оцінкою компонентів фітомаси крони деревостану (Lakyda, 2002).

Сформовано робочий масив даних таксаційних показників для соснових деревостанів із врахуванням таких характеристик: середній діаметр ( $D$ ), середня висота ( $H$ ), фітомаса деревної зелені у свіжозрубаному стані ( $Ph_{оз}$ ), фітомаса гілок в абсолютно сухому стані ( $Ph_{зш}$ ), фітомаса хвої в абсолютно сухому стані ( $Ph_{хв}$ ) і таксаційний показник тимчасових пробних площ – відносна повнота ( $P$ ) деревостану. Віковий діапазон досліджуваних деревостанів становив 9-87 років, а варіювання відносних повнот виявилось досить широким і становило 0,13-1,04. Алгоритм обробки даних включав їх статистичне оброблення, кореляційний аналіз, пошук регресійних залежностей та розробку нормативів компонентів фітомаси крони сосни звичайної залежно від таксаційних показників деревостану.

**Результати досліджень.** Для встановлення адекватності моделей з визначення фітомаси компонентів крони, було виконано статистичний аналіз із розрахунком мінімального ( $min$ ) та максимального ( $max$ ) значень, середнього арифметичного показника ( $\bar{X}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ), асиметрії ( $A$ ) та ексцесу ( $E$ ) (табл. 1).

За результатами розподілу біометричних показників та компонентів фітомаси крони, в усіх випадках

виявлено їх невідповідність нормальному розподілу через перевищення критичного значення асиметрії ( $A_{кр} - 0,723$ ), окрім показників середньої висоти та відносної повноти деревостану. Також встановлено перевищення критичного значення ексцесу розподілів ( $E_{кр} - 0,843$ ) у випадках розподілів як фітомаси деревної зелені, гілок, так і хвої деревостанів. Криві розподілів фітомаси усіх компонентів крони характеризуються гостровершинністю. Біометричні пара-

метри сосняків (крім повноти) характеризуються лівосторонньою асиметрією, туповершинністю кривої розподілу ексцесу для середнього віку деревостану та гостровершинністю значень середніх показників діаметра, висоти та відносної повноти.

Для визначення тісноти зв'язку компонентів фітомаси крони соснових деревостанів з їх основними таксаційними характеристиками здійснено кореляційний аналіз, результати якого наведено у табл. 2.

Таблиця 1

**Статистична характеристика розподілу таксаційних показників та компонентів фітомаси крони деревостанів сосни звичайної**

| Ознака                          | Значення   |            | Статистики |          |          |          |
|---------------------------------|------------|------------|------------|----------|----------|----------|
|                                 | <i>min</i> | <i>max</i> | $\bar{X}$  | $\Sigma$ | <i>A</i> | <i>E</i> |
| $D_{l,3'}$ , см                 | 4,6        | 40,2       | 21,8       | 8,0      | -0,416   | 1,604    |
| <i>H</i> , м                    | 2,8        | 30,5       | 19,4       | 7,2      | -1,005   | 1,225    |
| <i>P</i>                        | 0,13       | 1,04       | 0,56       | 0,17     | 0,349    | 3,803    |
| $Ph_{оз.}$ , т·га <sup>-1</sup> | 2,0        | 39,7       | 11,3       | 8,7      | 1,786    | 4,904    |
| $Ph_{зл.}$ , т·га <sup>-1</sup> | 0,68       | 22,3       | 6,5        | 5,1      | 1,490    | 3,604    |
| $Ph_{хв.}$ , т·га <sup>-1</sup> | 0,68       | 12,4       | 3,5        | 2,8      | 1,892    | 4,337    |

Таблиця 2

**Коефіцієнти кореляції компонентів фітомаси крони деревостанів сосни звичайної з їх таксаційними ознаками**

| Показник                        | $D_{l,3'}$ , см | <i>H</i> , м | <i>P</i> | $Ph_{оз.}$ , т·га <sup>-1</sup> | $Ph_{зл.}$ , т·га <sup>-1</sup> | $Ph_{хв.}$ , т·га <sup>-1</sup> |
|---------------------------------|-----------------|--------------|----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| $D_{l,3'}$ , см                 | 1               | –            | –        | –                               | –                               | –                               |
| <i>H</i> , м                    | 0,92            | 1            | –        | –                               | –                               | –                               |
| <i>P</i>                        | 0,35            | 0,34         | 1        | –                               | –                               | –                               |
| $Ph_{оз.}$ , т·га <sup>-1</sup> | 0,44            | 0,31         | 0,72     | 1                               | –                               | –                               |
| $Ph_{зл.}$ , т·га <sup>-1</sup> | 0,45            | 0,31         | 0,69     | 0,97                            | 1                               | –                               |
| $Ph_{хв.}$ , т·га <sup>-1</sup> | 0,38            | 0,26         | 0,71     | 0,98                            | 0,94                            | 1                               |

Аналіз результатів коефіцієнтів кореляції виявив прямий достовірний середньої сили зв'язок фітомаси гілок деревостану із середнім діаметром насаджень. Наявність прямого високого за тіснотою зв'язку відзначено у варіантах між фітомасами усіх компонентів крони і відносною повнотою насаджень. Кореляційні зв'язки між фітомасою деревної зелені, фітомасою гілок, фітомасою хвої з висотою деревостану виявились лінійними, однак низькими та незначимими на 5%-му рівні.

Пошук математичних моделей взаємозв'язку компонентів фітомаси крони соснових деревостанів регіону досліджень із основними таксаційними характеристиками насаджень здійснювали за допомогою методу прямої регресії. При цьому як аргументи регресійних залежностей були середній діаметр, середня висота та відносна повнота насаджень.

Отже, для прямої регресії використовували таку алометричну залежність:

$$Ph_i = f(D, H, P),$$

де  $Ph_i$  – відповідні компоненти крони фітомаси деревостанів сосни звичайної, т·га<sup>-1</sup>;

$f(D, H, P)$  – функції відповідних таксаційних ознак деревостану.

Значущість впливу аргументів на досліджувану фітомасу компонентів крони оцінювали на 5%-му рівні за довірчими інтервалами коефіцієнтів регресії. Потрібно зазначити, що введення у регресійні рівняння такого фактора впливу, як відносна повнота насаджень, який мав тісний кореляційний зв'язок із усіма компонентами фітомаси крони, дало змогу значно покращити статистичні параметри адекватності побудованих моделей. Отже, внаслідок багатоваріантного пошуку, відібрано регресійні моделі, які рекомендовано для побудови нормативних таблиць оцінки надземної фітомаси компонентів крони соснових деревостанів для досліджуваного регіону (табл. 3).

Наведені моделі адекватно описують дослідні дані, про що свідчать досить високі значення коефіцієнтів детермінації ( $R^2 = 0,69-0,74$ ). В усіх розроблених рівняннях спостерігається прямий зв'язок між фітомасою будь-якого компоненту крони деревостану із середнім діаметром та відносною повнотою насаджень, тоді як з висотою деревостану зв'язок є оберненим. Це узгоджується із результатами досліджень інших авторів, які зазначають, що зі збільшенням середньої висоти деревостану, але за

однакових значень середнього діаметра та відносної повноти, процес нагромадження біопродукції крони у насадженнях уповільнюється (Bilous, 2010, Lakyda et al., 2013).

Оцінювання фітомаси гілок в абсолютно сухому стані, хвої в абсолютно сухому стані, деревної зелені у свіжозрубаному стані проводили з урахуванням таких показників: базисної щільності гілок у корі (417 кг·(м<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>); вмісту абсолютно сухої речовини у хвої (0,520); частки хвої у деревній зелені (59,6%).

Моделі для оцінки фітомаси компонентів крони стали підґрунтям для практичного їх втілення

в розроблення нормативно-довідникового забезпечення соснових модальних деревостанів із використанням трьох змінних – середнього діаметра, середньої висоти та відносної повноти насадження. Варіювання середніх діаметрів деревостанів спостережено в межах від 4 до 30 см, середніх висот – від 4 до 28 м, відносних повнот – від 0,6 до 0,9.

Фрагмент нормативних таблиць (відносна повнота модальних деревостанів 0,8) для оцінки фітомаси крони сосняків у досліджуваному регіоні наведено у табл. 4.

Таблиця 3

**Моделі для оцінювання компонентів фітомаси крони деревостанів сосни звичайної**

| Номер моделі | Вид рівняння   | Коефіцієнт детермінації |
|--------------|--|-------------------------|
| 1            | $Ph_{\text{гил.}} = 1,335 \cdot D^{1,702} \cdot H^{0,983} \cdot P^{1,443}$ | 0,71                    |
| 2            | $Ph_{\text{хв.}} = 1,136 \cdot D^{1,212} \cdot H^{0,582} \cdot P^{1,702}$  | 0,69                    |
| 3            | $Ph_{\text{дз}} = 2,312 \cdot D^{1,362} \cdot H^{0,599} \cdot P^{1,604}$   | 0,74                    |

Таблиця 4

**Фітомаса крон дерев соснових деревостанів, т·га<sup>-1</sup>**

| Середній діаметр, см           | Середня висота, м |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|-------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                | 4                 | 6   | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |
| Відносна повнота насаджень 0,8 |                   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4                              | 4,5               | 3,2 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6                              | 8,3               | 5,9 | 4,7  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8                              |                   | 9,1 | 7,2  | 6,0  | 5,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10                             |                   |     | 10,1 | 8,4  | 7,2  | 6,4  |      |      |      |      |      |      |      |
| 12                             |                   |     | 13,3 | 11,0 | 9,5  | 8,4  | 7,5  |      |      |      |      |      |      |
| 14                             |                   |     |      | 14,0 | 12,0 | 10,5 | 9,4  | 8,6  | 7,9  |      |      |      |      |
| 16                             |                   |     |      |      | 14,7 | 12,9 | 11,6 | 10,5 | 9,6  | 8,9  |      |      |      |
| 18                             |                   |     |      |      |      | 15,5 | 13,8 | 12,5 | 11,5 | 10,6 | 9,9  |      |      |
| 20                             |                   |     |      |      |      |      | 16,2 | 14,7 | 13,5 | 12,4 | 11,6 |      |      |
| 22                             |                   |     |      |      |      |      |      | 17,0 | 15,6 | 14,4 | 13,4 |      |      |
| 24                             |                   |     |      |      |      |      |      |      | 17,8 | 16,4 | 15,3 | 14,3 |      |
| 26                             |                   |     |      |      |      |      |      |      |      | 18,5 | 17,2 | 16,1 | 15,2 |
| 28                             |                   |     |      |      |      |      |      |      |      |      | 19,3 | 18,0 | 17,0 |
| 30                             |                   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 20,0 | 18,8 |

За результатами дослідження, фітомаса деревної зелені, гілок та хвої деревостанів сосни звичайної збільшується зі зростанням середніх діаметрів насаджень. Однак зі збільшенням висоти дерев у межах одного діаметра, фітомаса компонентів крон соснових деревостанів спадає.

За результатами аналізу фітомаси крон сосняків за їх структурними частинами виявлено поступове зменшення фітомаси хвої із збільшенням віку деревостанів (рис. 1). Так, у дерев з діаметром 30 см, порівняно з екземплярами діаметром 8 см, частка хвої у кроні зменшується на 5% із відповідним збільшенням частки гілок, що узгоджується із постулатами біологічної природи формування крони

сосни звичайної у насадженні із віком. Подібні тенденції змін структури крони дослідники визначили для деревних порід інших природних зон України (Lakyda, 2002, Bilous, 2010).

Важливим етапом проведених досліджень є порівняння отриманих даних із результатами досліджень інших науковців, які опрацьовували отримані результати за аналогічними методиками. Однак на сьогодні немає нормативів, розроблених подібним способом для соснових деревостанів, що ростуть в умовах Північного Степу України. З огляду на це, отримані дані порівнювали із результатами, знайденими для деревостанів сосни звичайної інших природних зон України (рис. 2).

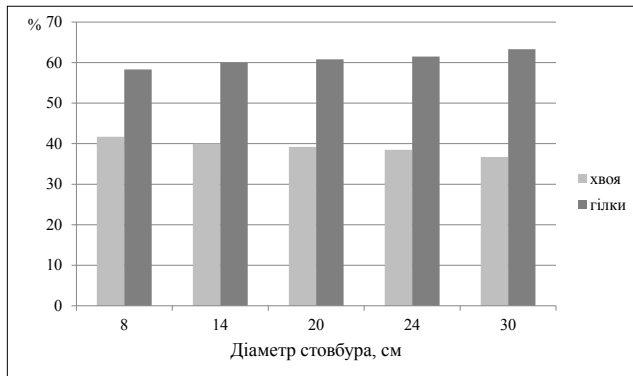


Рис. 1. Зміна структури фітомаси крони сосняків залежно від діаметра дерев (відносна повнота модальних деревостанів 0,8): при D=8 см, H=10 м; D=14 см, H=16 м; D=20 см, H=22 м; D=24 см, H=26 м; D=30 см, H=28 м

Отже, порівняно із сосновими деревостанами зони Полісся та Лісостепу (Lakyda, 2002), значення фітомаси хвої та гілок в абсолютно сухому стані є нижчими за однакових діаметрів (у цьому випадку 16 см). Окрім цього, зафіксовано сильнішу інтенсивність спадання величини фітомаси гілок зі зростанням середньої висоти деревостану, отриманих за результатами наших досліджень, порівняно із раніше отриманими даними для Полісся та Лісостепу. Відмінність отриманих результатів, насамперед, пояснюють різними географічними зонами, а нижчі показники фітомаси окремих компонентів крони в умовах степової зони свідчать про менш сприятливі кліматичні умови росту для деревостанів сосни звичайної у досліджуваному регіоні.

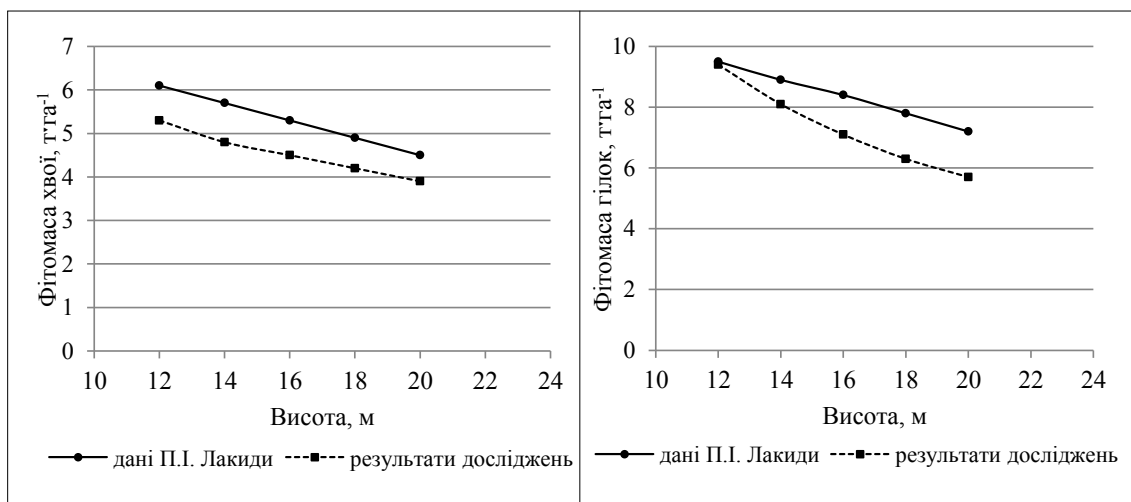


Рис. 2. Зміна фітомаси хвої та гілок в абсолютно сухому стані залежно від середньої висоти за сталого середнього діаметра насадження (16 см)

**Висновки.** За результатами статистичного аналізу, криві розподілів фітомаси усіх досліджуваних компонентів крони характеризуються гостровершинністю та правосторонньою асиметрією.

Встановлено наявність прямого високого за тиснотою зв'язку у варіантах між фітомасою деревної зелені, фітомасою гілок, фітомасою хвої із показником відносної повноти деревостану.

Як основні аргументи під час побудови математичних моделей оцінки компонентів фітомаси крони сосняків використано середній діаметр, середню висоту та відносну повноту насаджень. Виявлено прямий зв'язок величини компонентів фітомаси крони із середнім діаметром та відносною повнотою деревостану, тоді як із висотою – обернений.

Структурний аналіз фітомаси компонентів крони показав поступове зменшення фітомаси хвої з віком деревостанів із відповідним збільшенням у насаджених частки гілок на 5%.

Розроблені нормативні таблиці фітомаси компонентів крони дають змогу збагатити наявну інформаційну базу та є основою для оцінювання стану і прогнозування біопродуктивності соснових насаджень в умовах Північного Степу України.

### Бібліографічні посилання

- Barthélémy, D., & Caraglio, Y. (2007). Plant Architecture: A Dynamic, Multilevel and Comprehensive Approach to Plant Form, Structure and Ontogeny. *Ann. Bot.*, 99 (3), 375-407. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl260>
- Basuki, T.M. (2015). Leaf area index derived from hemispherical photograph and its correlation with aboveground forest biomass. *Indonesian Journal of Forestry Research.*, 2 (1), 31-41. <https://doi.org/10.20886/ijfr.2015.2.1.31-41>
- Bilous A.M. (2010). Phytomass of crowns of aspen tree stands of Eastern Polissya of Ukraine. *Biological Resources and Nature Management*, 2 (1/2), 95-99. (in Ukrainian).
- Faraway, J.J. (2016). *Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models*. Series Texts in Statistical Science (vol. 124), Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp 400. <https://doi.org/10.1201/9781315382722>
- Fernández, M.P., Norero, A., Vera, J., & Perez, E. (2011). A functional-structural model for radiata



- pine (*Pinus radiata*) focusing on tree architecture and wood quality. *Annals of Botany*, 108, 1155-1178. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr156>
- Grote, R., & Reiter, I.M. (2004). Competition-dependent modelling of foliage biomass in forest stands. *Trees*, 18, 596-607. <https://doi.org/10.1007/s00468-004-0352-9>
- Goodman, R.C., Phillips, O.L., & Baker, T.R. (2014). The importance of crown dimensions to improve tropical tree biomass estimates. *Ecological Applications*, 24 (4), 680-698. <https://doi.org/10.1890/13-0070.1>
- Hasenauer, H., & Monserud, R.A. (1996). A crown ratio model for Austrian forests. *Forest Ecology Management*, 84 (1-3), 49-60. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(96\)03768-1](https://doi.org/10.1016/0378-1127(96)03768-1)
- He, Q., Chen, E., An, R., & Li, Y. (2013). Above-ground biomass and biomass components estimation using LiDAR data in a coniferous forest. *Forests*, 4, 984-1002. <https://doi.org/10.3390/f4040984>
- Krakau U.K., Liesebach M., Aronen T., Lelu-Walter M.A., & Schneck V. (2013). Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). In: Pâques L. (eds) Forest Tree Breeding in Europe. *Managing Forest Ecosystems*, 25. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6146-9_6)
- Lakyda, P.I. (2002). *Live biomass of Ukrainian forests*. Ternopil: Zbruch (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I., & Matushevich, L.M. (2006). *Phytomass of birch forest stands of Ukrainian Polissya*. Kyiv: NSC «Institut agrarian economics» (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I., Matushevich, L.M., & Blishchik, V.I. (2012). Methodological features of assess of biotic product components crown. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and decorative gardening*, 171 (2), 54-60 (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I., Morozyuk, A.V., Shamray, A.E. (2013). Phytomass and carbon deposited of artificial pine stands of Cherkassy pine stands. *Forestry and landscape gardening*, 3. Access: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc\\_2013\\_3\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2013_3_8) (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I. (2011). *Reference materials for estimating components of above-ground live biomass of trees of main forest-forming tree species of Ukraine*. Kyiv: Publishing House «EKO-inform» (in Ukrainian).
- Mäkelä, A., & Valentine, H.T. (2006). Crown ratio influences allometric scaling of trees. *Ecology*, 87, 2967-2972. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[2967:CRIASI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[2967:CRIASI]2.0.CO;2)
- Pohjola, J., Laturi, J., Lintunen, J., & Uusivuori, J. (2018). Immediate and long-run impacts of a forest carbon policy – A market-level assessment with heterogeneous forest owners. *Journal of Forest Economics*, 32, 94-105. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2018.03.001>
- Poudel, K.P., Temesgen, H., & Gray, A.N. (2015). Evaluation of sampling strategies to estimate crown biomass. *Forest Ecosystems*, 2 (1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40663-014-0025-0>
- Rogozin, M.V., & Razin, G.S. (2015). Dynamics models and modeling of tree stand development. *Siberian Journal of Forest Science*, 2, 55-70 (in Russian with English abstract). <https://doi.org/10.15372/SJFS20150205>
- Tóth, E. G., Kőbölkuti, Z. A., Pedryc, A., & Höhn, M. (2017). Evolutionary history and phylogeography of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Europe based on molecular markers. *Journal of Forestry Research*, 28 (4), 637-651. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0393-8>
- Turski, M., Beker, C., Kaźmierczak, K., & Najgrakowski, T. (2008). Allometric equations for estimating the mass and volume of fresh assimilational apparatus of standing Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees. *Forest Ecology and Management*, 255 (7), 2678-2687. doi: 10.1016/j.foreco.2008.01.028
- Usoltsev, V.A. (2005). *Methods for determining biological productivity of forest stands*. Ekaterinburg: Ural State Forest-Technical University Publishing House (in Russian).
- Usoltsev V.A. (2007). *Biological productivity of Northern Eurasia's forests: Methods, datasets, applications*. Yekaterinburg: Ural branch of Russian Academy of sciences (in Russian).
- Vass, M.M., & Eloffson K. (2016). Is forest carbon sequestration at the expense of bioenergy and forest products cost-efficient in EU climate policy to 2050? *Journal of forest economics*, 24, 82-105. <https://doi.org/10.1016/j.jfe.2016.04.002>

### Нормативы оценки продуктивности кроны сосновых древостоев в условиях Северной Степи Украины

П. И. Лакида<sup>1</sup>, В. Н. Ловинская<sup>2</sup>

Биологическая продуктивность лесов рассматривается как их основная характеристика, определяющая ход процессов в лесных экосистемах. Она используется для экологического мониторинга при постоянном ведении лесного хозяйства. Сосна обыкновенная является наиболее распространенным древесным видом, как в масштабах Европы, так и Украины. Учитывая это,

<sup>1</sup> Лакида Петр Иванович – академик Лесной академии наук Украины, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, директор учебно-научного института лесного и садово-паркового хозяйства НУБіП Украины. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборны, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: (044) 527-85-28, +38-067-462-80-43. E-mail: lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

<sup>2</sup> Ловинская Виктория Николаевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры садово-паркового хозяйства. Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, ул. С. Ефремова, 25, г. Днепр, 49060, Украина. Тел.: +38-067-769-63-29; E-mail: glub@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7359-9443>

предоставление информации по моделированию биопродуктивности сосновых насаждений в условиях степной зоны Украины является крайне актуальным вопросом.

Объектом исследования стали древостои сосны обыкновенной, произрастающие в условиях Северной Степи Украины. Предмет исследования – биопродуктивность компонентов кроны сосновых древостоев Северной Степи Украины. Цель исследования заключалась в разработке моделей и нормативных таблиц структурных компонентов фитомассы кроны древостоев сосны обыкновенной Северной Степи Украины.

Оценке подлежали сосновые насаждения, сосредоточенные в пределах лесного фонда государственных предприятий Днепропетровского областного управления лесного и охотничьего хозяйства Днепропетровской области. Во время проведения полевых и лабораторно-камеральных исследований использовали методику проф. П. И. Лакиды.

На основе полученных результатов сформирован рабочий массив данных таксационных показателей с включением среднего диаметра, средней высоты, относительной полноты, а также показателей фитомассы древесной зелени в свежесрубленном состоянии, фитомассы ветвей и фитомассы хвои в абсолютно сухом состоянии для сосновых древостоев.

Статистический анализ показал превышение критических значений асимметрии и эксцесса в случаях распределений как фитомассы древесной зелени, веток, так и хвои древостоев. Обнаружено, что кривые распределений фитомассы всех компонентов кроны характеризуются островершинностью и левосторонней асимметрией.

По результатам корреляционного анализа установлена прямая, высокая степень связи (коэффициент корреляции 0.69-0.74) во всех вариантах между фитомассой компонентов кроны и относительной полнотой насаждения. Коэффициент корреляции средней силы ( $r = 0.45$ ) зафиксирован в случае взаимосвязи фитомассы ветвей древостоя со средним диаметром насаждения.

При моделировании в качестве аргументов регрессионных зависимостей выступали средний диаметр, средняя высота и относительная полнота насаждений. Разработанные математические модели демонстрируют наличие прямой связи между фитомассой любого компонента кроны со средним диаметром и относительной полнотой насаждения. В случае с высотой древостоя, эта связь обратная.

Приведены нормативные таблицы, основное предназначение которых заключается в их использовании для оценки фитомассы компонентов кроны сосновых древостоев с относительными полнотами в пределах от 0,6 до 0,9. Установлено, что фитомасса древесной зелени, веток и хвои древостоев сосны обыкновенной увеличивается при росте средних диаметров насаждений, тогда как при увеличении средних высот она падает.

Анализ фитомассы крон сосняков по структурным частям показал постепенное уменьшение фитомассы хвои с соответствующим ростом части ветвей с возрастом древостоев.

Приведен сравнительный анализ полученных результатов с данными, найденными авторами для древостоев сосны обыкновенной для других природных зон Украины.

**Ключевые слова:** *Pinus sylvestris* L.; модель фитомассы древостоя; древесная зелень; ветви; хвоя; Днепропетровская область.

## Standards for estimating the crown productivity of pine stands within the conditions of the Northern Steppe of Ukraine

P. Lakyda<sup>1</sup>, V. Lovynska<sup>2</sup>

The biological productivity of forests is considered as their main characteristic, which determines the course of processes in forest ecosystems. It is used for ecological monitoring with the constant management of forestry. Scots pine is the most widespread forest species, both on a scale of Europe and Ukraine. With this in view, provision of information on the modeling of bioproductivity of pine plantations in the conditions of the steppe zone of Ukraine is a very topical issue.

The object of the study were the Scots pine stands, which grow in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. The subject of the research was the bioproductivity of the crown components of the Scots pine stands within Northern Steppe of Ukraine. The aim of the research was to develop models and normative tables of structural components of crown biomass of the Scots pine stands within Northern Steppe of Ukraine.

Scots pine stands within forest fund area subordinated to the State Agency of Forest Resources in Dnipropetrovsk region were evaluated. During preparatory field mensuration, and laboratory research stages methodology developed by P.I. Lakyda used.

On the basis of the research results the working mass of data of biometric parameters with inclusion of average diameter, average height, relative density,

<sup>1</sup> Petro Lakyda – full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Director of Education and Research Institute of Forestry and Landscape-Park Management. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroyiv Oborony st., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: 044-527-85-28; +38-067-462-80-43. E-mail: lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

<sup>2</sup> Viktoriia Lovynska – PhD of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Garden and Parks. Dniprovsk State Agrarian and Economic University, S. Yephremova st., 25, Dnipro, 49060, Ukraine. Tel.: +38-067-769-63-29; E-mail: glub@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7359-9443>

foliage biomass in fresh state, branches biomass and needles biomass in absolutely dry condition for Scots pine stands are formed.

The statistical analysis showed, that skewness and kurtosis were higher than their critical values in case of distribution foliage biomass, branches biomass and needles biomass of stands. It was found that curves of distribution of biomass of all crown components are characterized by sharpness and left-hand asymmetry.

The data analysis on correlation coefficients showed a straight moderate correlation of branches biomass with the mean diameter of stands ( $r = 0.45$ ), and a significant correlation all components of crown biomass with relative density of stands (from 0.69 to 0.74).

During the modelling, the arguments for regression dependencies were the average diameter, average height and relative density of stands. The developed mathematical models demonstrated the presence of a direct link between the biomass of any crown component with a mean diameter and the relative

density of stands. In the case of mean height of stands, this connection was inverse.

The normative tables are given, the main purpose of which is to use them to estimate the biomass of crown components of Scots pine stands with relative density in the range from 0.6 to 0.9. It has been established that foliage biomass, branches biomass and needles biomass in pine stands increase with the growth of average diameter of stands, while with increasing average heights it goes down.

The analysis of Scots pine crown biomass for structural parts revealed a gradual decrease in needles biomass with corresponding increase of branches biomass part with increase stands age.

The comparative analysis of the study results with the data found by the authors for the pine stands another natural zones of Ukraine is presented.

**Key words:** *Pinus sylvestris* L.; model of stands biomass; foliage; branches; needles; Dnipropetrovsk region.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411911>  
Article received 2018.09.30  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Stepan Myklush  
[msi\\_s@ukr.net](mailto:msi_s@ukr.net)  
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 630\*187 : 630\*618

## Типи лісу та запаси деревини рівнинних букових лісостанів України

С. І. Миклуш<sup>1</sup>, Ю. С. Миклуш<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>, В. М. Савчин<sup>4</sup>

*Ведення лісового господарства на типологічних засадах передбачає, що достовірно встановлені під час лісовпорядкування типи лісу та коректні значення лісівничо-таксаційних показників насаджень, зокрема запасів деревостанів, дають змогу планувати раціональні лісогосподарські заходи для підвищення продуктивності насаджень та ефективного використання лісових ресурсів. Відповідно до вимог лісовпорядної інструкції, лісівничо-таксаційні показники насаджень встановлюють окомірною-вимірною методом з визначеною нормативами точністю.*

*За даними лісовпорядкування, рівнинні букові деревостани та насадження за участю бука у складі представлених таксаційними виділами різної величини в 74 типах лісу, зокрема, в суборових умовах – у шести, сугрудових – у 36-ти та грудових – у 32-х, які охоплюють гігروتони від сухих до мокрих. Дослідники букових лісів виділяють значно меншу кількість типів лісу (від 25 до 35), в яких бук представлений як типотвірна, друга головна порода чи росте у складі деревостанів інших, переважно дубових, типів лісу. Наведена значна кількість типів лісу, які встановлені візуально під час лісовпорядкувальних робіт за наявними у насадженнях деревними видами, є штучно завищено, і не відповідає методологічним підходам до виділення типів лісу.*

*За результатами перевірки коректного встановлення основних таксаційних показників букових деревостанів, зокрема запасів стовбурової деревини на підставі видових чисел, встановлено, що для 36,7% від загальної кількості таксаційних виділів видові числа є некоректними (менші за 0,4 (до 0,158) чи більші за 1,0 (до 4,080), тоді як за таблицями ходу росту у букових деревостанах видові числа змінюються в межах 0,424-0,840.*

*Для вдосконалення системи безперервного лісовпорядкування доцільне вирішення проблеми розроблення обґрунтованого переліку типів лісу та їх діагностичних ознак, оцінки встановлених під час лісовпорядкування запасів і механізму актуалізації лісівничо-таксаційних показників електронної бази даних.*

**Ключові слова:** бук лісовий; база даних лісовпорядкування; типи лісу, видове число; запаси деревини; похибки.

<sup>1</sup> Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор ННІ лісового і садово-паркового господарства, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: [msi\\_s@ukr.net](mailto:msi_s@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9762-1190>

<sup>2</sup> Миклуш Юрій Степанович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: [yurasikpa@hotmail.com](mailto:yurasikpa@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1940-1045>

<sup>3</sup> Гаврилюк Сергій Анатолійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-239-27-46, +38-068-760-91-99. E-mail: [serhiy\\_havrylyuk@nltu.edu.ua](mailto:serhiy_havrylyuk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624>

<sup>4</sup> Савчин Володимир Миколайович – головний технолог. ВО «Укрдержліспроект», вул. Чайковського, 17, м. Львів, 79005. Тел.: +38-097-011-40-47 E-mail: [svm\\_25@ukr.net](mailto:svm_25@ukr.net)

**Вступ.** Багатоцільове використання лісових ресурсів потребує їх обліку та оцінки, планування неперервного відновлення лісів. Ці роботи для кожного виділу лісогосподарських підприємств виконують працівники ВО «Укрдержліспроект» під час здійснення лісовпорядних робіт. Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень кожного таксаційного виділу, що встановлені відповідно до вимог лісовпорядкувальної інструкції (РА «Ukrderzhlisproekt», 2012) з визначеною точністю, наведено у матеріалах електронної реляційної бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісів» ВО «Укрдержліспроект». Вона містить детальний опис кожної таксаційної ділянки лісового фонду України, який узагальнений в довіднику з лісового фонду України (Reference book of Forest Fund..., 2012).

Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень лісових ділянок встановлюють окомірним вимірювальним методом, а значення деяких показників, зокрема запасу стовбурової деревини, для забезпечення їх нормативної точності корегують з використанням нормативних матеріалів. Типи лісу і типи лісорослинних умов визначають візуально за їхніми діагностичними ознаками згідно зі схемами, розробленими для кожного регіону диференційовано; для об'єктів, де проведено ґрунтово-лісотипологічне обстеження, типи лісу встановлюють за його матеріалами (РА «Ukrderzhlisproekt», 2012).

Ведення лісового господарства на типологічних засадах передбачає, що достовірно встановлені під час лісовпорядкування типи лісу та коректні значення лісівничо-таксаційних показників насаджень, зокрема запасів деревостанів, дають змогу планувати доцільні лісогосподарські заходи для підвищення продуктивності насаджень та ефективного використання лісових ресурсів. Лісотипологічний підхід дає змогу максимально наблизити організацію та ведення лісового господарства до принципів природного розвитку деревостанів та раціонально використовувати лісові ресурси, не порушуючи структури лісостанів, їхньої стійкості та життєвого циклу змін у лісових формаціях.

Зважаючи на важливість коректного встановлення лісівничо-таксаційних показників лісостанів під час здійснення лісовпорядкувальних робіт, актуальним є дослідження та аналіз існуючих (встановлених лісовпорядкуванням) типів лісу та запасів деревини, які є основою проектування лісогосподарських заходів в об'єкті лісовпорядкування, що відображено в проекті організації і ведення господарства кожного лісогосподарського підприємства.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт досліджень* – букові насадження рівнинної частини України. *Предмет досліджень* – формування лісівничо-таксаційних показників деревостанів за участі бука лісового та об'єктивність їх встановлення під час лісовпорядкування. *Мета роботи* – проаналізувати встановлені під час лісовпорядкування основні лісівничо-таксаційні показники рівнинних

букових деревостанів та оцінити коректність визначення у них типів лісу та запасів деревини.

Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень, встановлені під час базового лісовпорядкування в проміжку ревізійного періоду, актуалізують за опрацьованими математичними моделями, які відображають зміну показників з віком. Проте похибки, що допущені під час виконання польових лісотаксаційних робіт у встановленні основних показників лісостанів шляхом моделювання, не виключаються.

На основі відомої залежності між запасом деревостанів та їхніми середньою висотою, сумою площ поперечних перетинів (абсолютною повнотою) та видовим числом здійснено перевірку коректності встановлення запасу деревостану, беручи до уваги те, що повнодеревність стовбурів корелює з їхньою середньою висотою та віком і змінюється у визначених межах. На підставі встановлених під час польових робіт відносної повноти і математичної моделі зв'язку між висотою та абсолютною повнотою для нормальних букових деревостанів відповідно до «Таблиці сум площ поперечних перетинів та запасів при повноті 1,0» (Sums of cross sectional area..., 1987) визначено суми площ поперечних перетинів досліджуваних деревостанів.

Типологічні одиниці кожного лісорослинного району відповідно до прийнятого в Україні районування встановлюють згідно з методологічним положеннями (Vorobiov, 1953) щодо закономірності зв'язків рослинності і ґрунту з кліматом та переважно використовують перелік типів лісу насаджень рівнинної частини, який наведено у фундаментальних працях низки українських дослідників (Vorobiov, 1953, Pohrebniak, 1963, Molotkov, 1972, Ostapenko, 2003, Ostapenko, Fedets & Ulanovsky, 1978, Ostapenko & Tkach, 2002).

Дослідження виконано на основі матеріалів обліку рівнинних лісів за участю бука лісового в складі деревостанів, які ростуть у лісовому фонді підприємств Держлісагенства України та актуалізовані станом на 1 січня 2017 року.

Досліджувані букові деревостани 13 областей України представлені 24480 ділянками, що ростуть на площі 124567,2 га. Природні деревостани різного складу ростуть на площі майже 111 тис. га, а лісові культури за участю бука лісового, створені у соснових, дубових і букових типах лісу – на площі 13850 га та представлені 4541 таксаційними ділянками. Найбільший вік деревостанів становить 255 років, середні висоти не перевищують 39,2 м, а запаси деревини сягають 661 м<sup>3</sup>/га.

**Результати дослідження.** Бук лісовий формує чисті та мішані з різною часткою його у складі лісостани. Значне поширення мають мішані деревостани за участю бука в дубових типах лісу. Найбільше різноманіття типів лісу та деревостанів за участю бука лісового існує на Розточчі та Опіллі, де букові насадження поширені в суборах, сугрудах та грудах. Детальні дослідження букових лісів і типів лісу виконано у різний час для різних рівнинних регіонів: для умов Розточчя та Опілля (Navrusevych,

1959, 1960); для лісів України та Молдови (Ostapenko, Fedets & Ulanovsky, 1978); для лісів України загалом (Ostapenko & Tkach, 2002); для лісів рівнинної частини України (Ostapenko, 2003); для лісів Розточчя (Debryniuk, 2013).

Для аналізу типів лісу за участю бука лісового використано їх поділ з урахуванням значення бука лісового як типотвірної породи, де він формує букові типи лісу чи виступає другою головною породою, а також росте в інших типах лісу. Зокрема, у свіжій грабовій бучині бук лісовий є типотвірною породою, у свіжій буковій діброві він виступає як друга головна порода. Лісовпорядкування також виділяє третю групу, яка представлена іншими типами лісу, де бук лісовий росте у складі насаджень, наприклад у свіжій та вологій грабовій судіброві чи діброві, ялицевій судіброві та діброві тощо.

За даними лісовпорядкування, рівнинні насадження за участю бука лісового у складі представлені таксаційними виділами різної площі у 42 типах лісу, зокрема, в суборових умовах – у чотирьох, сугрудових – у 21 та грудових – у 17 типах лісу, які охоплюють гігروتони від сухих до мокрих (табл. 1). За цими даними бук лісовий у рівнинних умовах виступає типотвірною породою у 21 типі лісу, найчастіше – у сугрудах. За результатами досліджень (Myklush, 2011), деревостани за участю бука лісового станом на 1996 р. були поширені у 27 типах лісу і він формував дев'ять букових типів лісу. Також у матеріалах лісовпорядкування зазначено, що бук лісовий наявний у складі насаджень у 21 типі лісу, зокрема, в сугрудах – в 11 та грудях – у восьми типах лісу у складі деревостанів соснових, дубових та ялицевих типів лісу.

Таблиця 1

Кількість типів лісу в рівнинних лісах за участю бука лісового за даними різних джерел

| Трофотопи    | Бук як основна типотвірна порода / бук як друга головна порода |                         |                                    |                       |
|--------------|--|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|
|              | За даними лісовпорядкування 2016 р.                            | А. М. Гаврусевич (1960) | Б. Ф. Остапенко, В. П. Ткач (2002) | Ю. М. Дебрюнюк (2013) |
| Субори       | 1 / 3  | – / 2                   | – / 1                              | – / 1                 |
| Сугруди      | 11 / 10  | 4 / –                   | 1 / 2                              | 3 / 4                 |
| Груди        | 9 / 8  | 2 / 3                   | 2 / 2                              | 2 / 2                 |
| <b>Разом</b> | <b>21 / 21</b>   | <b>6 / 5</b>            | <b>3 / 5</b>                       | <b>5 / 7</b>          |

Проаналізувавши типи лісорослинних умов, видовий склад рослинності та опис типів лісу у науковій літературі, з'ясовано, що кількість типів лісу в електронній базі даних, а відповідно і в таксаційних описах підприємств, завищена, частина типів лісу встановлена некоректно. Наприклад, у матеріалах лісовпорядкування виділено мокрий буковий субір, свіжу чисту субучину тощо, однак бук лісовий не формує в рівнинних умовах мокрих суборів та сугрудів, як і не формує чистих букових лісостанів у суборах.

Різну кількість типів лісу в суборових умовах, де бук лісовий виступає як друга головна порода, виділяють як дослідники букових лісів, так і під час проведення лісовпорядних робіт. За даними електронної бази даних, лісовпорядкуванням у суборових умовах для букових насаджень виділено тип лісу – вологий буковий субір, проте дослідники рівнинних букових лісів, окрім Navgusevych (1959, 1960), не виділяють такого типу лісу. Досліджуючи ліси Розточчя та півночі Опілля Navgusevych (1959, 1960) виділили типи лісу – свіжий і вологий букові субори як невеликі за площею, чи навіть фрагментарні ділянки серед дубових суборів чи соснових субучин. Виділення цих типів лісу через невелику кількість ділянок та незначну їхню площу, на нашу думку, не має практичного значення. Крім того, у час нинішніх кліматичних змін ці ділянки зазнали значної трансформації, і виділення їх, як окремих типів лісу, є недостовірним.

Опис типів лісу – свіжого дубово-букового субору та вологого букового субору наводив Molotkov

(1972). Інший дослідник-типолог (Herushynskiy, 1996) виділяв свіжий та вологий чистобукові субори як невеликі за площею ділянки на висотах понад 450 м над рівнем моря у Карпатах.

У матеріалах лісовпорядкування для рівнинних умов виділено вологий чистий буковий субір на площі 50,1 га, однак Ostapenko & Tkach (2002), Debryniuk (2013) такого букового типу лісу не виокремили, проте він має деяке поширення на пологіх підвищеннях у гірській частині Карпат (Herushynskiy, 1996). Закономірно, що у відносно бідних лісорослинних умовах – суборах, відносно сприятливих для росту сосни звичайної, формуються соснові типи лісу та соснові деревостани, а бук лісовий, як порода відносно вимоглива до родючості ґрунту, не виступає в таких умовах типотвірною породою, але є субдомінантою у сосновому суборі.

У суборах рівнинної частини деякі дослідники (Ostapenko & Tkach, 2002, Debryniuk, 2013) виділяють один тип лісу – свіжий буковий субір (свіжий буково-сосновий субір).

За даними лісовпорядкування, у сугрудах бук лісовий представлений у 21 типі лісу як типотвірна та друга головна порода. Найбільша кількість букових типів лісу виділена лісовпорядкуванням в умовах сугрудів – 11, зокрема шість – у свіжих гігроtopах. В умовах сугрудів бук лісовий, як друга головна порода, формує десять типів лісу, більшість з яких розміщена у вологих гігроtopах – шість. Також за матеріалами лісовпорядкування встановлено, що



бук лісовий в умовах сугрудів за різної частки у складі деревостанів росте в 11 інших типах лісу – соснових, дубових чи ялицевих.

Навгусевич (1959, 1960) в умовах сугрудів виділив чотири букові типи лісу – свіжі і вологі сосново-грабові субучини та свіжі і вологі сосново-ялицеві субучини, тоді як Остапенко & Ткач (2002) виокремили лише свіжу дубово-грабову субучину. Дебрюніук (2013) визначив у цих умовах три букові типи лісу, серед яких – свіжа грабова субучина, свіжа грабово-соснова субучина та волога грабова субучина.

Незважаючи на багаті ґрунтові умови, за даними лісовпорядкування, у грудях бук лісовий формує дев'ять типів; як друга головна порода виступає у восьми типах лісу, а також росте у восьми інших типах лісу (переважно у дубових). Треба зауважити, що в грудючих умовах дослідники виділяють лише два букові типи лісу – свіжу та вологу грабову бучину (синонім – свіжу та вологу дубово-грабову бучину (Дебрюніук, 2013)). У цих умовах виділено також два-три типи лісу, в яких бук лісовий виступає як друга головна порода, зокрема, у свіжих та вологих букових дібровах. Навгусевич (1959) в умовах грудів виділяв також сиру букову вільшину.

Наведені в табл. 2 і 3 типи лісу за участю бука лісового в сугрудючих та грудючих умовах вказують на суттєві відмінності у кількості типів лісу та

характерному поєднанні порід, що їх формують. Так, з урахуванням біоекологічних особливостей деревних порід та природного їх поширення в умовах свіжих сугрудів, бук формує два типи лісу (Навгусевич, 1959, Дебрюніук, 2013) та ще у двох виступає як друга головна порода (Дебрюніук, 2013). Водночас у матеріалах лісовпорядкування таких типів лісу виділено одинадцять. Остапенко & Ткач (2002) виділяють в цих умовах один буковий тип лісу – свіжу дубово-грабову субучину та ще один тип лісу за участю бука – свіжий буково-сосновий сугруд. Типи лісу – свіжа та волога соснові субучини були описані Бутейко (1975), яка детально досліджувала сосново-букові деревостани Розточчя. Варто зазначити, що деякі з типів лісу, як наприклад свіжа чи волога чиста субучина, не мають жодних підстав для виділення у рівнинних умовах.

В умовах свіжого грудю за матеріалами лісовпорядкування виділено чотири букові типи лісу та чотири – за участю бука, тоді як автори (Остапенко & Ткач, 2002, Остапенко, 2003, Дебрюніук, 2013) виокремили в кожній групі тільки по одному типу лісу (див. табл. 3).

Необхідно зауважити, що для букових лісів Поділля виокремлено як окремі типи лісу свіжу та вологу грабову і дубово-грабову бучини (Крынський, Попадунетс, Бондаренко & Крамаретс, 2004).

Таблиця 2

**Типи лісу за участі бука лісового в умовах свіжого сугрудю**

| Виділені типи лісу бука лісового за даними |                         |  |                                       |
|--|-------------------------|--|---------------------------------------|
| лісовпорядкування<br>2016 р.               | А. М. Гаврусевича, 1959 | Ю. М. Дебрюніука, 2013                     | Б. Ф. Остапенка,<br>В. П. Ткача, 2002 |
| Букові типи лісу                           |                         |  |                                       |
| C <sub>2</sub> -Бк                         | -                       | -  | -                                     |
| C <sub>2</sub> -гБк                        | -                       | C <sub>2</sub> -гБк (C <sub>2</sub> -дгБк) | -                                     |
| C <sub>2</sub> -гсБк                       | C <sub>2</sub> -гсБк    | C <sub>2</sub> -гсБк                       | -                                     |
| C <sub>2</sub> -дгБк                       | -                       | -  | C <sub>2</sub> -дгБк                  |
| C <sub>2</sub> -яцБк                       | C <sub>2</sub> -сяцБк   | -  | -                                     |
| C <sub>2</sub> -сБк                        | -                       | -  | -                                     |
| Типи лісу за участю бука                   |                         |  |                                       |
| C <sub>2</sub> -бкД                        | -                       | -  | -                                     |
| C <sub>2</sub> -бкС                        | -                       | C <sub>2</sub> -бкС (C <sub>2</sub> -гбкС) | C <sub>2</sub> -бкС                   |
| C <sub>2</sub> -гбкД                       | -                       | C <sub>2</sub> -бкД (C <sub>2</sub> -гбкД) | -                                     |
| C <sub>2</sub> -гбкС                       | -                       | -  | -                                     |

В умовах Прикарпаття та Буковини значне поширення мають високопродуктивні ялицево-букові деревостани, які формуються в умовах свіжих та вологих ялицевих субучин та бучин. Свіжі та вологі сосново-ялицеві субучини виділяв Навгусевич (1959, 1960) в умовах Розточчя.

Враховуючи поширення та біоекологічні особливості деревних порід, що ростуть в умовах досліджуваного регіону, складно знайти підстави для виділення в окремі типи лісу соснової субучини та

грабово-соснової субучини чи букової судіброви та грабово-букової судіброви. Цю обставину враховував також Дебрюніук (2013), не виділяючи окремо свіжих та вологих грабових і дубово-грабових субучин чи бучини та інших подібних типів лісу. Потрібно звернути увагу також на те, що в умовах грабових бучин, які формуються на ґрунтах, що підстилаються вапняками, можуть рости грабово-букові деревостани за участю інших порід, зокрема

дуба звичайного, але до віку 100-120 років дуб звичайний зі складу деревостанів випадає.

Наведене різноманіття типів лісу, що встановлено візуально під час лісовпорядкування за наявними у насадженнях деревними видами, не відповідають переліку встановлених дослідним шляхом типів лісу, які описані в науковій літературі. Некоректно встановлені типи лісу не дають змоги планувати доцільні лісогосподарські заходи з підвищення

продуктивності букових насаджень, ефективного використання ґрунтової родючості та сонячної енергії. Незважаючи на складність цієї проблеми, доцільно розробити конкретні діагностичні ознаки реальних типів лісів, що дасть змогу достовірно їх встановлювати під час здійснення польових робіт та підвищить ефективність запланованих лісогосподарських заходів.

Таблиця 3

**Типи лісу за участі бука лісового в умовах свіжого ґрунту**

| Виділені типи лісу бука лісового за даними |                         |                                    |  |
|--|-------------------------|------------------------------------|--|
| лісовпорядкування 2016 р.                  | А. М. Гаврусевича, 1959 | Б. Ф. Остапенка, В. П. Ткача, 2002 | Ю. М. Дебринюка, 2013                      |
| Букові типи лісу                           |                         |                                    |  |
| D <sub>2</sub> -Бк                         | -                       | -                                  | -  |
| D <sub>2</sub> -гБк                        | D <sub>2</sub> -гБк     | D <sub>2</sub> -гБк                | D <sub>2</sub> -гБк (D <sub>2</sub> -дгБк) |
| D <sub>2</sub> -яцБк                       | -                       | -                                  | -  |
| D <sub>2</sub> -дгБк                       | -                       | -                                  | -  |
| Типи лісу за участю бука                   |                         |                                    |  |
| D <sub>2</sub> -бкД                        | -                       | D <sub>2</sub> -бкД                | D <sub>2</sub> -бкД                        |
| D <sub>2</sub> -бкдС                       | -                       | -                                  | -  |
| D <sub>2</sub> -бкЯц                       | -                       | -                                  | -  |
| D <sub>2</sub> -гбкД                       | D <sub>2</sub> -гбкД    | -                                  | -  |

З огляду на викладене вище вважаємо, що перелік букових типів лісу у рівнинній частині України варто обмежити таким номенклатурним списком: свіжа та волога грабово-соснова суббучина (на Розточчі), свіжа та волога грабова суббучина, свіжа та волога грабово-ялицева суббучина, свіжа та волога грабова бучина, свіжа та волога грабово-ялицева бучина.

Також окомірно, шляхом зорового сприйняття й уявного порівняння таксаційної характеристики деревостану з даними, отриманими в процесі тренувань на пробних площах у подібних за таксаційними характеристиками лісостанах, здійснюють оцінку запасу деревостану. Для досягнення точності оцінки запасу встановленому нормативу, його визначають коригуванням за допомогою нормативних даних – таблиць ходу росту, стандартних таблиць тощо. За такого підходу запаси деревостанів не завжди коректно взаємоу'язані з іншими лісівничо-таксаційними показниками – висотою, абсолютною повнотою та коефіцієнтом повнодеревності. Відповідно до викладеного підходу, для деревостанів таксаційних виділів визначають і їх видові числа.

За результатами аналізу видових чисел встановлено, що для 8980 ділянок, тобто для 36,7% від загальної їх кількості, вони не є коректними (змінюються в межах 0,158-4,080). Поряд з цим, за наявними даними (Dmitriiev, 1967), у рівнинних букових деревостанах видові числа змінюються в межах 0,466-0,678. Для модальних букових деревостанів (Myklush, 2011) у віковому проміжку 10-120 років видові числа змінюються в межах 0,466-0,800, а для гірських букняків Карпат (Berezovskyi, Lakyda,

Pitikin, Strohynskyi, & Shvydenko, 1987) – в межах 0,424-0,840. Причинами відхилень вирахованих видових чисел від наведених у таксаційних нормативах можуть бути похибки встановлення величини будь якого таксаційного показника – висоти, абсолютної повноти чи запасу.

Причини похибок можуть бути і суб'єктивними та залежати від досвіду виконавця, тому їх вивчення у встановленні запасів букових деревостанів потребують детальнішого дослідження. Переверені дані за моделлю зв'язку між запасом та основними таксаційними показниками вказують на те, що немає прямого зв'язку між часткою некоректних даних та віковою структурою насаджень чи кількістю ділянок у відповідній віковій групі (табл. 4).

Із переліку некоректно встановлених видових чисел та запасів найбільша кількість ділянок припадає на молодняки – 35% та середньовікові – 31,7%, а найменша – на перестійні деревостани (0,7%). Незважаючи на те, що кількість ділянок, де ростуть букові молодняки, становить майже четвертину від загальної кількості, більше ніж на третині цих ділянок запаси встановлені не коректно. Ці помилки можуть бути зумовлені складністю окомірного встановлення таксаційних показників через нерівномірне розміщення груп дерев у природних деревостанах. У середньовікових деревостанах частка ділянок, на яких некоректно встановлені запаси, та частка ділянок і площа, на яких вони ростуть, перевищує 30% і характеризуються найближчими значеннями. У стиглих та перестійних деревостанах частка таких некоректних значень суттєво менша.

В окремих випадках у повидільній базі даних запаси стиглих деревостанів завищені. Найбільше значення запасу букового деревостану у віці 126 років за повноти 0,75 становить 661 м<sup>3</sup>/га, що не відповідає нормативним значенням. За такої відносної повноти в насадженнях I<sup>a</sup> класу бонітету запас рівнинних букових деревостанів становить лише 598 м<sup>3</sup>/га (Dmitriiev, 1967), у гірських умовах – 520 м<sup>3</sup>/га (Berezovskyi, Lakyda, Pitikin, Strohynskyi, & Shvydenko, 1987), а в модальних (Myklush, 2011) – 461 м<sup>3</sup>/га.

Поряд з цим, для багатьох ділянок букових деревостанів запаси занижені. Так, в експлуатаційних лісах в умовах свіжої грабової бучини (D<sub>2</sub>-гБк) за відносної повноти 0,7 та I класу бонітету запаси 100-річних деревостанів змінюються від 340 до 390 м<sup>3</sup>/га, а в нормальних деревостанах такого ж класу бонітету їх запаси становлять 586 м<sup>3</sup>/га, у модальних – 438 м<sup>3</sup>/га. За матеріалами лісовпорядкування, 120-річні букові деревостани I класу бонітету за відносної повноти 0,5 мають запаси в межах

277-302 м<sup>3</sup>/га, тоді як запаси нормальних деревостанів становлять 653 м<sup>3</sup>/га (з урахуванням повноти 0,5 – 326 м<sup>3</sup>/га), а модальних – 461 м<sup>3</sup>/га.

Наведені в табл. 5 порівняння запасів окремих деревостанів у різних підприємствах з найбільшими відхиленнями між матеріалами лісовпорядкування і таблицями ходу росту букових деревостанів вказують на суттєве завищення чи заниження запасів. Така відмінність у запасах, порівняно з даними «Стандартних таблиць» (*Sums of cross sectional area...*, 1987), які лісовпорядкування найчастіше використовує в польових умовах, для окремих ділянок перевищує 150-200 м<sup>3</sup>/га. Разом з тим потрібно зауважити, що порівняно з даними для рівнинних повних букових деревостанів (Dmitriiev, 1967) відмінність у запасах аналізованих деревостанів загалом не перевищує 100 м<sup>3</sup>/га. З наведених даних слідує, що видове число як у середньовікових, так і пристигаючих деревостанах має значення в межах 0,223-0,334, у перестійних – 0,665-0,644, хоча воно повинно було б зменшуватись від 0,550 до 0,466.

Таблиця 4

#### Розподіл некоректних даних у букових деревостанах за групами віку

| Група віку     | Вікова структура, % | Кількість ділянок, % | Не коректні значення, % |
|----------------|---------------------|----------------------|-------------------------|
| Молодняки      | 13,2                | 22,5                 | 35,0                    |
| Середньовікові | 32,7                | 30,5                 | 31,7                    |
| Пристигли      | 29,8                | 22,8                 | 18,4                    |
| Стигли         | 23,0                | 23,2                 | 14,2                    |
| Перестійні     | 1,2                 | 1,0                  | 0,7                     |

Як зазначено вище, у матеріалах лісовпорядкування запаси деревостанів, порівняно з даними стандартних таблиць, є як завищеними, так і заниженими, причому незалежно від групи віку насаджень. Привертає увагу те, що в молодняках відмінності у запасах можуть перевищувати 100%, тоді як у стиглих та перестійних деревостанах розбіжності у запасах не перевищують 20% і тільки в поодиноких випадках перевищують 25-35%.

Для визначення запасів з відповідною до нормативів точністю доцільно здійснювати перевірку правильності їх встановлення з використанням видового числа, яке для кожної породи має визначені значення залежно від віку та висоти деревостанів.

Вирішити проблему доцільно шляхом розроблення обґрунтованого переліку типів лісу та їх діагностичних ознак, оцінки встановлених під час лісовпорядкування запасів деревостанів та розроблення механізму актуалізації лісівничо-таксаційних показників бази даних лісовпорядкування для деревостанів головних лісотвірних порід України як ефективного інструментарію реалізації системи безперервного лісовпорядкування.

**Висновки.** Значна кількість типів лісу, які встановлені візуально під час лісовпорядкування за наявними у насадженнях деревними видами, не від-

повідають переліку реально існуючих типів лісу, які описані у науковій літературі. Некоректно встановлені типи лісу не дають змоги планувати здійснення ефективних лісгосподарських заходів.

За участю науковців потрібно розробити та затвердити вичерпний перелік типів лісу в лісах України, а також конкретні індикатори для їх встановлення під час виконання польових досліджень. Перелік букових типів лісу у рівнинній частині України варто обмежити таким номенклатурним списком: свіжа та волога грабово-соснова суббучина (на Розточчі), свіжа та волога грабова суббучина, свіжа та волога грабово-ялицева суббучина, свіжа та волога грабова бучина, свіжа та волога грабово-ялицева бучина.

Для 36,7% від загального числа таксаційних виділів видові числа стовбурів бука лісового не є коректними (змінюються в межах 0,158-4,080). За таблицями ходу росту у букових деревостанах видові числа не менші за 0,424 та не перевищують 0,840.

Для встановлення запасів з точністю, відповідно до прийнятих нормативів, доцільно здійснювати перевірку правильності їх встановлення з використанням видового числа, яке для кожної породи має конкретні значення залежно від віку та висоти деревостанів.

**Запаси букових деревостанів за даними лісовпорядкування та розрахованими даними**

| Підприємство                           | Дані лісовпорядкування |           |             |         |                           | Розраховані дані |   |            |
|--|------------------------|-----------|-------------|---------|---------------------------|------------------|---|------------|
|  | Вік, років             | Висота, м | Діаметр, см | Повнота | Запас, м <sup>3</sup> /га | Видове число     | Запас, м <sup>3</sup> /га за таблицями, |            |
|  |                        |           |             |         |                           |                  | стандартними                            | ходу росту |
| ДП «Сторожинецьке лісове господарство» | 47                     | 21,5      | 24,9        | 0,82    | 165                       | 0,252            | 303                                     | 399        |
| ДП «Сторожинецьке лісове господарство» | 51                     | 18,4      | 18,5        | 0,91    | 205                       | 0,35             | 277                                     | 334        |
| ДП «Золочівське лісове господарство»   | 61                     | 23,4      | 27,6        | 0,56    | 154                       | 0,308            | 230                                     | 237        |
| ДП «Сторожинецьке лісове господарство» | 67                     | 23,6      | 24,8        | 0,50    | 146                       | 0,323            | 207                                     | 237        |
| ДП «Золочівське лісове господарство»   | 71                     | 22,8      | 33,1        | 0,82    | 208                       | 0,294            | 326                                     | 388        |
| Галицький НПП                          | 80                     | 26,3      | 33,5        | 0,72    | 248                       | 0,332            | 339                                     | 472        |
| ДП «Сторожинецьке лісове господарство» | 91                     | 28,4      | 32,8        | 0,68    | 246                       | 0,316            | 350                                     | 374        |
| Заставнівське держспеціалізаційне АПК  | 106                    | 28,0      | 36,0        | 0,40    | 150                       | 0,334            | 203                                     | 237        |
| Львівський ЛСНЦ                        | 121                    | 30,6      | 43,8        | 0,99    | 277                       | 0,223            | 555                                     | 630        |
| ДП «Сторожинецьке лісове господарство» | 137                    | 30,7      | 45,4        | 0,55    | 461                       | 0,665            | 309                                     | 361        |
| ДП «Стрийське лісове господарство»     | 146                    | 33,5      | 49,2        | 0,63    | 572                       | 0,644            | 389                                     | 425        |

Важливим аспектом є розроблення методики перевірки правильності визначення основних лісівничо-таксаційних показників під час виконання польових робіт з лісовпорядкування та формування електронної бази даних.

**Бібліографічні посилання**

- Berezovskyi, L.M., Lakyda, P.I., Pitikin, A.I., Strochynskyi, A.A., & Shvydenko, A.Z. (1987). The yield table of pure beech stands in the Carpathians. Shvydenko, A.Z., Strochynskyi, A.A. Savych, Yu. N., & Kashpor, C.N. (Eds.). *Normative reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova*. (pp. 236-243). Kyiv: Harvest (in Russian).
- Buteiko, A.I. (1975). *Pine-beech forests of the West of the Ukrainian SSR*: Extended abstract of candidate's thesis. LLTI, Lviv, Ukraine. (in Russian).
- Debryniuk, Iu.M. (2013). Forest stands of the Ukrainian Roztochchia: distribution and silviculture characteristics. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 23.16, 9-22 (in Ukrainian).
- Dmitriiev, I.P. (1967). Growth of beech stands in the Western regions of the USSR. Kozlovskyy, V.B., & Pavlov, V.M. (Eds.). *Growth of main forest species of the USSR*. (pp. 203-205). Moscow: Forestry Industrial (in Russian).
- Havrusevych, A.M. (1958). The types of beech forests of Northern Opillia and Roztochchia. *Increasing of forest productivity in Carpathian. Scientific works. Volume I*. (pp. 165-182). Uzhhorod: Zakarpattia Regional Publishing. (in Russian).
- Havrusevych, A.M. (1959). On the issue of forest types in Lviv region. *Scientific works of the Leningrad Institute of Technology*, 4, 186-193 (in Russian).
- Havrusevych, A.M. (1960). Forest type detector for north part of Lviv region. *Regeneration of mountain forests in Carpathian. Scientific works*, 2, 100-110 (in Ukrainian).
- Herushynskyi, Z.Yu. (1996). *Forest typology of Ukrainian Carpathian*. Lviv: Piramida (in Ukrainian).
- Krynytskyi, H.T., Popadynets, I.M., Bondarenko, V.D., & Kramarets, V.O. (2004). *Beech forests of the Western Podillya*. Ternopil: Ukrmedkniga (in Ukrainian).
- Molotkov, P.I. (1972). *Beech forests of the USSR and conducting forestry in them*. Moscow: Forestry Industrial (in Russian).
- Myklush, S.I. (2011) *Plain beech forests of Ukraine: productivity and organizing sustainable forestry in them: monography*. Lviv: WUCTS (in Ukrainian).
- Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Publisher of Kharkiv National Agrarian University named after V.V. Dokuchaiev (in Ukrainian).

- Ostapenko, B. F. (2003). Forest types of the plain areas of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 13.3, 27-42 (in Ukrainian).
- Ostapenko, B. F., Fedets, I. F., & Ulanovsky, M. S. (1978). Forest vegetation zoning and classification of forest types of the Ukrainian and Moldavian USSR. *Works of the Kharkiv Institute of Agriculture*, 258, 6-27 (in Russian).
- РА «Ukrderzhlisproekt» (2012). *Instruction for forest management of forest fund of Ukraine. Part one: Field work*. Retrieved from [http://www.lisproekt.gov.ua/fileadmin/user\\_upload/files/docs/instructions/Instrukciya-z\\_vporyad.pdf](http://www.lisproekt.gov.ua/fileadmin/user_upload/files/docs/instructions/Instrukciya-z_vporyad.pdf) (in Ukrainian).
- Pohrebniak, P. S. (1963). *General forestry*. Moscow: Agricultural Publishing House (in Russian).
- Reference Book of Forest Fund of Ukraine based on state records of forests as of 01.01.2011* (2012). Irpin: Ukrderzhlisproekt (in Ukrainian).
- Shvydenko, A. Z., Stochynskyi, A. A., Savych, Yu. N., & Kashpor, C. N. (1987). Sums of cross sectional area of the trunks and volumes of stands for relative stand density 1.0. (1987). *Normative reference materials for forest inventory in Ukraine and Moldova*. (pp. 236-247). Kyiv: Harvest (in Russian).
- Vorobiov, D. V. (1953). *Forest types of the European part of the USSR*. Kyiv: Publishing house of the Ukrainian Academy of Sciences (in Russian).

## Типы леса и запасы древесины равнинных буковых древостоев Украины

С. И. Миклуш<sup>1</sup>, Ю. С. Миклуш<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>,  
В. Н. Савчин<sup>4</sup>

Ведение лесного хозяйства на типологической основе предусматривает, что достоверно определенные в ходе лесоустройства типы

леса и корректные значения лесоводственно-таксационных показателей насаждений, в том числе запасов древостоев, позволяют планировать целесообразные лесохозяйственные мероприятия для повышения производительности насаждений и рационального использования лесных ресурсов. В соответствии с требованиями лесоустроительной инструкции, лесоводственно-таксационные показатели насаждений устанавливают глазомерно-измерительным методом с определенной нормативами точностью.

По данным лесоустройства, равнинные буковые древостои и насаждения с участием бука в составе представлены таксационными выделами различной величины в 74 типах леса, в частности, в условиях суборей – 6, сугрудов – 36 и грудов – 32 в различных гигротопах – от сухих к мокрым. Исследователи буковых лесов выделяют меньшее количество типов леса (от 25 до 35), в которых бук представлен как типобразующая, вторая главная порода или растет в составе древостоев других, преимущественно дубовых, типов леса.

Наибольшее количество буковых типов леса лесоустройством выделено в условиях сугрудов – 12, по шесть в свежих и влажных гигротопах. В тех же условиях бук лесной, как вторая главная порода, формирует 13 типов леса, большинство из которых сосредоточено во влажных гигротопах – 7. В грудях бук формирует 11 типов леса и как вторая главная порода выступает в 13, а также растет в восьми, преимущественно дубовых, типах леса. Исследователи буковых лесов в сугрудах выделяют в три раза меньше буковых типов леса, а в грудях – только два типа леса.

Приведенное многообразие типов леса, установленное визуально во время лесоустройства по имеющимся в насаждениях древесным видам, не соответствуют перечню возможных типов леса, которые описаны в литературе.

Для 36,7% от общего числа таксационных выделов видовые числа не являются корректными (изменяются в пределах 0,158-4,080), тогда как по таблицам хода роста буковых древостоев видовые числа составляют не менее 0,424 и не превышают 0,840. В молодняках различия в запасах, по сравнению с таблицами хода роста или стандартными таблицами, могут превышать 100%, в то время как в спелых и перестойных древостоях разница в запасах не превышает 20% и лишь в редких случаях превышает 25-35%.

Для определения запасов с точностью, которая соответствует нормативам, целесообразно осуществлять проверку правильности их установления с использованием реальных видовых чисел, поскольку для каждой породы оно имеет определенное значение в зависимости от возраста и высоты древостоев.

Решение проблемы целесообразно путем разработки обоснованного перечня типов леса, оценки установленных запасов и механизма актуализации лесоводственно-таксационных показателей базы

<sup>1</sup> Миклуш Степан Иванович – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор НИИ лесного и садово-паркового хозяйства, профессор кафедры лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi\_s@ukr.net ORCID ID: 0000-0002-9762-1190

<sup>2</sup> Миклуш Юрий Степанович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: yurasikpa@hotmail.com ORCID ID: 0000-0002-1940-1045

<sup>3</sup> Гаврилюк Сергей Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-239-27-46, +38-068-760-91-99. E-mail: serhiy\_havrylyuk@nltu.edu.ua ORCID ID: 0000-0003-0361-0624

<sup>4</sup> Савчин Владимир Николаевич – главный технолог. ПО «Укр-держлеспроект», ул. Чайковского, 17, г. Львов, 79005. Тел.: +38-097-011-40-47. E-mail: svm\_25@ukr.net

данных лесоустройства для древостоев главных лесообразующих пород Украины как эффективного инструментария реализации системы непрерывного лесоустройства.

**Ключевые слова:** бук лесной; база данных лесоустройства; типы леса; видовое число; запасы древесины; погрешности.

## Types of forest and timber reserves of plain beech stands in Ukraine

S. Myklush<sup>1</sup>, Yu. Myklush<sup>2</sup>, S. Havryliuk<sup>3</sup>, V. Savchyn<sup>4</sup>

Forest management on a typological basis foresees that forest site types and correct values of silvicultural indices of stands, including volumes of stands, reliably established during forest management activities allow planning appropriate forest management measures to increase the stands productivity and improve forest resource use. In accordance with the forest management instructions requirements, silvicultural indices are determined by the visual-measuring method with a certain accuracy standard.

According to forest management data, plain beech stands and plantations with beech in the tree species

composition are represented by inventory stands of various sizes in 74 forest site types, in particular in conditions of pine fairly infertile site types – 6, oak fairly fertile site types – 36 and oak fertile site types – 32 forest types that cover hygrotopes from dry to wet. Researchers of beech forests identify a smaller number of forest site types, usually from 25 to 35, in which the beech is represented as type-forming species.

The biggest number of beech forest site types, namely 12 are allocated by forest management in conditions of oak fairly fertile site types, six in fresh and six in moist hygrotopes. Under the same conditions, common beech, as the second main species, forms 13 site types of forest, mainly in humid hygrotopes, namely 7. In oak fairly fertile site types, common beech forms 11 forest site types and as the second main species forms 13 forest site types. Researchers of beech forests identify three times smaller amount of beech forest site types in oak fairly fertile site types, and in oak fertile site types only two forest site types were allocated.

The given variety of forest site types established visually at the time of forest management of available tree species in stands does not correspond to the list of possible forest types that are described in literature.

Form factor is not correct (varying within 0.158-4.080) for the 36.7% of the total number of inventory plots. According to the beech yield tables form factors are not less than 0.424 and do not exceed 0.840. In young stands, the differences in values of volumes compared to yield tables or standard tables can exceed 100%, while in mature and over mature stands the difference in stocks does not exceed 20% and rarely exceed 25-35%.

For stands volumes determination with accuracy in accordance with the regulations, it is reasonable to accomplish the correctness of their determination using form factor, because for each species it has definite values depending on age and stand height.

It is reasonable to develop the substantiated list of forest site types, evaluation of volume stock determination and actualization of silviculture indexes for database of inventory for main tree species of Ukraine. It will be used as effective tool for the realization of permanent system for forest management planning.

**Key words:** common beech, forest inventory database, forest site types, form factor, stand volume, measuring inaccuracy.

<sup>1</sup> *Myklush Stepan* – Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of Educational and Research Institute of Forestry and Park Gardening, Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, Henerala Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi\_s@ukr.net ORCID ID: 0000-0002-9762-1190

<sup>2</sup> *Myklush Yurii* – PhD of Agricultural Sciences, associate professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, Henerala Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: yurasikpa@hotmail.com ORCID ID: 0000-0002-1940-1045

<sup>3</sup> *Havryliuk Serhii* – PhD of Agricultural Sciences, associate professor, associate professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, Henerala Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46, +38-068-760-91-99. E-mail: serhiy\_havrylyuk@nltu.edu.ua ORCID ID: 0000-0003-0361-0624

<sup>4</sup> *Savchyn Volodymyr* – production manager. Production Association «Ukrderzhlisproekt», Chaikovskoho st., 17, Lviv, 79005, Ukraine. Tel.: +38-097-011-40-47 E-mail: svm\_25@ukr.net



## 5. ЗАХИСТ ЛІСІВ І 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/10.15421/411912>

Article received 2018.10.05

Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print

ISSN 2616-5015 online

@ ✉ Correspondence author

Kateryna Davydenko

[kateryna.davydenko74@gmail.com](mailto:kateryna.davydenko74@gmail.com)

Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine

UDK 630.4

### A comparative characteristic of fungal communities associated with *Ips acuminatus* in different regions of Ukraine

K. Davydenko<sup>1</sup>

*Pine bark beetles are typically associated with complexes of fungi that could reveal different functional interaction. Thus, previously nonaggressive bark beetle *Ips acuminatus* is considering now to be among the most serious pests of pine forest in Ukraine and other European countries and vectored fungal community is very important to assess total harm of this bark beetle. The aim of this study was to reveal the vectored fungal community associated with the pine engraver beetle, *I. acuminatus* with special emphasis on pathogenic fungi for further evaluation of harm bark-beetle - fungi association for Ukrainian forest.*

*In total, 288 adult beetles were collected from Scots pine trees at six different sites through Ukraine. DNA sequencing as fungal culturing from all beetles resulted in 1681 isolates and amplicons representing 42 fungal taxa. NCBI BLAST search revealed that the overall fungal community was composed of 94 species, of which 80.85% were Ascomycota, followed by Basidiomycota and unidentified fungal group, which accounted for 10.6% and 8.5% of the total sequences, respectively. Among these, the most commonly detected fungi for pooling dataset were *Sphaeropsis sapinea* (23.6%), *Cladosporium pini-ponderosae* (19.44%), *Ophiostoma ips* (19.1%), *Ophiostoma canum* (19.1%) and *Cladobotryum mycophilum* (18.06%). In the pooled dataset of isolates and amplicons for each site, Shannon diversity indices ranged between 1.9 and 2.9 while Simpson diversity index varied between 0.69 and 0.89 indicating rich species diversity.*

*In total twelve ophiostomatoid species were detected. All ophiostomatoid fungi were showing varying degrees of virulence and *O. minus* was the most aggressive fungus in previous studies. It is concluded that *I. acuminatus* vectors a species-rich fungal community including pathogens such as ophiostomatoid fungi, *Sphaeropsis sapinea*, different needle pathogens and wood decay fungi that seems to be very important for the assessment of threat of *I. acuminatus* to the pine forest in Ukraine.*

**Key words:** Scots pine; bark beetles; *Ips acuminatus*; *Ophiostoma*; *Sphaeropsis sapinea*; pathogens; forest health.

**Introduction.** Bark beetle species (Coleoptera: Scolytinae) that colonize trees from the Pinaceae family are economically and ecologically important forest insects, and high-density outbreaks can devastate

both managed and natural forests. Bark beetles are often divided into notional clusters: aggressive and nonaggressive beetles (Krokene & Solheim, 1998), however both climate changes and humans have been

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

bringing about unprecedented changes to environments worldwide result in the shift in classical aggressive interactions among certain pests and tree species to less or nonaggressive and vice versa. Generally, nonaggressive beetles occupy weakened, dying-up, or dead trees, but under certain conditions, populations of these nonaggressive beetles can cause massive outbreaks, killing healthy trees (Alamouti et al., 2007). Aggressive beetles are well-known to attack, and even kill healthy trees, however, the majority of bark beetles occupy only dying or very weakened trees (Krokene & Solheim, 1998).

Such climate change as increasing temperature and drought in Ukraine are common now and can play an important role as a selective pressure shaping species traits and assemblages in the forest ecosystem. Thus, previously nonaggressive bark beetle *Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) is considering recently to be among the most serious pests of pine forest in Ukraine and other European countries (Colombari et al., 2013, Siitonen, 2014, Davydenko et al., 2017; Meshkova et al., 2017, 2018).

Majority of bark beetles are well-known for their symbiosis with various microorganisms, for instance, fungi, resulting in various types of symbiotic interactions between fungi and bark beetles from obligate mutualism to commensalism or even parasitism and antagonism (Six, 2012). Bark beetle-fungus symbiosis is established in long-term ecological and evolutionary processes (Six, 2012).

Most studies demonstrated that fungi can provide the nutrient source (Six, 2012; Villari, 2012; Davydenko et al., 2017). Last decades, classic hypothesis postulate that both fungi and aggressive bark beetles exist in a relationship in which each individual benefits from the activity of the other. Regarding this classic paradigm (Six, 2012), some fungi, mostly aggressive, may assist beetles in overcoming tree defences. The actual role of fungi in helping bark beetles to overcome the defenses of the host trees is under debate but at least some species (e.g., *Ophiostoma novo-ulmi* or *Endonophora polonica*) can weaken or even kill healthy trees.

The relationship between fungi and bark beetles has been studied for more than one century, but there are many fundamental and practical aspects poorly known around the topic (Linnakoski et al., 2012; Villari 2012). The pathogenic fungi can play a key role in overcoming the host defense increasing the aggressiveness and success of bark beetle attacks (Krokene & Solheim, 1998), but at the same time this interaction can also play an important part for fungal life cycle to use beetles as transports for the fungi (long-distance movement) to facilitate inoculation of the fungi into suitable host-trees (Six, 2003, 2012). Moreover, fungi are also reported to be an important nutrition for some bark-beetle species (Linnakoski et al., 2012, Villari et al., 2012). The bark beetles-fungus interaction appears to vary between different species, regions and countries (Six, 2012), however, a very little is known about ophiostomatoid fungi associated bark beetle species colonizing Scots pine in Ukraine (Davydenko et al., 2017).

The aim of this study was to reveal the vectored fungal community associated with the pine engraver beetle, *Ips acuminatus* (Gyllenhal) in different regions of Ukraine with special emphasis on pathogenic fungi for further evaluation of harm bark-beetle – fungi association for Ukrainian forest.

**Objects and methods.** Study sites were pine forest stands located in the different regions of Ukraine (Fig. 1). Stands at all sites were ca. 50–60-year-old plantations of Scots pine (*Pinus sylvestris*). *I. acuminatus* adults were collected from infested logs of *P. sylvestris* sampled in Kharkiv (Kh), Luhansk (Lh), Poltava (P), Sumy (S), Kyiv (K) and Zhytomir (Zh), and stored singly until analyses.



Fig. 1. Locality of sampling sites Kharkiv (Kh), Luhansk (Lh), Poltava (P), Sumy (S), Kyiv (K) and Zhytomir (Zh)

Sampling and study of bark beetles *I. acuminatus* was carried out in 2014–2016. Forty-eight individuals per site were collected randomly and analysed. Half of the beetles from each site were stored at 4°C for fungal culturing and the other half at -20°C for DNA analysis.

**Fungal culturing and molecular identification.** Samples for fungal isolation were plated on 2 % malt extract agar (MEA, Difco, BD, Franklin Lakes, NJ, USA) containing 200 ppm of cycloheximide and 300 ppm of streptomycin (Sigma-Aldrich), in order to be selective for *Ophiostoma* species and avoid growth of bacterial isolates and fast growing fungi as *Trichoderma* spp, *Penicillium* spp. etc. Obtained cultures were used to get pure isolates by transferring mycelium from the edges of single colonies to fresh 2% MEA. Cultures were incubated at 22°C and grouped according to morphological characteristics of colonies and conidiophores, and single spore cultures were prepared from germinating conidia of isolates representing morphological groups of different sites (Villari et al., 2012).

Morphological identification was based on macro- and microscopic characteristics of the isolates. Specimens were observed both under a stereomicroscope and a light microscope, after anamorph fruiting structures were mounted on glass slides in cotton blue.

DNA was extracted from the single spore cultures of the isolates representing morphological groups of different sites. Approximate DNA concentrations were determined at 260 nm using the Nano-drop 2000 spectrophotometer (Nano-drop Technologies, Wilmington, DE, USA), and extracts were diluted to 10 ng  $\mu\text{l}^{-1}$  in double-distilled water (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). Internal transcribed spacer (ITS) regions 1 and 2, including the ribosomal 5.8S gene, were amplified using the ITS primers pairs (Davydenko et al., 2017). The reaction mixture contained, in a total volume of 15  $\mu\text{l}$ , 200  $\mu\text{M}$  deoxyribonucleotide triphosphates, 0.2  $\mu\text{M}$  of each primer, 0.03 U/ $\mu\text{l}$  Thermo Green Taq polymerase with reaction buffer Green, and 2.75 mM final concentration of  $\text{MgCl}_2$ . The thermal cycling was carried out using an Applied Biosystems GeneAmp PCR System 2700 thermal cycler (Foster City, CA, USA). An initial denaturation step at 95°C for 5 min was followed by 35 amplification cycles of denaturation at 95°C for 30 s, annealing at 55°C for 30 s, and extension at 72°C for 30 s. The thermal cycling was ended by a final extension step at 72°C for 7 min. The protein coding gene  $\beta$ -tubulin (partial gene) was also amplified using the primers Bt2a and Bt2b (Glass and Donaldson 1995). Amplification was performed in 15  $\mu\text{l}$  of reaction mix (1x PCR Go Taq Flexi buffer, 2 mM  $\text{MgCl}_2$ , 0.09 mM dNTPS, 0.66  $\mu\text{M}$  each primer, 4% DMSO, 0.5 U of Taq polymerase and 1  $\mu\text{l}$  of template DNA). Thermal cycling condition were 2 min at 94°C followed by 15 cycles of 94°C for 30 s, 58°C for 45 s, and 72°C for 45 s, and further 20 cycles of 94°C for 30 s, 55°C for 45 s, and 72°C for 45 s, with a final extension of 72°C for 5 min.

PCR products were size separated on 1% agarose gels and visualized under UV light. The PCR products were purified with Qiagen DNA extraction PCR M kit (Qiagen, Hilden, Germany). Sequencing was carried out by Macrogen Inc., Korea. Raw sequence data were analyzed using the SeqMan Pro version 10.0 software from DNASTAR package (DNASTAR, Madison, WI, USA). Databases at GenBank and at the Department of Forest Mycology and Plant Pathology, Swedish University of Agricultural Sciences, were used to determine the identity of ITS rRNA sequences. The criteria used for identification were: sequence coverage > 80%; similarity to taxon level 98-100%, similarity to genus level 92-97%.

**Sequencing of fungi from the beetles.** Isolation of DNA, amplification and sequencing of fungal ITS rRNA obtained directly from the beetles was carried out as described by Davydenko et al. (2014, 2017). PCR products were size separated on 1% agarose gels and visualized under UV light. Resulting single-band products were sequenced in both directions using the same primers as for PCR amplification. Sequencing and analyse of sequencing data were performed as described in section above.

**Statistical analyses.** A NCBI BLAST (National Centre for Biotechnology Information, www.ncbi.nlm.nih.gov) search was run with the edited sequences for preliminary species identification. Sequences were then aligned and visually inspected for the identification of

polymorphic loci. A preliminary neighbor-joining tree was obtained with a Kimura 2-parameters substitution model, using only the  $\beta$ -tubulin partial gene sequences since they are known to better distinguish among *Ophiostoma* species than ITS region. Assessment of average evolutionary divergences over sequence pairs within and between groups defined by the tree were assessed for both ITS region and  $\beta$ -tubulin partial gene. All analyses were performed with MEGA 5.05 software.

Maximum likelihood (ML) analysis was conducted using the RAxML, and the 198 RAxML-HPC BlackBox was selected with default parameters, especially, in order to distinguish further *O. canum*, *O. canum*-like and *O. cf. canum*, and *O. piceae* complex with MEGA 5.05 software.

Richness of fungal taxa detected in beetles from sites was compared using chi-squared tests (Mead 2017). The relative abundance of fungal taxa was calculated from actual numbers of observations (presence/absence data) as the percentage of observations (isolates/ sequences) for the total fungal community. Shannon diversity indices and Chao indices were used to characterise the diversity and composition of fungal communities (Mead 2017). The Simpson diversity index was used to indicate dominance in fungal diversity to take into accounts both richness and evenness. Fungal dominance and most common species were determined by Camargo's index (Mead 2017). Statistical analyses were carried out using the software JMP®, Version 11.0.0. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2007.

**Results and discussion.** In total, 1681 isolates and amplicons representing 42 fungal taxa were detected when pooling the results from culturing and direct sequencing. The distribution of the fungal species according to site is given in Table 1. Of the all beetles of *I. acuminatus* used for fungal culturing, 272 individuals (94.4%) yielded fungal isolates and amplicons. So, most of all of the investigated beetles were associated with one, or more, species of fungi and 5.8 on average different fungal cultures and amplicons were obtained from each beetle.

The spectrum of fungi mainly consisted of ascomycetes (Tab. 1), but a few fungi from phylum Mucoromycotina and Basidiomycota were also identified.

The most abundant fungal phylum was Ascomycota for all sites accounting for an average of 80.85% of the total sequences, followed by Basidiomycota and unidentified fungal group, which accounted for 10.6% and 8.5% of the total sequences, respectively (Fig. 2).

Pooling all data from isolation and sequencing, all high-quality sequences representing 94 distinct fungal taxa among which 56 (59.7%) were identified to taxon level, 28 (29.8%) to genus level and 10 (10.6%) remained unidentified (Table 1).

The most commonly detected fungi for pooling dataset were *Sphaeropsis sapinea* (23.6%), *Cladosporium pini-ponderosae* (19.44%), *Ophiostoma ips* (19.1%), *Ophiostoma canum* (19.1%) and *Cladobotryum mycophilum* (18.06%). The less abundant were *Ophiostoma bicolor* (15.97%),

*Ophiostoma piceae* (15.63%), *Graphilbum rectangulosporium* (13.89%), *Sydowia polyspora* (13.54%) and *Cyclaneusma niveum* (12.15%). The frequency of other species detected was lower than 11% (Tab. 1).

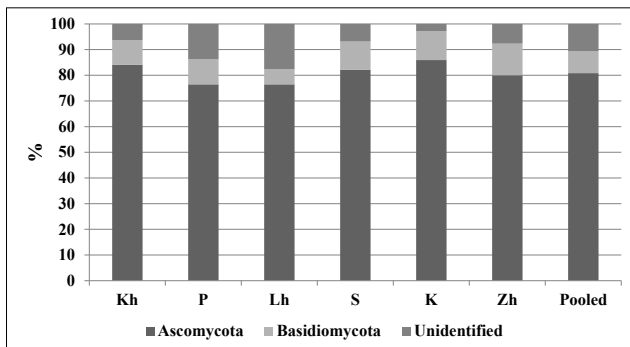


Fig. 2. Fungal phyla relative abundance associated with bark beetles. Sampling sites: Kharkiv (Kh), Luhansk (Lh), Poltava (P), Sumy (S), Kyiv (K) and Zhytomyr (Zh)

Chi-square test showed significant difference ( $p > 0.001$ ) in richness of fungal taxa detected by the different sites (Fig. 3). Differences were observed in the abundance within some of the dominant groups, classified as the phylum and order. For the fungal communities (Fig. 3, Tab. 1), the relative abundances of the taxa Ascomycota and Basidiomycota were significantly lower ( $p < 0.001$ ) in Luhansk and Poltava sites, and significantly increased ( $p < 0.05$ ) in Kharkiv, Zhytomyr, Kyiv and Sumy sites respectively reaching maximum value in Sumy region. At the phylum level, for the fungal communities the relative abundances of the dominant taxa *Cladosporium* sp., *Cyclaneusma* sp., *Grosmannia* sp., *Mucor* sp., *Ophiostoma* sp., *Penicillium* sp., *Sphaeropsis* sp., *Sydowia* sp. and Basidiomycota were significantly different ( $p < 0.001$ ) between all sites, while the relative abundances of the taxa *Cladosporium* sp., *Graphilbum* sp., *Graphium* sp., *Lophodermium* sp., were significantly similar for all sites (data not shown).

Table 1

**Pooled relative abundance of fungal taxa obtained from adults of *Ips acuminatus* collected on *Pinus sylvestris* grown in six regions in Ukraine**

| Fungal taxa   | Kh    | P     | Lh    | S     | K     | Zh    | All samples |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8           |
| <b>Ascomycota and other species</b>                         |       |       |       |       |       |       |             |
| <i>Alternaria alternata</i> (Fries) Keissler                | 0     | 2.08  | 0     | 14.58 | 4.17  | 6.25  | 5.21        |
| <i>Alternaria</i> sp.                                       | 4.17  | 0     | 0     | 22.92 | 14.58 | 0     | 6.94        |
| <i>Anthostomella pinea</i> Crous                            | 2.08  | 0     | 0     | 12.50 | 10.42 | 4.17  | 4.86        |
| <i>Apiospora montagnei</i> Sacc.                            | 0     | 8.33  | 4.17  | 0     | 16.67 | 10.42 | 6.60        |
| <i>Aspergillus pseudoglaucus</i> Blochwitz                  | 0     | 10.42 | 0     | 16.67 | 12.50 | 12.50 | 8.68        |
| <i>Aspergillus versicolor</i> (Vuill.) Tirab.               | 6.25  | 14.58 | 0     | 0     | 4.17  | 4.17  | 4.86        |
| <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo-Crivelli) Vuillemin      | 10.42 | 16.67 | 2.08  | 25.00 | 12.50 | 0     | 11.11       |
| <i>Bionectria ochroleuca</i> (Schwein.) Schroers & Samuels, | 6.25  | 6.25  | 0     | 16.67 | 4.17  | 6.25  | 6.60        |
| <i>Bionectriaceae</i> sp. Samuels & Rossman                 | 0     | 0     | 0     | 10.42 | 6.25  | 4.17  | 3.47        |
| <i>Botryotinia fuckeliana</i> (de Bary) Whetzel             | 6.25  | 6.25  | 0     | 4.17  | 2.08  | 8.33  | 4.51        |
| <i>Cadophora</i> sp   | 0     | 0.00  | 4.17  | 12.50 | 10.42 | 10.42 | 6.25        |
| <i>Candida</i> sp.  | 4.17  | 4.17  | 0     | 0     | 0     | 0     | 1.39        |
| <i>Chaetomium globosum</i> Kunze ex Fries                   | 0     | 0     | 2.08  | 25.00 | 0     | 0     | 4.51        |
| <i>Chaetomium</i> sp. Kunze                                 | 8.33  | 0     | 4.17  | 0     | 6.25  | 0     | 3.13        |
| <i>Chalara</i> sp.  | 4.17  | 4.17  | 0     | 12.50 | 4.17  | 6.25  | 5.21        |
| <i>Cladosporium</i> sp. Link                                | 14.58 | 10.42 | 0     | 4.17  | 10.42 | 10.42 | 8.33        |
| <i>Cladobotryum dendroides</i> (Bull.) W. Gams & Hooz       | 2.08  | 25.00 | 0     | 10.42 | 4.17  | 25.00 | 11.11       |
| <i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link                   | 0     | 0     | 39.58 | 0     | 0     | 0     | 6.60        |
| <i>Cladobotryum mycophilum</i> (Oudem.) W. Gams & Hooz      | 6.25  | 0     | 0     | 25.00 | 37.50 | 39.58 | 18.06       |
| <i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries | 10.42 | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1.74        |
| <i>Cladosporium pini-ponderosae</i> K. Schub                | 4.17  | 18.75 | 0     | 29.17 | 41.67 | 22.92 | 19.44       |

Table 1 continuation

| 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Cordyceps</i> sp.  | 4.17  | 0     | 0     | 12.50 | 12.50 | 10.42 | 6.60  |
| <i>Cyclaneusma niveum</i> (Pers.) DiCosmo, Peredo & Minter  | 8.33  | 0     | 0     | 25.00 | 22.92 | 16.67 | 12.15 |
| <i>Cylindrocarpon</i> sp  | 0     | 0     | 0     | 18.75 | 22.92 | 8.33  | 8.33  |
| <i>Dactylonectria macrodidyma</i> (Halleen, Schroers & Crous) L. Lombard, van der Merwe & J.Z. Groenew. & Crous | 0     | 4.17  | 0     | 10.42 | 6.25  | 0     | 3.47  |
| <i>Gibberella avenacea</i> R.J. Cook  | 18.75 | 0     | 0     | 14.58 | 0     | 10.42 | 7.29  |
| <i>Graphilbum rectangulosporium</i> (Ohtaka, Masuya & Yamaoka) Z.W. de Beer & M.J. Wingf.                       | 8.33  | 10.42 | 4.17  | 18.75 | 22.92 | 18.75 | 13.89 |
| <i>Grosmannia olivacea</i> (Math.-Käärik) Zipfel, Z.W. de Beer & M.J. Wingf.                                    | 18.75 | 0     | 0     | 10.42 | 18.75 | 6.25  | 9.03  |
| <i>Grosmannia</i> sp.1  | 12.50 | 2.08  | 0     | 14.58 | 4.17  | 6.25  | 6.60  |
| <i>Eupenicillium</i> sp.  | 0     | 10.42 | 4.17  | 4.17  | 10.42 | 16.67 | 7.64  |
| <i>Epicoccum nigrum</i> Link  | 4.17  | 0     | 0     | 2.08  | 16.67 | 8.33  | 5.21  |
| <i>Fusarium oxysporum</i> Schldtl   | 2.08  | 0     | 0     | 6.25  | 10.42 | 0     | 3.13  |
| <i>Fusarium</i> sp  | 0     | 4.17  | 6.25  | 0     | 4.17  | 0     | 2.43  |
| <i>Geosmithia</i> sp.1  | 0     | 10.42 | 2.08  | 16.67 | 6.25  | 6.25  | 6.94  |
| <i>Geosmithia</i> sp.2  | 2.08  | 6.25  | 0     | 6.25  | 4.17  | 0     | 3.13  |
| <i>Graphium</i> sp.   | 10.42 | 0     | 0     | 8.33  | 6.25  | 10.42 | 5.90  |
| <i>Ilyonectria radicolica</i>   | 14.58 | 2.08  | 6.25  | 12.50 | 8.33  | 6.25  | 8.33  |
| <i>Isaria farinosa</i>  | 4.17  | 2.08  | 0     | 10.42 | 4.17  | 0     | 3.47  |
| <i>Lophodermium seditiosum</i> Minter, Staley & Millar  | 18.75 | 4.17  | 0     | 12.50 | 12.50 | 6.25  | 9.03  |
| <i>Mariannaea elegans</i> (Corda) Samson  | 12.50 | 12.50 | 14.58 | 12.50 | 8.33  | 0     | 10.07 |
| <i>Metapochonia bulbilosa</i> (W. Gams & Malla) Kepler & Humbe  | 8.33  | 0     | 4.17  | 18.75 | 4.17  | 0     | 5.90  |
| <i>Mortierella</i> sp.  | 0     | 16.67 | 6.25  | 0     | 6.25  | 0     | 4.86  |
| <i>Mucor</i> sp. P. Micheli ex L.   | 0     | 4.17  | 0     | 12.50 | 10.42 | 0     | 4.51  |
| <i>Mucor fragilis</i> Bainier   | 18.75 | 2.08  | 0     | 4.17  | 8.33  | 4.17  | 6.25  |
| <i>Nakazawaea holstii</i> (Wick.) Y. Yamada, K. Maeda & Mikata  | 4.17  | 6.25  | 6.25  | 2.08  | 10.42 | 0     | 4.86  |
| <i>Neocatenulostroma germanicum</i> (Crous & U. Braun) Quaedvl. & Crous   | 14.58 | 0     | 0     | 8.33  | 12.50 | 0     | 5.90  |
| <i>Ogataea henricii</i> (Wick.) Y. Yamada, K. Maeda & Mikata  | 0     | 0     | 4.17  | 0     | 4.17  | 2.08  | 1.74  |
| <i>Ogataea neopini</i> Nagatsuka, S. Saito & Sugiyama   | 4.17  | 2.08  | 0     | 0     | 10.42 | 0     | 2.78  |
| <i>Ophiostoma bicolor</i> R.W. Davidson & D.E. Wells  | 25.00 | 10.42 | 0     | 12.50 | 22.92 | 25.00 | 15.97 |
| <i>Ophiostoma canum</i> (Münch) Syd. & P. Syd   | 22.92 | 4.17  | 10.42 | 22.92 | 25.00 | 29.17 | 19.10 |
| <i>Ophiostoma ips</i> (Rumbold) Nannfeldt   | 29.17 | 12.50 | 16.67 | 12.50 | 20.83 | 22.92 | 19.10 |
| <i>Ophiostoma minus</i> (Hedgc.) Syd. & P. Syd <sup>d</sup>   | 18.75 | 4.17  | 0     | 45.83 | 45.83 | 25.00 | 23.26 |
| <i>Ophiostoma pallidulum</i> Linnak., Z.W. de Beer & M.J. Wingf.  | 0     | 18.75 | 0     | 0     | 4.17  | 29.17 | 8.68  |
| <i>Ophiostoma piceae</i> (Münch) Sydow & P. Sydow   | 14.58 | 2.08  | 6.25  | 22.92 | 25.00 | 22.92 | 15.63 |
| <i>Ophiostoma</i> sp.1  | 0     | 0     | 0     | 18.75 | 0     | 29.17 | 7.99  |
| <i>Ophiostoma</i> sp.2  | 18.75 | 4.17  | 0     | 0     | 0     | 8.33  | 6.94  |
| <i>Penicillium citreonigrum</i> Dierckx   | 0     | 4.17  | 0     | 0     | 25.00 | 0     | 4.86  |

Table 1 continuation

| 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6    | 7     | 8     |
|---|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| <i>Penicillium roqueforti</i> Thom  | 0     | 0     | 0     | 10.42 | 0    | 0     | 1.74  |
| <i>Penicillium</i> sp. HK36 7   | 6.25  | 0     | 0     | 6.25  | 0    | 0     | 2.08  |
| <i>Penicillium</i> sp. HK80 14  | 18.75 | 0     | 0     | 4.17  | 0    | 4.17  | 4.51  |
| <i>Penicillium</i> sp. HK83 22  | 6.25  | 0     | 0     | 4.17  | 0    | 0     | 1.74  |
| <i>Pezicula eucrita</i> (P. Karst.) P. Karst  | 0     | 0     | 4.17  | 8.33  | 6.25 | 12.50 | 5.21  |
| <i>Phoma macrostoma</i>   | 0     | 0     | 0     | 22.92 | 4.17 | 4.17  | 5.21  |
| <i>Phomopsis</i> sp. Sacc. & Roum   | 18.75 | 0     | 0     | 12.50 | 2.08 | 6.25  | 6.60  |
| <i>Pleosporales</i> sp.   | 2.08  | 0     | 0     | 25.00 | 4.17 | 2.08  | 5.56  |
| <i>Rhizoctonia</i> sp.  | 0     | 0     | 0     | 14.58 | 6.25 | 4.17  | 4.17  |
| <i>Saccharomycetaceae</i> sp.   | 6.25  | 0     | 0     | 6.25  | 4.17 | 0     | 2.78  |
| <i>Sordariomycetes</i> sp.  | 18.75 | 0     | 0     | 10.42 | 0    | 4.17  | 5.56  |
| <i>Sphaeropsis sapinea</i> (Fr.) Dyko & B. Sutton <sup>d</sup>  | 12.50 | 22.92 | 18.75 | 47.92 | 0    | 39.58 | 23.61 |
| <i>Sydowia polyspora</i> (Brefeld & Tavel) E. Müller  | 25.00 | 0     | 4.17  | 25.00 | 4.17 | 22.92 | 13.54 |
| <i>Talaromyces minioluteus</i> (Dierckx) Samson, N. Yilmaz, Frisvad & Seifert                             | 0     | 4.17  | 0     | 4.17  | 2.08 | 2.08  | 2.08  |
| <i>Talaromyces purpureogenus</i> Samson, Yilmaz, Houbraken, Spierenb., Seifert, Peterson, Varga & Frisvad | 0     | 2.08  | 0     | 8.33  | 0    | 2.08  | 2.08  |
| <i>Trichoderma asperellum</i> Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg   | 16.67 | 0     | 2.08  | 6.25  | 4.17 | 4.17  | 5.56  |
| <i>Truncatella</i> sp. Steyaert   | 4.17  | 0     | 4.17  | 0     | 2.08 | 2.08  | 2.08  |
| <i>Umbelopsis isabellina</i> (Oudemans) W. Gams   | 0     | 0     | 2.08  | 0     | 4.17 | 4.17  | 1.74  |
| <i>Umbelopsis ramanniana</i> (Möller) W. Gams 2003  | 6.25  | 0     | 6.25  | 0     | 6.25 | 2.08  | 3.47  |
| <b>Basidiomycota</b>  |       |       |       |       |      |       |       |
| <i>Bjerkandera adusta</i> (Willdenow) P. Karsten  | 2.08  | 6.25  | 0     | 8.33  | 4.17 | 4.17  | 4.17  |
| <i>Cryptococcus</i> sp. Kütz.   | 0     | 0     | 4.17  | 6.25  | 6.25 | 2.08  | 3.13  |
| <i>Entomocorticium</i> sp. H.S. Whitney, Bandoni & Oberw <sup>d</sup>                                     | 8.33  | 6.25  | 4.17  | 6.25  | 2.08 | 12.50 | 6.60  |
| <i>Fomitopsis pinicola</i> (Swartz) P. Karsten  | 6.25  | 0     | 0     | 4.17  | 4.17 | 4.17  | 3.13  |
| <i>Hebeloma</i> sp. (Fr.) P. Kumm.  | 2.08  | 8.33  | 0     | 2.08  | 4.17 | 4.17  | 3.47  |
| <i>Hyphoderma setigerum</i> (Fr.) Donk  | 4.17  | 10.42 | 0     | 4.17  | 4.17 | 2.08  | 4.17  |
| <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.   | 0     | 6.25  | 0     | 6.25  | 2.08 | 4.17  | 3.13  |
| <i>Phlebiopsis gigantea</i> (Fr.) Jülich,   | 8.33  | 0     | 0     | 4.17  | 0    | 4.17  | 2.78  |
| <b>Unidentified fungi</b>   |       |       |       |       |      |       |       |
| Uncultured Helotiales clone HH79  | 4.17  | 4.17  | 2.08  | 4.17  | 2.08 | 4.17  | 3.47  |
| Uncultured Pezizales clone HG88   | 2.08  | 2.08  | 2.08  | 0     | 2.08 | 2.08  | 1.74  |
| Unidentified Basidiomycota FG139  | 0     | 0     | 0     | 2.08  | 0    | 4.17  | 1.04  |
| Unidentified Basidiomycota FG155  | 0     | 2.08  | 0     | 2.08  | 0    | 4.17  | 1.39  |
| Fungal sp HH74 18   | 4.17  | 0     | 2.08  | 2.08  | 0    | 2.08  | 1.74  |
| Fungal sp HH78 19   | 8.33  | 0     | 2.08  | 2.08  | 0    | 0     | 2.08  |
| Fungal sp HK2 22  | 2.08  | 2.08  | 2.08  | 0     | 0    | 0     | 1.04  |
| Fungal sp HD6 31  | 0     | 2.08  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0.35  |
| Unidentified culture Mucor-like M19   | 0     | 2.08  | 0     | 0     | 0    | 0     | 0.35  |
| Unidentified culture Mucor-like M74   | 4.17  | 0     | 2.08  | 0     | 0    | 0     | 1.04  |

Sampling sites: Kharkiv (Kh), Luhansk (Lh), Poltava (P), Sumy (S), Kyiv (K) and Zhytomyr (Zh)



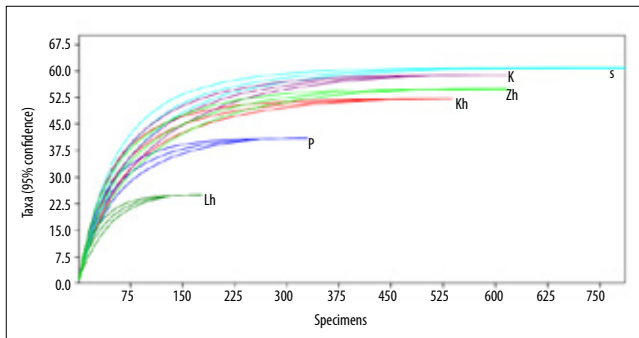


Fig. 3. Richness of observed fungi species for different sampling sites

The PCoA (principal coordinates analysis) based on Bray-Curtis distances revealed that the first principal component explained 99.10% of the variability in the data of the fungal communities (data not shown). Six different clusters were formed for all sites in the respect to the fungal community compositions, indicating the significant difference between fungal community associated with bark beetles.

In the pooled dataset of isolates and amplicons for each site, Shannon diversity indices ranged between 1.9 and 2.9 while Simpson diversity index varied between 0.69 and 0.89 (Fig. 4); Chao index is an estimator based on the abundance of species for each site referring to the abundance of individuals belonging to a certain class in a sample.

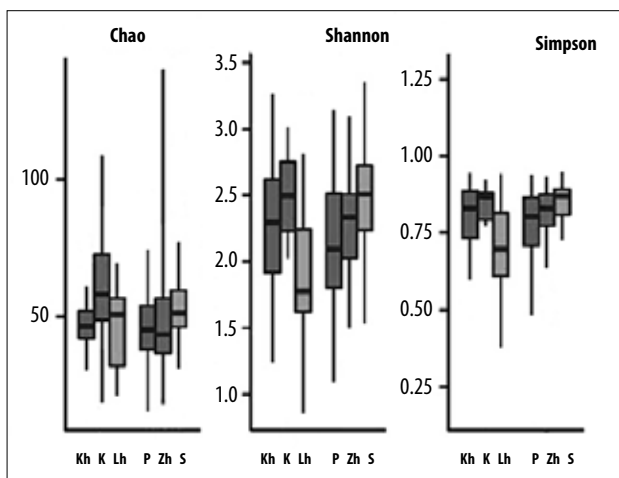


Fig. 4. Richness (Chao1 indices) and Diversity (Shannon and Simpson indices) for different sampling sites – Kharkiv (Kh), Luhansk (Lh), Poltava (P), Sumy (S), Kyiv (K) and Zhytomyr (Zh)

Thus, variation in proportional representation of Shannon and Simpson diversity indices significant taxa changes assigned to species and genus level was observed in this study indicating functional drivers for the difference among sites. It is speculated that the lower bark beetles associated fungal diversity at Luhansk and Poltava sites and the highest diversity at Sumy and Zhytomyr ones are probably due to the fact that some microclimate factors as humidity or forest health condition play a more focussed role in fungal diversity between sites.

*Ophiostomatoid fungi*. A total of 438 isolates of morphologically resembling fungi in the *Ophiostomatales* and *Microascales* were obtained from bark beetles from six localities (Table 2). The ophiostomatoid group includes genera such as *Ophiostoma* Syd., *Ceratocystiopsis* H.P. Upadhyay & W.B. Kendr., *Graphilbum* H.P. Upadhyay & W.B. Kendr., *Raffaelea* Arx & Hennebert, and *Leptographium* Lagerb. & Melin in the *Ophiostomatales*, and *Ceratocystis* Ellis & Halst., *Knoxdaviesia* M.J. Wingf., P.S. van Wyk & Marasas and *Graphium* Corda in the *Microascales* (De Beer et al., 2013). The majority of obtained isolated were *Ophiostomatales* (96.1%) and a small number of isolates (3.9%) were from *Microascales* (Tab. 2).

In total twelve ophiostomatoid species were detected (Tab. 2). Within *Ophiostoma* s. l., the obtained isolates resided in eleven species complexes: *Graphilbum rectangulosporium*, *Grosmannia olivacea*, *Grosmannia* sp., *Ophiostoma bicolor*, *O. canum*, *O. ips*, *O. minus*, *O. pallidulum*, *Ophiostoma* sp. and one *Graphium* sp. belong to *Microascales* (Tab. 2). Analyses of the combined data set that included ITS–LSU, bS, EF-1a, revealed that the majority of isolates obtained in the present study, grouped in a strongly supported clade. Among all obtained isolates, 27 ones were identified as *O. canum* within the *O. piceae* complex, while twenty-four were identified as *O. ips*. The results of the  $\beta$ T and EF 1- $\alpha$  sequences analysis confirmed that all the obtained isolates in these complexes belonged to *O. canum* and *O. piceae*. Additionally, based on the phylogenetic analysis of SSU ITS2-LSU  $\beta$ T, one isolate was identified as *Ophiostoma* sp. The comparisons of the SSU ITS2-LSU  $\beta$ T sequences obtained for the *Graphium* isolates showed identification on genus level.

Beetles collected in Luhansk were associated with four ophiostomatoid species and the frequency was low (rated from 4-16%). Bark beetles from Sumy, Zhytomyr and Kyiv regions were associated with the highest number of fungal species from *Ophiostomatales* and *Microascales* group. For all sites, *O. minus* was the most common blue-stain species (23.3% of all bark beetles). *O. ips* and *O. canum* were also isolated at relatively high frequencies as well as *O. bicolor* and *O. picea* (19.1% and 15.97% respectively) from *I. acuminatus* from all sites, whereas rest of *Ophiostoma* and *Graphium* species occurred rarely among all beetles. Interestingly, that *O. ips* was relatively common species for Kharkiv and Luhansk sites (29.2% and 16.7% respectively), frequency of *O. minus* was the highest at Sumy and Kyiv regions (45.8%), while the three *Ophiostoma* species were the most common (frequency 29.2%) at Zhytomyr region (Tab. 2).

*Graphium* sp. was isolated from specimen of *I. acuminatus* collected in five localities (except Luhansk). *Graphium pseudormiticum* was the closest match (94%) and *G. fimbriatorum* (Morelet) Jacobs, Kirisits & Wingfield (92%) according to the ITS-data. However, the both two different *Graphium* species seem to have different ecological niches associated with

spruce and larch in this study the fungus is presented as *Graphium* sp. because of a low identity score, with other sequenced species, in the GenBank.

*Graphilbum rectangulosporium* was isolated from 13.9% all individuals collected in all sampling sites as well as *Ophiostoma canum*, *O. ips* and *O. piceae* were also found (Table 2). Most of the collected *I. acuminatus* were associated *Grosmannia* sp.1 and *O. pallidulum*. All detected ophiostomatoid species were found only at Zhytomir sampling site while bark beetle collected from Kiev and Sumy region vectored 91.7% (11 out of 12) ophiostomatoid species. Less diversity in this group were found to be associated with *I. acuminatus* at Kharkiv and Poltava sites whereas only four *Ophiostoma* species were detected for bark beetles at Luhansk site.

*Grosmannia olivacea* was isolated from 10.3% of all collected bark beetles. ITS-data and  $\beta$ -tubulin-data gave 99% identity match on *O. olivaceum*. Following the new nomenclature, the species is renamed to *G. olivacea*. Reports of *G. olivacea* are very limited (Linnakoski, 2011). However, the fungus is known to be common associate of pine- and spruce infesting bark beetles,

such as *Dryocoetes autographus*, *Hylastes cunicularius*, *I. sexdentatus* and *I. typographus* (Linnakoski, 2011). Moreover, *Grosmannia olivacea* along with ophiostomatoid species - *Ophiostoma ips*, *O. minus*, *O. pallidulum*, *O. piceae* and *G. cf. rectangulosporium* has already been reported to be associated with *I. acuminatus* in Ukraine (Davydenko et al., 2017) whereas *Graphium* sp., *Ophiostoma bicolor*, *O. canum*, *O. ips*, *O. piceae*, and *G. cf. rectangulosporium* were found to be in close interaction with *Hylurgus ligniperda* (Davydenko et al., 2014).

All ophiostomatoid fungi were tested to be more or less pathogenic to conifers and all detected species showed the ability infect seedlings of *P. sylvestris* with varying degree of virulence in previous studies. Moreover, *O. minus* caused dieback to *P. sylvestris* seedlings in previous studies (Jankowiak, 2013, Davydenko et al., 2017) whereas other ophiostomatoid species were capable to colonise sapwood and caused substantial blue-stain in the inoculation area resulting in decline of *P. sylvestris* seedlings, which was also reported previously (Jankowiak, 2013, Davydenko et al., 2017).

Table 2

Frequency of ophiostomatoid fungi isolated from *Ips acuminatus* collected in different sites

| Ophiostomatoid species  | Number of beetles (% frequency) |       |       |       |       |       |
|---|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | Kh                              | P     | Lh    | S     | K     | Zh    |
| <i>Graphilbum rectangulosporium</i> (Ohtaka, Masuya & Yamaoka) Z.W. de Beer & M.J. Wingf. | 8.33                            | 10.42 | 4.17  | 14.58 | 22.92 | 18.75 |
| <i>Grosmannia olivacea</i> (Math.-Käärik) Zipfel, Z.W. de Beer & M.J. Wingf.              | 18.75                           | -     | -     | 18.75 | 18.75 | 6.25  |
| <i>Grosmannia</i> sp.1  | 12.50                           | 2.08  | -     | 10.42 | 4.17  | 6.25  |
| <i>Graphium</i> sp.   | 10.42                           | 16.67 | -     | 8.33  | 6.25  | 10.42 |
| <i>Ophiostoma bicolor</i> R.W. Davidson & D.E. Wells                                      | 25.00                           | 10.42 | -     | 12.50 | 22.92 | 25.00 |
| <i>Ophiostoma canum</i> (Münch) Syd. & P. Syd   | 22.92                           | 4.17  | 10.42 | 22.92 | 25.00 | 29.17 |
| <i>Ophiostoma ips</i> (Rumbold) Nannfeldt   | 29.17                           | 12.50 | 16.67 | 12.50 | 20.83 | 22.92 |
| <i>Ophiostoma minus</i> (Hedgec.) Syd. & P. Syd <sup>d</sup>                              | 18.75                           | 4.17  | -     | 45.83 | 45.83 | 25.00 |
| <i>Ophiostoma pallidulum</i> Linnak., Z.W. de Beer & M.J. Wingf.                          | -                               | 10.75 | -     | -     | 4.17  | 29.17 |
| <i>Ophiostoma piceae</i> (Münch) Sydow & P. Sydow   | 14.58                           | 2.08  | 6.25  | 22.92 | 25.00 | 22.92 |
| <i>Ophiostoma</i> sp.1  | -                               | -     | -     | 18.75 | -     | 29.17 |
| <i>Ophiostoma</i> sp.2  | 18.75                           | 4.17  | -     | -     | 10.42 | 8.33  |

Sampling sites: Kharkiv (Kh), Luhansk (Lh), Poltava (P), Sumy (S), Kyiv (K) and Zhytomir (Zh)

**Pathogenic fungi.** In the present study, different fungal pathogens were detected among which one non-ophiostomatoid species, *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & B. Sutton, was also frequently isolated in this study from all sites except Kyiv (Tab. 1). *S. sapinea* is pathogen of conifers causing Diplodia tip blight and stem canker disease across Europe (Oliva et al., 2013).

In total, *S. sapinea* was isolated from 23.6% of the adults of *I. acuminatus* collected from five sampling sites. The presence of *S. sapinea* was not significantly affected by sampling site in which they were collected ( $df = 3$ ,  $\chi^2 = 46.389$ ,  $p = 0.059$ ), although most specimens were found at Sumy site (23 out of 47.9%) followed by Zhytomir site (19 out of 48, 39.6%). In

the six different areas of the 200 trees were analyzed randomly to identify *Sphaeropsis* tip blight (data not shown), and the presence of *S. sapinea* was not significantly influenced by the forest health condition of sampling trees ( $df=1$ ,  $F=3.579$ ,  $p=0.059$ ) and infection rate. The rate of infection was significantly different among trees with/without bark beetle damage and most of the trees showing symptoms of *Sphaeropsis* tip blight does not damage by *I. acuminatus* ( $df=1$ ,  $X^2_2 = 5.361$ ,  $p = 0.021$ ), but nevertheless, the possibility should not be excluded that in addition to the negative effect of *I. acuminatus* and ophiostomatoid fungi, *S. sapinea* has also contributed to the pine decline as disease symptoms were often observed on Scots pine at the time of sampling on study sites (Davydenko et al., 2017).

Among other pathogens, some fungi cause needle disease were found in different extent (*Anthostomella pinea*, *Cyclaneusma niveum*, *Lophodermium seditiosum*) as well as fungi from genera *Alternaria*, *Chametomium*, *Fusarium*, *Phoma*, and *Rhizoctonia* are mainly known as generalist saprotrophs and/or facultative parasites (Davydenko et al., 2014, 2017).

A few Basidiomycota were also occasionally detected: wood-decay fungi (*Bjerkandera adusta*, *Fomitopsis pinicola* and *Heterobasidion annosum*), yeast *Cryptococcus* sp., mycorrhizal fungus *Hebeloma* sp., common saprophytic fungus that causes white rot of conifer logs and stumps and used as a biological control of annosum root rot (*Phlebiopsis gigantea*) and previously reported mycangial nutritional fungus *Entomocorticium* sp. (Davydenko et al., 2014, 2017) which of already mentioned in numerous studies as occasional occurrence of basidiomycetous fungi in bark beetles (Jankowiak, 2006, Persson et al., 2011, Davydenko et al., 2014, 2017).

**Conclusion.** General conclusions that can be taken from our study range different topics which go from the widely discussed role of associated fungi in bark beetles host establishment (Six, 2012, Villari, 2012), to the attempts in understanding ecology and population dynamics of a forest-damaging species as *Ips acuminatus*.

The investigated bark beetles, *I. acuminatus*, were associated with numerous of fungi species. Therefore, *I. acuminatus* is vector for species-rich fungal community, which was generally dominated by tree pathogens. Present study also demonstrated rich community of ophiostomatoid fungi associated with *I. acuminatus* in Ukraine. Such combination of drought, bark beetles and both blue-stain fungi and other pathogens is gaining importance regarding dieback of pines in Ukraine.

It appears that ophiostomatoid fungi are an important factor determining the aggressiveness of bark beetles (Krokene & Solheim 1998), demonstrating a significantly varying degree of virulence. Among ophiostomatoid fungi reported to be associated with bark beetles in Ukraine, *O. minus* has been the most virulent and causes dieback in seedlings of Scots pine. It is speculated that the associated ophiostomatoid

fungi may play key roles in overcoming tree defense to facilitate the establishment of bark beetles. Nonetheless, the most important benefits that weal or non-pathogenic fungi may get from the association with bark beetle are transport, spread, and facilitation in entering the host tissues. In this case, bark beetle associated fungi are completely dependent on their vector for dissemination and thus adapted to insect dispersal which has been confirmed by many scientists

The association between non-ophiostomatoid pathogenic fungi as *Sphaeropsis sapinea*, *Cyclaneusma minus*, *Lophodermium seditiosum* and *I. acuminatus*, is of considerable importance to forest health and required further attention. Results of this study have shown though that associated fungal community (even weak or non-pathogenic fungi) are able to be as trigger decreasing tree defences comparable to the ones induced by a blue-stain fungus, and may thus participate in exhausting host plant defences. The combined performance of the tree pathogenic fungi and their insect vectors could also be behind the dieback of drought-stressed Scots pines in the study sites.

## References

- Alamouti, S. M., Kim, J. J., Humble, L. M., Uzunovic, A., & Breuil, C. (2007). Ophiostomatoid fungi associated with the northern spruce engraver, *Ips perturbatus*, in western Canada. *Antonie van Leeuwenhoek*, 91 (1), 19-34. <https://doi.org/10.1007/s10482-006-9092-8>
- Colombari, F., Schroeder, M.L., Battisti, A., & Faccoli, M. (2013). Spatio-temporal dynamics of an *Ips acuminatus* outbreak and implications for management. *Agricultural and Forest Entomology*, 15, 34-42. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563-2012.00589.x>
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Meshkova, V., & Menkis, A. (2014). Fungi associated with the red-haired bark beetle, *Hylurgus ligniperda* (Coleoptera: Curculionidae) in the forest-steppe zone in eastern Ukraine. *European Journal of Entomology*, 111 (4), 561-565. <https://doi.org/10.14411/eje.2014.070>
- Davydenko, K., Vasaitis, R., & Menkis, A. (2017). Fungi associated with *Ips acuminatus* (Coleoptera: Curculionidae) in Ukraine with a special emphasis on pathogenicity of ophiostomatoid species. *European Journal of Entomology*, 114, 77-85. <https://doi.org/10.14411/eje.2017.011>
- Glass, N. L., & Donaldson, G. C. (1995). Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous ascomycetes. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61 (4), 1323-1330
- Krokene, P., & Solheim, H. (1998). Pathogenicity of four blue-stain fungi associated with aggressive and nonaggressive bark beetles. *Phytopathology*, 88 (1), 39-44. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.1998.88.1.39>
- Linnakoski, R., De Beer, Z.W., Niemelä, P., & Wingfield, M.J. (2012). Associations of conifer-

- infesting bark beetles and fungi in Fennoscandia. *Insects*, 3 (1), 200-227. <https://doi.org/10.3390/insects3010200>
- Mead, R. (2017). *Statistical methods in agriculture and experimental biology*. Chapman and Hall/CRC.
- Meshkova, V.L., & Borysenko, O.I. (2017) GIS-based prediction of the foliage browsing insects' outbreaks in the pine stands of the SE «Kreminske FHE». *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 15, 12-18. <http://fasu.nltu.edu.ua> ISSN 1991-606. <https://doi.org/411714>
- Meshkova, V., Borysenko, O., & Pryhornytskyi, V. (2018). Forest site conditions and other features of Scots pine stands favorable for bark beetles. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 106-114. <https://doi.org/10.15421/4118>
- Siitonen, J. (2014). *Ips acuminatus* kills pine in southern Finland. *Silva Fennica* 48 (4), article id 1145. 7 p. <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1145>
- Six, D.L. (2003). Bark Beetle-Fungus Symbioses. In Bourtzis, K., Miller, T. (Eds) (pp. 97-114)/ CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Six, D.L. (2012). Ecological and evolutionary determinants of bark beetle – fungus symbioses. *Insects*, 3 (1), 339-366. [doi.org/10.3390/insects3010339](https://doi.org/10.3390/insects3010339)
- Villari, C. (2012). Fungi associated with the pine engraver beetle *Ips acuminatus* and their interactions with the host tree. (Ph.D. thesis, University of Padova, Italy: Università degli studi di Padova) Retrieved from <http://paduaresearch.cab.unipd.it/>

### Порівняльна характеристика угруповань грибів, пов'язаних із верхівковим короїдом (*Ips acuminatus*) у різних областях України

К. В. Давиденко<sup>1</sup>

В останнє десятиріччя все більше уваги приділяється грибам, які поширюються комахами та спричиняють синяву деревини й інші захворювання дерев (так звана група офіостомових грибів, куди входять види родів *Ceratocystis*, *Ceratocystiopsis*, *Ophiostoma*, *Grosmania*). Ці гриби утворюють ценотичні асоціації з багатьма видами короїдів, виконують різноманітні функції та займають різні екологічні ніші. На території України ця група грибів на

хвойних породах практично не вивчена, особливо їхні фітопатогенні властивості, які можуть посилювати негативний вплив короїдів на дерева, викликаючи судинні захворювання, некрози та інші хвороби.

Тому метою дослідження було виявлення угруповань грибів, які переносять верхівковий короїд, а також визначення складу фітопатогенних грибів, асоційованих із *Ips acuminatus*, з метою подальшого складання достовірного прогнозу й оцінювання загрози пошкодження лісових насаджень комплексом «верхівковий короїд – фітопатогенні гриби».

Для проведення досліджень на ділянках соснових лісів, де виявлено осередки верхівкового короїда у шести областях України (Харківська, Полтавська, Луганська, Київська, Житомирська, Сумська), було зібрано 288 шт. особин *I. acuminatus*. Для визначення всіх видів грибів, які переносять верхівковий короїд, паралельно використовували метод культивування грибів (на агаровому живильному середовищі) і ДНК аналіз послідовностей грибів за допомогою декількох пар праймерів для грибів.

У результаті здійсненого аналізу виявлено велику кількість ізолятів і ампліконів (1681 штамів і сіквенсів), які після обробки спеціальною програмою об'єднали у 42 родини грибів. За допомогою програмного забезпечення NCBI BLAST виявлено 94 види грибів, з яких 80,85% становили *Ascomycota*. Решта видів представлена *Basidiomycota* та невідзначеними видами, які становили 10,6 і 8,5% відповідно. Серед них найчастіше виявляли *Sphaeropsis sapinea* (23,6%), *Cladosporium pini-ponderosae* (19,44%), *Ophiostoma Ips* (19,1%), *Ophiostoma canum* (19,1%) і *Cladobotryum mycophilum* (18,06%). Під час аналізу угруповань грибів визначено, що за областями індекс різноманітності Шеннона становив від 1,9 до 2,9, а індекс різноманітності Сімпсона – від 0,69 до 0,89, що вказує на високу різноманітність видів і достовірну різницю видового складу мікобіоти окремих областей.

Серед збудників синяви виявлено дванадцять видів офіостомових грибів. За даними наших попередніх досліджень і європейських дослідників, всі визначені офіостомові гриби демонструють різну ступінь вірулентності стосовно сосни звичайної та інших хвойних. За нашими попередніми дослідженнями, вид *O. minus* виявив найбільшу агресивність, викликаючи всихання й відпад саджанців сосни звичайної. Також встановлено, що *I. acuminatus* переносить багато інших патогенів, окрім офіостомових грибів, а саме – *Sphaeropsis sapinea*, різні патогени хвої і дереворуйнівні гриби, що дуже важливо для подальшого оцінювання фізіологічної й технічної шкідливості *I. acuminatus* у соснових лісах України.

**Ключові слова:** сосна звичайна; короїди; *Ips acuminatus*; *Ophiostoma*; *Sphaeropsis sapinea*; фітопатогени.

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

## Сравнительная характеристика грибных сообществ, связанных с вершинным короедом (*Ips acuminatus*) в различных областях Украины

Е. В. Давиденко<sup>1</sup>

В последнее десятилетие все больше внимания уделяется грибам, которые распространяются насекомыми и вызывают синеву древесины и другие заболевания (так называемая группа офиостомовых грибов, куда входят виды родов *Ceratocystis*, *Ceratocustopsis*, *Ophiostoma*, *Grosmania*). Эти грибы образуют ценоотические ассоциации со многими видами короедов, выполняют разнообразные функции и занимают разные экологические ниши. На территории Украины данная группа грибов на хвойных породах практически не изучена, особенно их фитопатогенные свойства, которые могут усиливать негативное воздействие короедов на деревья, вызывая сосудистые заболевания, некрозы и другие болезни.

Целью работы было выявление видов грибов, которые переносит вершинный короед, определение состава фитопатогенных грибов, ассоциированных с *Ips acuminatus*, для составления в дальнейшем достоверного прогноза и оценки угрозы повреждения лесных насаждений комплексом «вершинный короед – фитопатогенные грибы».

Для проведения исследований на пробных площадях в сосновых лесах в шести областях Украины (Харьковская, Полтавская, Луганская, Киевская, Житомирская, Сумская), где обнаруживались очаги вершинного короеда, было собрано 288 особей

*I. acuminatus*. Для определения всех видов грибов, которые переносит вершинный короед, параллельно использовали метод культивирования грибов (на агаровой питательной среде) и ДНК-анализ последовательностей грибов с помощью нескольких пар праймеров для грибов.

В результате проведенного анализа получено 1681 штаммов и сиквенсов, которые после обработки специальной программой объединили в 42 семейства грибов. Направленный поиск в базе данных (NCBI BLAST) выявил 94 вида грибов (на уровне вида и рода), из которых 80,85% составляли *Ascomycota*; другие грибы были представлены грибами из группы *Basidiomycota* (10,6%), а также неопределенными видами, которые составляли 8,5%. Среди установленных видов наиболее часто встречались *Sphaeropsis sapinea* (23,6%), *Cladosporium pini-ponderosae* (19,44%), *Ophiostoma ips* (19,1%), *Ophiostoma canum* (19,1%) и *Cladobotryum mycophilum* (18,06%). При анализе было обнаружено, что по областям индекс разнообразия Шеннона составлял от 1,9 до 2,9, индекс разнообразия Симпсона – от 0,69 до 0,89, что указывает на высокое разнообразие видов и достоверные различия видового состава микобиоты отдельных областей.

Среди возбудителей синевы обнаружено двенадцать видов офиостомовых грибов. По данным наших предыдущих исследований и европейских авторов все выявленные офиостомовые грибы демонстрируют разную степень вирулентности для сосны обыкновенной и других хвойных. По результатам наших предыдущих исследований, вид *O. minus* проявил наибольшую агрессивность, вызывая усыхание и гибель саженцев сосны обыкновенной. Также установлено, что *I. acuminatus* переносит многие другие патогены, кроме офиостомовых грибов, а именно – *Sphaeropsis sapinea*, различные патогены хвои и дереворазрушающие грибы, что очень важно для дальнейшей оценки физиологической и технической вредоносности *I. acuminatus* в сосновых лесах Украины.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная; короеды; *Ips acuminatus*; *Ophiostoma*; *Sphaeropsis sapinea*; фитопатогены.

<sup>1</sup> Давиденко Екатерина Валерьевна – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, Харьков, 61024, Украина; Приглашенный научный сотрудник Департамента Лесной микологии и фитопатологии Шведского Аграрного Университета, P.O. Box 7026, SE-75007, Уппсала, Швеция. Тел. : + 38-098 66 755 26. E-mail: katernyna.davydenko74@gmail.com ORCID <http://orcid.org/0000-0001-6077-8533>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411913>  
Article received 2018.10.29  
Article accepted 2019.03.28

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

UDC 630.4

## Health condition parameters for deciduous trees in the forest stands of Trostyanetske Forest Enterprise

V.L. Meshkova<sup>1</sup>, T.S. Pyvovar<sup>2</sup>, O.V. Tovstukha<sup>3</sup>

*The aim of research was to evaluate the variability and relations with forest health condition its main parameters (defoliation, dieback and epicormic shoots occurrence) in seven tree species: Norway maple (*Acer platanoides* L.), black alder (*Alnus glutinosa* L.), silver birch (*Betula pendula* Roth.), European ash (*Fraxinus excelsior* L.), English oak (*Quercus robur* L.), small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.), and white elm (*Ulmus laevis* Pall).*

*Research was carried out in 2018 in Trostyanetske Forest Enterprise (Left-bank Forest Steppe; Sumy region). Diameter (DBH), Kraft class, and category of health condition were assessed for each tree. Defoliation, dieback and epicormic shoots occurrence were evaluated as proportion of trees with respective symptoms. Severity of each parameter of tree health condition was estimated using respective scores.*

*No tree species is defoliated over 50%. A birch is characterized by the lowest health condition index (1.6) for living trees, dieback (10%), epicormic shoots occurrence (15.9%) and recently died trees proportion (0.7%), but high proportion of trees died over year ago (10.7%). An oak is characterized by the highest health condition index (2.1), proportion of trees with dieback (45.4%) and epicormic shoots (21.7%). Proportion of trees with dieback is 21.5 to 25% for alder, lime and maple, a bit higher for elm and ash (30.9 and 31.3% respectively).*

*DBH, Kraft class, and health condition index significantly correlate with health condition parameters of analyzed tree species, but the most of correlations are very slight and slight. Correlation between health condition index and defoliation score is significant, positive and high for all tree species (from 0.78 for alder to 0.9 for birch). Correlation between health condition index and dieback score is positive and significant for all tree species, is slight for ash, birch, lime, and alder, and moderate for maple, oak and elm. Correlation between health condition index and epicormic shoots occurrence is significant and positive for all tree species except birch, but is very slight in all cases except elm, where it is slight.*

**Key words:** diameter (DBH); Kraft class; health condition index; tree mortality; defoliation; dieback; epicormic shoots.

**Introduction.** Forest health worsening is a great problem in many regions (Matsiakh & Kramarets, 2014, Davydenko & Meshkova, 2017, Skovsgaard et al., 2017). Climate change and anthropogenic pressure

increase forest susceptibility to damage by fire and injurious organisms (Shvidenko et al., 2017) as well as promote their spread and maintenance in new regions (Denman et al., 2016, Goychuk et al., 2018ab, Jürisoo

<sup>1</sup> Valentyna L. Meshkova – full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Head of the Eastern Branch of the FAS of Ukraine, Doctor habil. (agricultural sciences), professor, Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G. M. Vysotsky. Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38(097)371-94-58. E-mail: [Valentynameshkova@gmail.com](mailto:Valentynameshkova@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

<sup>2</sup> Tetiana S. Pyvovar – PhD, Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G. M. Vysotsky. Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38(097)358-97-49. E-mail: [pyvovartatiana@gmail.com](mailto:pyvovartatiana@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

<sup>3</sup> Oleksandr V. Tovstukha – PhD, Deputy Chief of Sumy Regional Administration of Forest and Hunting Management. Zasumska str. 12a, Sumy, 40030, Ukraine. Tel. +38(067)540-17-70. E-mail: [sekretar@sumyilis.gov.ua](mailto:sekretar@sumyilis.gov.ua)



et al., 2019, Kramarets & Matsiakh, 2018, Meshkova & Davydenko, 2016).

Tree health assessment is important for maintaining of forest biodiversity, its ecological functions as well for forest management strategy. In managed forests the main purpose of such assessment is selection of trees for sanitation felling before timber losing quality. In unmanaged forests and urban stands, it is necessary to reveal an injurious impact early and to treat (therapy) or to fell in time the trees (for example, with heart rots), which are dangerous for vehicles, personnel and visitors (Skovsgaard et al., 2017, Enderle et al., 2018).

Different scales have been developed for tree health condition assessment by visual characteristics (crown density and color, dead branches presence and proportion etc.) (Tallent-Halsell, 1995, Ferretti, 1998, Innes, 1998, Manual..., 2010). These scales are often the same for different tree species, but sometimes consider their features, particularly in assessment of wet wood or ash dieback.

The species-specific features of *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., and *Tilia cordata* Mill. were revealed by forest monitoring databases analysis. Complex evaluation of forest health has been developed by the data of Level II monitoring accounting crown condition, tree damage and mortality (Pyvovar 2008, 2010). However, given approach did not consider the cases of apparently healthy trees with heart rots inside or possibility to recover for the trees with high dieback level. Research of *F. excelsior* (Meshkova & Borysova, 2017) and *Betula pendula* Roth. (Meshkova et al., 2018) in the Left-Bank Forest-Steppe allowed considering defoliation, dieback and epicormic shoots occurrence the main parameters of forest health condition, although the prevalence of other symptoms and signs was taking into account.

Our current research continues revealing the most informative parameters of forest health condition evaluation for seven tree species – *A. platanoides*, *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *B. pendula*, *F. excelsior*, *Q. robur*, *T. cordata*, and *Ulmus laevis* Pall., which are the most spread in the Left-Bank Forest-Steppe. Particularly in Trostyanetske Forest Enterprise they occupy about 80% of forested area. Since recent forest inventory (for 2009 to 2018) the proportion of stands with *Q. robur* as the main forest forming species decreased from 65.1 to 61.4%, and proportion of *F. excelsior* increased from 4.4 to 10%. Proportion of other deciduous tree species increased by less degree (*A. glutinosa* – from 1.8 to 2.1%, *A. platanoides* from 1.6 to 2.3%, *T. cordata* from 0.65 to 0.79%, *B. pendula* from 1.4 to 1.5% etc.). Similar situation was reported for other parts of region (Nazarenko & Babenko, 2015) and connected with decline of vegetative oak stands of the 2<sup>nd</sup> or 3<sup>rd</sup> generation.

The aim of research was to evaluate the variability and relations with forest health condition its main parameters (defoliation, dieback and epicormic shoots occurrence) in seven tree species: Norway maple (*Acer platanoides* L.), black alder (*Alnus glutinosa* L.), silver birch (*Betula pendula* Roth.), European ash (*Fraxinus*

*excelsior* L.), English oak (*Quercus robur* L.), small-leaved lime (*Tilia cordata* Mill.), and white elm (*Ulmus laevis* Pall)<sup>1</sup>.

**Objects and methods.** Research was carried out in 2018 in Krasnyanske, Lytovske, Makivske, and Neskuchanske forestries of Trostyanetske Forest Enterprise (Left-bank Forest Steppe; Sumy region; 50° 36' – 50° 48' N; 34° 77' – 34° 97' E; 143–182 m a.s.l.).

Health condition of over 5000 trees was assessed visually in 129 randomly chosen subcompartments which covered different relief, forest site conditions, and tree species composition. Tree age was from 15 to 140 years, but was not uniform in the most of plots, as vegetative and seed specimens were presented. Therefore, we considered the diameter at breast height (DBH) and Kraft classes as more reliable than age parameters for health condition analysis.

For each inspected tree all visible symptoms and signs of damage were registered, however, only some of them (defoliation, dieback and epicormic shoots occurrence) are analyzed in this paper for seven tree species.

Category of health condition was evaluated on a range of visual characteristics according to «Sanitary rules in the forests of Ukraine» (Sanitary rules..., 1995). Each tree was referred to one of six categories of health condition: 1<sup>st</sup> – healthy; 2<sup>nd</sup> – weakened; 3<sup>rd</sup> – severely weakened; 4<sup>th</sup> – drying up; 5<sup>th</sup> – recently died; 6<sup>th</sup> – died over year ago. Health condition index (HCI) for each tree species was calculated as mean weighted from trees number of each category of health condition.

Defoliation, dieback and epicormic shoots occurrence was evaluated as proportion of trees with respective symptoms. Severity of each parameter of tree health condition was estimated using respective scores.

Crown defoliation and dieback level (proportion of dry branches) was estimated as a percentage and then converted to points: 0 – absent; 1 point – up to 10 %; 2 points – 11-50 %; 3 points – 51-75 %; 4 points – over 75 %. Epicormic shoots occurrence was estimated by score: 0 – absent; 1 – single; 2 – multiple; 3 – completely covered stem. Considering proportion of trees in different classes, mean weighted severity was evaluated for each parameter of forest health condition.

Tree mortality was expressed as a percentage of dead trees out of the total trees of certain species.

The data for all inspected stands were pooled for each tree species for analysis.

Normality tests, summary statistics, Pearson's correlation, one-way analysis of variance (ANOVA) with Tukey HSD test with a significance level of  $p < 0.05$  (Atramentova & Utevskaia, 2008) were performed using Microsoft Excel applications and statistical software package PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer et al., 2001).

<sup>1</sup> Common names and tree genera names are mentioned in the tables, figures, and text below.

**Results and discussion.** Among inspected tree species, oak and ash were the main forest forming species in respective subcompartments. Their mean DBH was 34.5 and 33.8 cm respectively and maximal DBH was 80 and 100 cm (Fig. 1). Birch ranked the third in DBH (mean 24.2 cm, max 66 cm). The rest tree species were much smaller with mean DBH 15.5-19.3 cm and maximal DBH below 50 cm.

Distribution of trees by DBH was corresponded to species composition of certain stands and trees distribution by Kraft classes. All analyzed tree species were characterized from 1 to 4 Kraft class in different stands, and alder and lime even to 5 Kraft class (Fig. 2).

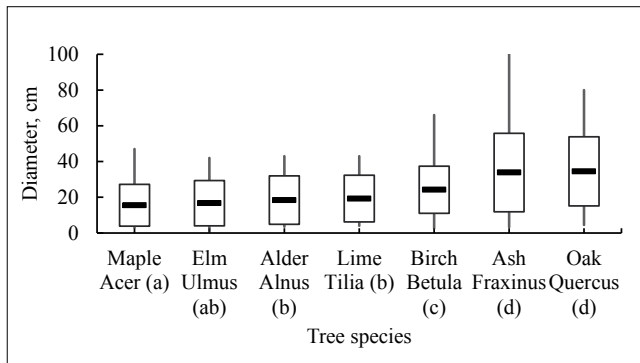


Fig. 1. Diameter of deciduous trees in inspected stands of Trostyanetske Forest Enterprise (tree species followed different letters in brackets are significantly different at the 95% confidence level)

Oak, ash and birch are characterized by the best growth with mean Kraft class 1.4, because they were more often the forest forming species. Mean Kraft class increased from 2 for alder to 2.2, 2.4 and 2.7 for lime, elm, and maple respectively (see Fig. 2). The last three species grow mainly in mixed stands and their growth depends on neighboring tree species.

All analyzed tree species were characterized from 1 to 4 category of health condition in different stands (Fig. 3). The best health condition of living trees (1.6) was assessed for birch. Mean health condition of the most of rest tree species was about 2 (1.9-2.0), but was significantly higher for oak (2.1)

Recently died trees of maple, lime, alder and elm were not revealed by our inspection (Tab. 1).

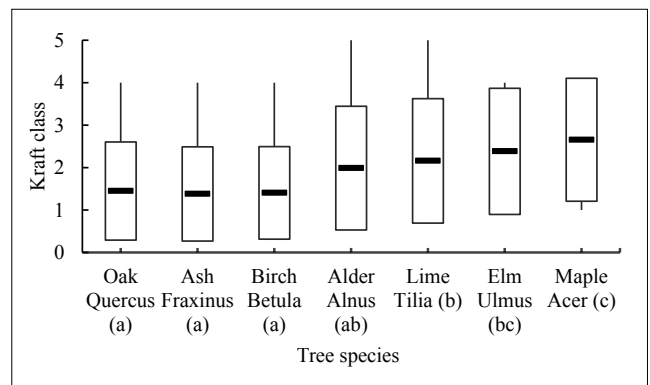


Fig. 2. Kraft class of deciduous trees in inspected stands of Trostyanetske Forest Enterprise (tree species followed different letters in brackets are significantly different at the 95% confidence level)

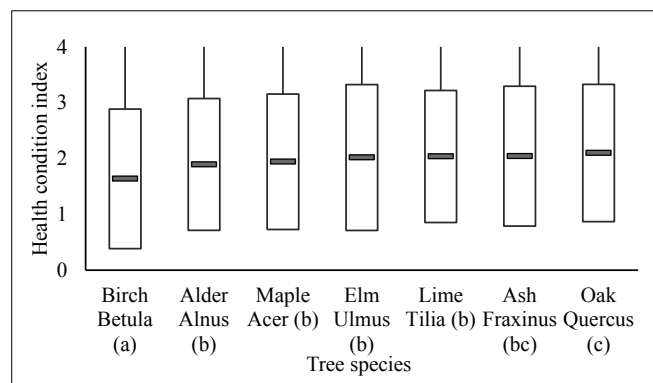


Fig. 3. Health condition index of deciduous trees in inspected stands of Trostyanetske Forest Enterprise (tree species followed different letters in brackets are significantly different at the 95% confidence level; only living trees are considered)

Proportion of recently died trees was 0.1% for ash and 0.7% for birch and oak. The trees of the 6<sup>th</sup> category (died over year ago) were revealed for all species except oak. Such proportion increased from 0.1% and 0.7% for ash, acer and lime to 3.5% for elm and 10.7% for birch (see Tab. 1). The causes of high birch mortality in previous years will be studied further.

Defoliation was the most expressed health condition parameter (Tab. 2).

Table 1

**Mortality of deciduous trees in inspected stands of Trostyanetske Forest Enterprise, %**

| Number of dead trees **   | Proportion of trees, % ±SE *     |                               |                                  |                               |                                |                             |                                |
|---|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
|   | Birch<br><i>Betula</i><br>(1236) | Maple<br><i>Acer</i><br>(796) | Ash<br><i>Fraxinus</i><br>(1016) | Lime<br><i>Tilia</i><br>(300) | Alder<br><i>Alnus</i><br>(389) | Elm<br><i>Ulmus</i><br>(57) | Oak<br><i>Quercus</i><br>(153) |
| 5 <sup>th</sup> category of health condition – recently died      | 0.7±0.24c                        | 0.0a                          | 0.1±0.10b                        | 0.0a                          | 0.0a                           | 0.0a                        | 0.7±0.65d                      |
| 6 <sup>th</sup> category of health condition – died over year ago | 10.7±0.88f                       | 0.4±0.22c                     | 0.1±0.10b                        | 0.7±0.47d                     | 1.5±0.62e                      | 3.5±2.44g                   | 0.0a                           |
| All dead trees  | 11.4±0.90e                       | 0.4±0.22b                     | 0.2±0.14a                        | 0.7±0.47c                     | 1.5±0.62d                      | 3.5±2.44f                   | 0.7±0.65d                      |

\* Number of all trees by species in brackets;

\*\*Means followed by different letters in each row are significantly different at the 95% confidence level.

Table 2

**Proportion of deciduous trees with certain health condition parameters in inspected stands of Trostyanetske Forest Enterprise**

| Parameters of health condition ** | Proportion of trees, % $\pm$ SE * |                               |                                  |                               |                                |                             |                                |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
|                                   | Birch<br><i>Betula</i><br>(1236)  | Maple<br><i>Acer</i><br>(796) | Ash<br><i>Fraxinus</i><br>(1016) | Lime<br><i>Tilia</i><br>(300) | Alder<br><i>Alnus</i><br>(389) | Elm<br><i>Ulmus</i><br>(57) | Oak<br><i>Quercus</i><br>(153) |
| Defoliation                       | 42.2 $\pm$ 1.40a                  | 67.2<br>$\pm$ 1.66b           | 68,3<br>$\pm$ 1.46b              | 73.8<br>$\pm$ 2.54b           | 72.8<br>$\pm$ 2.26b            | 69.1<br>$\pm$ 6.12b         | 73.0<br>$\pm$ 3.59b            |
| Dieback                           | 10.0 $\pm$ 0.85a                  | 25.0<br>$\pm$ 1.53b           | 31.3<br>$\pm$ 1.45c              | 24.5<br>$\pm$ 2.48b           | 21.5<br>$\pm$ 2.08b            | 30.9<br>$\pm$ 6.12c         | 45.4<br>$\pm$ 4.03d            |
| Epicormic shoots                  | 15.9 $\pm$ 1.04a                  | 16,5<br>$\pm$ 1.32a           | 19.4<br>$\pm$ 1.24a              | 15.8<br>$\pm$ 2.10a           | 17.6<br>$\pm$ 1.93a            | 25.5<br>$\pm$ 5.77b         | 21.7<br>$\pm$ 3.33b            |

\* Number of trees in brackets;

\*\*Means followed by different letters in each row are significantly different at the 95% confidence level.

In analyzed stands defoliation was mainly the consequence of foliage underdevelopment in unfavorable conditions or in weakened stands and less often the result of insect damage. The share of trees with defoliation over 0% was the lowest for birch (42.2%) and significantly higher (67.2-73.8%) for the rest tree species (Tab. 3).

At the same time defoliation up to 10% (score 1) was difficult to identify (besides alder and birch), and any species was defoliated over 50% (score 3). The birch trees were the most represented (57.8%) in the lowest class of defoliation severity (absence of defoliation), but rather large proportion of them had defoliation 11-50% (class 2). About 30% of maple, ash and elm trees (31.7-32.8%) were not defoliated at all, and about 70% of these species were characterized with defoliation 11-50% (class 2). At last below 30% of lime, alder and oak trees were not defoliated at all. Over 70% of lime and oak belonged to the 2 defoliation class, and alder trees were represented by 1 (7%) and 2 (65.8%) defoliation class (see Tab. 3).

The share of trees with dieback was the lowest for birch (10%). It was 21.5 to 25% for alder, lime and maple, a bit higher for elm and ash (30.9 and 31.3%) and the highest for oak (45.4%) (see Tab. 2).

The highest part of trees without dieback (class 0 – 90.1%) was revealed for birch (see Tab. 3). Dieback was absent in 75-78.5% of maples, limes and alders, 68.7 and 69.1% of ashes and elms respectively, and only 54.6% oaks. Proportion of trees of each analyzed species decreased from 0 to 3 classes of dieback severity score. Proportion of trees with dieback severity 51-75% was the highest for elm (3.6%) and oak (2.6%), and total amount of trees with dieback severity over 10% was 14.5 and 15.1% for elm and oak respectively. Such situation can be connected both by certain damage factor influence and by ability of these species to recover the crown, which must be studied further.

Proportion of trees with epicormic shoots was rather close for most of analyzed tree species (15.8-19.4%) and was significantly higher for oak and elm (21.7 and 25.5% respectively) (see Tab. 2). It means

that the trees with the highest dieback recover crowns in greater degree.

Considering epicormic shoots occurrence by classes shows the highest proportion of trees in class «0» (absence of epicormic shoots), rather low proportion of trees in class «2» (multiple epicormic shoots) and any tree in class «3» (see Tab. 3). The lowest proportion of trees with epicormic shoots in class «1» (single epicormic shoots) is registered for birch, maple, and lime (15.5-15.8%). This value is a bit higher for alder, ash and oak (14.6-21.7%) and is the highest for elm (23.7%). Mean weighted class of epicormic shoots occurrence is the lowest for birch and lime (0.16), is a bit higher for maple, acer and ash (0.18-0.20), and the highest for oak and elm (0.22 and 0.27 respectively).

Pairwise analysis of individual health condition parameters shows significant and negative correlation of DBH with health condition index for birch, ash and lime (Tab. 4). It indicates the better health condition of largest trees, although correlation coefficient is very slight.

Correlation of Kraft class with DBH is significant and negative for all tree species (Tab. 4), which is correct by definition, with the highest correlation index for maple (-0.71) and lime (-0.63) and the lowest for elm and alder (-0.43 and -0.46 respectively).

Correlation of DBH with defoliation score is significant and negative and very slight for ash, oak and birch, with dieback score – is significant and negative only for birch and is very slight, with epicormic shoots occurrence – is significant and negative for ash and positive for alder, but is very slight in both cases.

Significant positive correlation of health condition index with Kraft class is evaluated for all inspected tree species except oak. It is very slight for ash and slight for alder, birch and elm. Significant positive slight correlation of Kraft class with defoliation is evaluated for alder, maple and oak, between Kraft class and dieback score it is very slight for oak, between Kraft class and epicormic shoots occurrence it is very slight negative for ash and positive for elm.

Correlation between health condition index with defoliation score is significant, positive and high for all analyzed tree species (from 0.78 for alder to 0.9 for birch), with dieback score – is positive and significant for all tree species, particularly slight for ash, birch,

lime, and alder, and moderate for maple, oak and elm. Correlation between health condition index and epicormic shoots occurrence is significant and positive for all analyzed tree species except birch, but is very slight in all cases except elm, where it is slight.

Table 3

**Proportion of trees in different classes of health condition parameters in inspected stands of Trostyanetske Forest Enterprise**

| Tree species**      | Proportion of trees in different classes, % ± SE* |             |            |            | Mean weighted class |
|---------------------|---|-------------|------------|------------|---------------------|
|                     | 0   | 1           | 2          | 3          |                     |
|                     | Defoliation                                       |             |            |            |                     |
| Birch <i>Betula</i> | 57.8±1.49a  | 0.2±0.13b   | 42.0±1.49a | 0.0        | 0.84                |
| Maple <i>Acer</i>   | 32.8±1.67b  | 0.0a        | 67.2±1.67b | 0.0        | 1.34                |
| Ash <i>Fraxinus</i> | 31.7±1.46b  | 0.0a        | 68.3±1.46b | 0.0        | 1.37                |
| Lime <i>Tilia</i>   | 26.2±2.55c  | 0.0a        | 73.8±2.55c | 0.0        | 1.48                |
| Alder <i>Alnus</i>  | 27.2±2.30c  | 7.0±1.30c   | 65.8±2.40b | 0.0        | 1.39                |
| Elm <i>Ulmus</i>    | 32.7±6.20b  | 0.0a        | 67.3±6.30b | 0.0        | 1.35                |
| Oak <i>Quercus</i>  | 27.0±3.60c  | 0.0a        | 73.0±3.60c | 0.0        | 1.46                |
|                     | Dieback   |             |            |            |                     |
| Birch <i>Betula</i> | 90.1±0.90a  | 5.7±0.70a   | 3.8±0.59a  | 0.4±0.18a  | 0.15                |
| Maple <i>Acer</i>   | 75.0±1.54b  | 17.8±1.36b  | 5.4±0.80b  | 1.8±0.47b  | 0.34                |
| Ash <i>Fraxinus</i> | 68.7±1.46c  | 23.1±1.32c  | 6.9±0.80c  | 1.3±0.35b  | 0.41                |
| Lime <i>Tilia</i>   | 75.5±2.49b  | 19.1±2.28b  | 4.4±1.18ab | 1.0±0.58ab | 0.31                |
| Alder <i>Alnus</i>  | 78.5±2.10b  | 17.4±1.90b  | 3.3±0.90a  | 0.8±0.40a  | 0.26                |
| Elm <i>Ulmus</i>    | 69.1±6.20c  | 16.4±5.00b  | 10.9±4.20d | 3.6±2.50d  | 0.49                |
| Oak <i>Quercus</i>  | 54.6±4.00d  | 30.3±3.70d  | 12.5±2.70d | 2.6±1.30bc | 0.63                |
|                     | Epicormic shoots occurrence                       |             |            |            |                     |
| Birch <i>Betula</i> | 84.1±1.10a  | 15.8±1.10a  | 0.1±0.09b  | 0.0        | 0.16                |
| Maple <i>Acer</i>   | 83.5±1.32a  | 15.5±1.29a  | 1.0±0.35b  | 0.0        | 0.18                |
| Ash <i>Fraxinus</i> | 80.6±1.24ab                                       | 19.2±1.24b  | 0.2±0.14b  | 0.0        | 0.20                |
| Lime <i>Tilia</i>   | 84.2±2.11a  | 15.8±2.11a  | 0.0a       | 0.0        | 0.16                |
| Alder <i>Alnus</i>  | 82.4±1.90ab                                       | 17.6±1.90ab | 0.0a       | 0.0        | 0.18                |
| Elm <i>Ulmus</i>    | 74.5±5.90b  | 23.7±5.70bc | 1.8±1.80b  | 0.0        | 0.27                |
| Oak <i>Quercus</i>  | 78.3±3.30b  | 21.7±3.30b  | 0.0a       | 0.0        | 0.22                |

\*Defoliation and dieback classes: 0 – absent; 1 – up to 10%; 2 – 11–50%; 3 – 51–75%; 4 – over 75% of foliage absent or dry branches respectively. Epicormic shoots occurrence classes: 0 – absent; 1 – single; 2 – multiple; 3 – completely covered stem.

\*\*Means followed by different letters in each column for each health condition parameter are significantly different at the 95 % confidence level.

Table 4

**Correlation between different health condition parameters for different tree species**

| Tree species               | Correlation index |          |           |          |          |          |           |          |
|----------------------------|-------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
|                            | DBH – HCI         | DBH – KC | DBH – DEF | DBH – DB | DBH – ES | HCI – KC | HCI – DEF | HCI – DB |
| Birch <i>Betula</i> (1236) | -0.24*            | -0.54*   | -0.26*    | -0.10*   | -0.05    | 0.35*    | 0.90*     | 0.43*    |
| Maple <i>Acer</i> (796)    | -0.05             | -0.71*   | 0.02      | 0.03     | -0.02    | 0.16*    | 0.81*     | 0.53*    |
| Ash <i>Fraxinus</i> (1016) | -0.15*            | -0.53*   | -0.14*    | -0.03    | -0.18*   | 0.08*    | 0.85*     | 0.39*    |
| Lime <i>Tilia</i> (300)    | -0.13*            | -0.63*   | -0.06     | -0.04    | 0.07     | 0.26*    | 0.78*     | 0.47*    |
| Alder <i>Alnus</i> (389)   | -0.08             | -0.46*   | -0.04     | -0.02    | 0.16*    | 0.37*    | 0.79*     | 0.46*    |
| Elm <i>Ulmus</i> (57)      | 0.05              | -0.43*   | -0.14     | -0.03    | 0.20     | 0.34*    | 0.82*     | 0.62*    |
| Oak <i>Quercus</i> (153)   | -0.12             | -0.56*   | -0.17*    | 0.08     | -0.09    | -0.05    | 0.82*     | 0.55*    |

Table 4 continuation

| Tree species               | Correlation index |          |         |         |          |          |         |
|----------------------------|-------------------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|
|                            | HCI – ES          | KC – DEF | KC – DB | KC – ES | DEF – DB | DEF – ES | DB – ES |
| Birch <i>Betula</i> (1236) | 0,07              | 0,36*    | 0,16*   | 0,06    | 0,28*    | 0,07     | 0,12*   |
| Maple <i>Acer</i> (796)    | 0,27*             | 0,06     | 0,02    | -0,01   | 0,31*    | 0,25*    | 0,22*   |
| Ash <i>Fraxinus</i> (1016) | 0,22*             | 0,03     | 0,07    | 0,11*   | 0,34*    | 0,22*    | 0,12*   |
| Lime <i>Tilia</i> (300)    | 0,19*             | 0,15*    | 0,06    | -0,04   | 0,28*    | 0,13*    | 0,02    |
| Alder <i>Alnus</i> (389)   | 0,16*             | 0,24*    | 0,08    | -0,01*  | 0,28*    | 0,13*    | 0,0004  |
| Elm <i>Ulmus</i> (57)      | 0,34*             | 0,49*    | 0,19    | 0,09    | 0,48*    | 0,33*    | 0,07    |
| Oak <i>Quercus</i> (153)   | 0,29*             | -0,03    | -0,14   | 0,09    | 0,44*    | 0,32*    | 0,12    |

\* DBH – tree diameter on 1.3 m; HCI – health condition index; DEF – defoliation score; DB – dieback score; ES – epicormic shoots occurrence score; KC – Kraft class; significant correlations are marked with an asterisk;

\*\* Number of trees in brackets

Correlation between defoliation and dieback score is positive and significant for all analyzed tree species but is very slight for birch, lime and alder most of them and slight for other tree species. The highest correlation coefficients, although also slight are evaluated for oak and elm (0.44 and 0.48 respectively).

Correlation between defoliation and epicormic shoots occurrence is significant and positive for all analyzed tree species, but very slight for most of them and slight for oak and elm (0.32 and 0.33 respectively).

Correlation between dieback and epicormic shoots occurrence is significant, positive and slight only for ash, birch and maple (0.12-0.22) (see Tab. 4).

Considering rather slight correlation between the most of analyzed health condition parameters we counted the total score by summarizing scores for defoliation, dieback and epicormic shoots occurrence (Fig. 4).

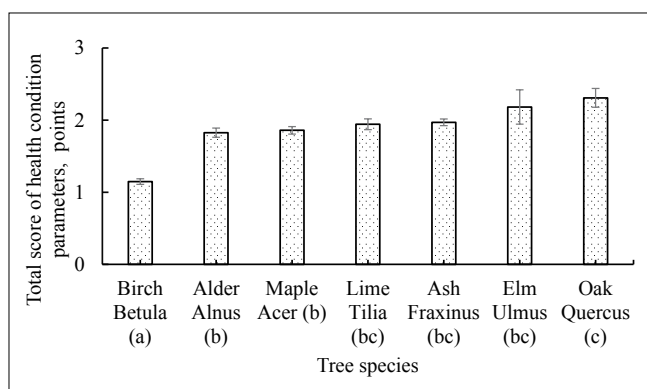


Fig. 4. Total score of health condition parameters for deciduous trees in inspected stands of Trostyanetske Forest Enterprise (tree species followed different letters in brackets are significantly different at the 95 % confidence level)

The order of tree species by total score (see Fig. 4) is close to those by health condition index (see Fig. 3) with an elm as exclusion. However, the difference of the both parameters between elm, lime and ash is not significant.

Thus analysis of the main visible parameters of health condition of trees in the deciduous stands of Trostyanetske Forest Enterprise shows, that all studied tree species are weakened with the best health condition of birch and the poorest condition of elm and oak. However, heart rots and other types of stem and root damage were not involved into this analysis which can bring some correction to conclusion.

**Conclusions.** Among inspected deciduous tree species of Trostyanetske Forest Enterprise no one is defoliated over 50%. A birch is characterized by the lowest health condition index (1.6) for living trees, dieback (10%), epicormic shoots occurrence (15.9%) and recently died trees proportion (0.7%), but high proportion of trees died over year ago (10.7%). An oak is characterized by the highest health condition index (2.1), proportion of trees with dieback (45.4%) and epicormic shoots (21.7%). Proportion of trees with dieback is 21.5 to 25% for alder, lime and maple, a bit higher for elm and ash (30.9 and 31.3%).

Diameter (DBH), Kraft class, and health condition index significantly correlate with health condition parameters of analyzed tree species, but the most of correlations are very slight and slight. Correlation of DBH with health condition parameters is mostly negative, other correlations are positive.

Correlation between health condition index and defoliation score is significant, positive and high for all analyzed tree species (from 0.78 for alder to 0.9 for birch). Correlation between health condition index and dieback score is positive and significant for all analyzed tree species, particularly slight for ash, birch, lime, and alder, and moderate for maple, oak and elm. Correlation between health condition index and epicormic shoots occurrence is significant and positive for all analyzed tree species except birch, but is very slight in all cases except elm, where it is slight.

**Acknowledgements.** We would like to thank Dr. Y. Skrylnik, Dr. O. Zinchenko, Dr. I. Sokolova (Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest Melioration named after G.M. Vysotsky),



Dr. M. Didenko, V. Borysova and Y. Koshelyaeva (Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev) for participation in field assessment, and Prof. V. Pasternak for useful and constructive recommendations and text revision.

### References

- Atramentova, L.A., & Utevskaia, O.M. (2008). *Statistical methods in biology*. Gorlovka (in Russian).
- Davydenko, K., & Meshkova, V. (2017). The current situation concerning severity and causes of ash dieback in Ukraine caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Dieback of European Ash (Fraxinus spp.)*, SLU, 220-227.
- Denman, S., Barrett, G., Kirk, S.A., McDonald, J.E., & Coetzee, M.P. (2016). Identification of Armillaria species on declined oak in Britain: implications for oak health. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 1-14. *Forestry* 2017; 90, 148-161, doi:10.1093/forestry/cpw054.
- Enderle, R., Metzler, B., Riemer, U., & Kändler, G. (2018). Ash dieback on sample points of the National forest inventory in south-western Germany. *Forests*, 9 (1), 25. <https://doi.org/10.3390/f9010025>
- Ferretti, M. (1998). Potential and limitation of visual indices of tree condition. *Chemosphere*, 36 (4-5), 1031-1036. doi:10.1016/s0045-6535(97)10167-9
- Goychuk, A., Drozda, V., & Kulbanska, I. (2018a). Tuberculosis of ash-trees in Western Podillya of Ukraine: etiology, symptomatology and pathogenesis. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 31-40. <https://doi.org/10.15421/411804>
- Goychuk, A., Drozda, V., & Shvets, M. (2018b). Risk of birch disappearance in Zhytomyr Polissya of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 16-25. <https://doi.org/10.15421/411816>
- Hammer, O., Harper, D.A. T., & Ryan, P.D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9.
- Innes, J.L. (1998). An assessment of the use of crown structure for the determination of the health of beech (*Fagus sylvatica*). *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 71 (2), 113-130.
- Jürisoo, L., Adamson, K., Padari, A., & Drenkhan, R. (2019). Health of elms and Dutch elm disease in Estonia. *European Journal of Plant Pathology*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01707-0>
- Kramarets, V., & Matsiakh, I. (2018). The role of biotic factors in spruce decline in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 121-132. <https://doi.org/10.15421/411827>
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, UNECE ICP Forests, Hamburg, 2010. ISBN: 978-3-926301-03-1. [<http://www.icpforests.org/Manual.htm>]
- Matsiakh, I.P., & Kramarets, V.O. (2014). Declining of Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Western Ukraine. *Scientific Herald of National Forest Technical University of Ukraine*, 24.7, 67-74 (in Ukrainian).
- Meshkova, V.L., & Borysova, V.L. (2017). Damage causes of European ash in the permanent sampling plots in Kharkiv region. *Forestry and Forest Melioration: 131*, 179-186.
- 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.
- Meshkova, V. L., Koshelyaeva, Y.V., Skrylnik, Y.Y., & Zinchenko, O.V. (2018). Symptoms and signs of Silver birch damage and injury in Dergachivske forestry. *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series «Phytopathology and Entomology»*, 1-2, 101-110 (in Ukrainian)
- Nazarenko, V.V., & Babenko, V.V. (2015). The state and dynamics of the forestry fund Skryapaiivsky educational-research forestry. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 25 (8), 100-105 (in Ukrainian).
- Pyvovar, T.S. (2008). Limits of natural variation of crown condition indices for tree species. *Forestry and Forest Melioration*, 112, 208-217 (in Ukrainian).
- Pyvovar T.S. (2010). Complex assessment of forest health by complex of forest monitoring indices. *Forestry and Forest Melioration*, 117, 99-105 (in Ukrainian).
- Sanitary rules in the forests of Ukraine* (1995). Kyiv: Ministry of Forest management of Ukraine. 19 p. (in Ukrainian).
- Shvidenko, A., Buksha, I., Krakovska, S., & Lakyda, P. (2017). Vulnerability of Ukrainian forests to climate change. *Sustainability*, 9 (7), 1152. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
- Skovsgaard, J.P., Wilhelm, G.J., Thomsen, I.M., Metzler, B., Kirisits, T., Havrdová, L., ..., & Clark, J. (2017). Silvicultural strategies for *Fraxinus excelsior* in response to dieback caused by *Hymenoscyphus fraxineus*. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 90 (4), 455-472. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpx012>
- Tallent-Halsell, N.G. (ed.) (1995). *Forest Health Monitoring. Field Methods Guide*. – EPA/620/R – 94/027/ U.S. Environ. Protect. Agency: Washington D.C.



## Параметри санітарного стану листяних порід у лісових насадженнях ДП «Тростянецьке лісове господарство»

В. Л. Мешкова<sup>1</sup>, Т. С. Пивовар<sup>2</sup>, О. В. Товстуха<sup>3</sup>

Оцінювання санітарного стану дерев є важливим аспектом у підтриманні лісового біорізноманіття, екологічних функцій лісу та розвитку стратегії ведення лісового господарства.

Мета досліджень полягала в оцінюванні варіювання та зв'язків із санітарним станом насаджень його основних параметрів (дефоліації, периферійного відмирання крони та поширення водяних пагонів) у семи деревних видів – *Acer platanoides* L., *Alnus glutinosa* L., *Betula pendula* Roth., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. та *Ulmus laevis* Pall.

Дослідження здійснені у 2018 р. у ДП «Тростянецьке ЛГ» (Лівобережний Лісостеп; Сумська область) у 129 рандомізовано вибраних виділах. Для кожного обстеженого дерева оцінювали діаметр на висоті грудей, клас за Крафтом, категорію санітарного стану, дефоліацію, периферійне відмирання крони та поширення водяних пагонів. Поширеність дефоліації, периферійного відмирання крон і водяних пагонів визначали як частку дерев із наявністю відповідних симптомів. Інтенсивність прояву кожного параметра оцінювали за відповідними шкалами.

Жодна порода не була дефолійована більше, ніж на 50%. Береза характеризується найменшими значеннями індексу санітарного стану (I,6) для життєздатних дерев, периферійного відмирання крон (10%), поширення водяних пагонів (15,9%) і частки свіжого сухостою (0,7%), однак високою часткою дерев старого сухостою (10,7%). Дуб характеризується найбільшими значеннями індексу санітарного стану (II,1), частки дерев із наявністю периферійного відмирання крони (45,4%) та водяних пагонів (21,7%). Частка дерев вільхи, липи та клена з наявністю периферійного відмирання кро-

ни становила від 21,5 до 25% і була дещо більшою для в'яза та ясена (30,9 і 31,3% відповідно).

Діаметр стовбурів, клас за Крафтом та індекс санітарного стану дерев значуще корелює з параметрами санітарного стану відповідних видів, але більшість зв'язків є дуже слабкими та слабкими. Коефіцієнти кореляції між діаметром і параметрами санітарного стану дерев переважно від'ємні, а між рештою параметрів – додатні.

Кореляція між індексом санітарного стану дерев і рівнем дефоліації є значущою, додатною та високою для всіх аналізованих видів дерев (від 0,78 для вільхи до 0,9 для берези). Кореляція між індексом санітарного стану та рівнем периферійного відмирання крони є додатною та значущою для всіх аналізованих видів дерев, зокрема слабка для ясена, берези, липи та вільхи і помірною – для клена, дуба та в'яза. Кореляція між індексом санітарного стану і поширенням водяних пагонів є значущою та додатною для всіх аналізованих видів дерев, окрім берези, але є дуже слабкою в усіх випадках, окрім в'яза, де вона є слабкою.

**Ключові слова:** діаметр (діаметр на висоті грудей); клас за Крафтом; індекс санітарного стану; відпад дерев; дефоліація; периферійне відмирання крони; водяні пагони.

## Параметры санитарного состояния лиственных пород в лесных насаждениях ГП «Тростянецкое лесное хозяйство»

В. Л. Мешкова<sup>1</sup>, Т. С. Пивовар<sup>2</sup>, А. В. Товстуха<sup>3</sup>

Оценка санитарного состояния деревьев важна для поддержания лесного биоразнообразия, экологических функций леса и развития стратегии ведения лесного хозяйства.

Целью исследований была оценка варьирования и тесноты связей с санитарным состоянием насаждений его основных параметров (дефолиации, пе-

<sup>1</sup> Мешкова Валентина Львівна – дійсний член Лісівничої академії наук України, керівник Східного відділення ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38(097)371-94-58. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

<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. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38(097)358-97-49. E-mail: ryvovartatiana@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

<sup>3</sup> Товстуха Олександр Володимирович – кандидат сільськогосподарських наук, заступник начальника Сумського обласного управління лісового та мисливського господарства. Засумська вул. 12а, Суми, 40030, Україна. Тел. +38(067)540-17-70. E-mail: sekretar@sumylis.gov.ua

<sup>1</sup> Мешкова Валентина Львовна – действительный член Лесной академии наук Украины, руководитель Восточного отделения ЛАН Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, Харьков, 61024, Украина. Тел.: +38(097)371-94-58. E-mail: Valentynameshkova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

<sup>2</sup> Пивовар Татьяна Сергеевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, Харьков, 61024, Украина. Тел.: +38(097)358-97-49. E-mail: ryvovartatiana@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

<sup>3</sup> Товстуха Александр Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель начальника Сумского областного управления лесного и охотничьего хозяйства. Засумская ул. 12а, Сумы, 40030, Украина. Тел. +38(067)540-17-70. E-mail: sekretar@sumylis.gov.ua

риферийного отмирания кроны и распространения водяных побегов) у семи древесных видов – *Acer platanoides* L., *Alnus glutinosa* L., *Betula pendula* Roth., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. и *Ulmus laevis* Pall.

Исследования проведены в 2018 г. в ГП «Тростянецкое ЛХ» (Левобережная Лесостепь; Сумская область) в 129 рандомизированно выбранных выделах. Для каждого обследованного дерева оценивали диаметр на высоте груди, класс Крафта, категорию санитарного состояния, дефолиацию, периферийное отмирание кроны и распространение водяных побегов. Распространенность дефолиации, периферийного отмирания кроны и водяных побегов определяли как долю деревьев с наличием соответствующих симптомов. Интенсивность проявления каждого параметра оценивали по соответствующим шкалам.

Ни одна порода не была дефолирована больше чем на 50%. Береза характеризуется наименьшими значениями индекса санитарного состояния (I,6) для жизнеспособных деревьев, периферийного отмирания крон (10%), распространения водяных побегов (15,9%) и доли свежего сухостоя (0,7%), однако высокой долей деревьев старого сухостоя (10,7%). Дуб характеризуется наибольшими значениями индекса санитарного состояния (II,1), доли деревьев с наличием периферийного отмирания кроны (45,4%) и водяных побегов (21,7%). Долевое участие деревьев ольхи, липы и клена с нали-

чием периферийного отмирания кроны составляло от 21,5 до 25% и было немного больше для вяза и ясеня (30,9 и 31,3% соответственно).

Диаметр стволов, класс Крафта, индекс санитарного состояния деревьев значимо коррелирует с параметрами санитарного состояния соответствующих видов, однако большинство связей очень слабые и слабые. Коэффициенты корреляции между диаметром и параметрами санитарного состояния деревьев преимущественно отрицательные, а между остальными параметрами – положительные. Корреляция между индексом санитарного состояния деревьев и уровнем дефолиации – значимая, положительная и высокая для всех проанализированных видов деревьев (от 0,78 для ольхи до 0,9 для березы). Корреляция между индексом санитарного состояния и уровнем периферийного отмирания кроны – положительная и значимая для всех проанализированных видов деревьев, в частности, слабая для ясеня, березы, липы, ольхи и умеренная – для клена, дуба и вяза. Корреляция между индексом санитарного состояния и распространением водяных побегов – значимая и положительная для всех проанализированных видов деревьев, кроме березы, однако очень слабая во всех случаях, кроме вяза, где она слабая.

**Ключевые слова:** диаметр (диаметр на высоте груди); класс Крафта; индекс санитарного состояния; отпад деревьев; дефолиация; периферийное отмирание кроны; водяные побеги.

## 6. ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНА СПРАВА



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411914>  
Article received 2018.09.15  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Ulyana Bashutska  
[ecology@nltu.edu.ua](mailto:ecology@nltu.edu.ua)  
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

UDC 504.062.2

### The use of agricultural waste for the renewable energy production

A. Zapalowska<sup>1</sup>, U. Bashutska<sup>2</sup>

*In addition to hydroelectric power plants, solar and wind power plants, biogas plants are important in the production of electricity and heat from renewable energy sources. It is known that depending on the type of substrate used for processing and the design features of biogas plants, they have their own advantages and disadvantages. Nevertheless, properly localized biomass installation is able to decrease the use of conventional materials reducing greenhouse gas emissions. Bio-waste, plant residues and other by-products can be used to produce electricity, heat and purified methane as fuel for repaired vehicles. Biogas production is a key technology for the sustainable use of agricultural biomass as a renewable energy source. Both, Poland and Ukraine, have a large agricultural area, and well developed animal cattery, which creates opportunities for alternative energy sources from biomass development.*

*Agricultural biogas plant energy produced from waste such manure, slurry and another agricultural waste, is an excellent source of heat, likewise, electricity. Therefore the importance of using agricultural waste as an energy source in the production of biogas shall be emphasized. A significant drawback of the system is the need to provide low economic and environmental losses. For this purpose, the place of biomass harvesting, transport and its preparation together with storage should be taken into account. To achieve the highest efficiency, small biogas plants should have permanent composition of substrate consisting of various ingredients.*

*Ukraine and Poland has considerable potential of renewable energy sources development of which can provide significant economic, ecological, and social benefits. The production of biogas has become an attractive source of extra income for many farmers. Biogas production has a useful effect not only on economic, but ecological development, particularly in the rural regions. At the same time, environmental protection aspects have gained additional importance, so that anaerobic treatment processes have become a key technology for environmental and climate protection.*

*On the basis of the submitted documentation by the municipal administration and the manufacturer, the operation of biogas plants for the processing of organic agricultural waste in Gorajec and Odrzechowa (Poland) has been presented.*

**Key words:** agriculture waste; biomass; biogas; biogas plant.

<sup>1</sup> Anita Zapalowska – assist. prof., dr., Department of Bioenergetics and Food Analysis, University of Rzeszów, 35601, Rzeszów, Zelwerowicza St., 4, tel. 177854943, e-mail: ztb-wbr@ur.edu.pl, Poland. Tel.: 0048784702111. E-mail: anise@interia.pl ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4297-9854>

<sup>2</sup> Ulyana Bashutska – assist. prof., dr., Department of Ecology, Ukrainian National Forestry University, 79000, Lviv, Gen. Chuprynky St., 134, tel. (032)238-81-94; e-mail: [ecology@nltu.edu.ua](mailto:ecology@nltu.edu.ua), Ukraine. Tel.: 00380676837277. E-mail: [bashutska@nltu.edu.ua](mailto:bashutska@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4131-014X>

**Introduction.** The main reason for the renewable energy development is the environment, especially in relation to global climate change and the need to improve security and diversity of energy supply. The method of waste management is to use them in methane fermentation processes, as a result of which methane-rich biogas, used for energy production, is created. This solution increases the ability of Poland to meet the National Indicative Targets and the provisions of the Climate and Energy Package (15% of energy from renewable sources by 2020). Due to the exhausting resources of fossil fuels, including natural gas resources, the priority of the European Union is the rational use of natural resources and ensuring sustainable waste management. It should also be emphasized that the control of fermentation processes and the subsequent use of the resulting biogas reduces the emission of methane into the atmosphere. The biogas production has positive impact on the environment since less CO<sub>2</sub> is formed during combustion than it is used for photosynthesis by plants from which it is produced. Biomass is the most profitable source of renewable energy in Poland and Ukraine, it has many advantages due to the environmental and economic aspect (Melnyk, Shkarupa & Kharchenko, 2013). Benefits resulting from the combustion and co-combustion of biomass with coal result from a significant reduction of greenhouse gas emissions, in terms of carbon dioxide emissions, biomass is the so-called «neutral» fuel. Biogas is a renewable fuel produced by anaerobic fermentation of organic material. The value of a substrate in the biogas process depends on its potential as a high yield plant species and on the quality of the biogas produced such as the achievable methane content. It usually has 50-70% CH<sub>4</sub>, 25-50% CO<sub>2</sub>, 1-5% H<sub>2</sub>, 0.3-3% N<sub>2</sub> and traces of H<sub>2</sub>S (Bedoya, Arrieta & Cadavid, 2009). Methane is the only combustible constituent of biogas, which is utilized in different forms of energy. Biogas can be used for heating, lighting, transportation, small-scale power generation, and large gas turbines as a complementary fuel (e.g. natural gas) (Bedoya et al., 2009). Nowadays the most commonly used substrate for methane fermentation process is maize silage (Dach, Zbytek, Pilarski & Adamski, 2014). However, due to the conflict «energy vs. food», the risks arising from the crops monoculture and growing prices of this substrate, the alternative sources of biomass are increasingly looked for (White, Latta, Alig, Skog & Adams, 2013). Therefore, an alternative is the use for energy purposes the waste materials from food industry and agriculture or farming at the areas unsuitable for human consumption. Biogas produced in a fermentation tank can be converted into energy or purified to the form of biomethane and sent to a gas distribution grid. Biogas can be used to produce:

- electrical power – in spark ignition engine or turbines,
- heat – in gas boilers,
- electrical power and heat – in cogeneration aggregates used for combined production of electrical power and heat, which is the most common method (and virtually the sole method) of using biogas for energy

purposes in Poland (Golusin, Ostojic, Latinovic, Jandric & Ivanovich, 2012, Zapałowska & Bashutska, 2017).

Agricultural biogas plants in Poland most often operate near large livestock farms, using as their substrate the otherwise noxious waste of slurry and manure. Biogas production is a far better alternative to the commonly used method of waste utilization (than directly sprayed onto the fields). The process of biogas generation results in sanitation, which prevents a risk of ground water contamination. Moreover, electrical power and heat is produced whilst the post-fermentation residue is used as a fertilizer (Angelidaki & Ellegaard, 2003, Dach et al., 2009). The main waste generated by agriculture are natural fertilizers such as manure, urine and manure from pig farms and cattle. The possibility of their agricultural use are limited by periods of fertilization and the requirement is not exceeded the limit dose. Fruit and vegetable waste generated mainly such as bagasse, primarily grapes, apples, carrots, potato pulp, and beet pulp (Tarko, Duda-Chodak & Bebak, 2012, Misiura, 2013, Kuczyńska, Nogaj & Pomykała, 2011).

**Agricultural waste used in biogas installations.** Due to the need of intensification of energy generation from renewable sources, as well as the need for dissemination of the methods to reduce the emission of greenhouse gases into the atmosphere, increasing importance begins to play production and use agricultural biogas.

The agricultural raw materials used for the production of renewable energy may be waste products of this production, such as straw or animal droppings. Agricultural biomass is a relatively broad category of biomass that includes the food based portion (oil and simple carbohydrates) of crops (such as corn, beets) and the nonfood based portion of crops (such as the leaves, stalks, and cobs of corn stover), perennial grasses and animal waste (Chandra, Takeuchi & Hasegawa, 2012). In accordance to the national agricultural policy conducted by the Polish Ministry of Agriculture and Rural Development, emphasis is placed on the use for energy purposes of by-products from agriculture, by-products and waste from the food industry, liquid and solid animal manure as well as energy plants themselves. In case of by-products from agriculture, the use of straw for energy purposes is of particular importance. The use of its surpluses avoids burning it in the fields (Tab. 1, 2).

For the production of biogas it can be used corn stalks, undeveloped cereal crops, decaying hay, contaminated grain, spoiled harvest of root crops, beet leaves, care waste (weeds), disqualified and undeveloped crops in orchards and fruit plantations, leaves of fruit trees and shrubs, branches, fruit fall, broken fruit harvests and spoiled vegetables. As it can be seen from table 2, maize silage, rye, grass silage, brewers grains, pomace and mown grass can provide a large amount of biogas while the highest methane amount can be provided from grain and potato decoction, pomace, and gastric contents. The selection for production must be economically justified. Reliability and continuity of supplies as well as seasonality of work should be taken into account.

Table 1

**Qualification of the suitability of waste for the production of agricultural biogas according to applicable codes**

| Waste code | Groups, subgroups and types of waste   | Industry               |
|------------|--|------------------------|
| 02         | Wastes from agriculture, horticulture, hydroponics, fishery, forestry, hunting and food processing | Waste from agriculture |
| 02 01      | Wastes from agriculture, horticulture, hydroponics, forestry, hunting and fishing                  |                        |
| 02 01 01   | Sludge from washing and cleaning   |                        |
| 02 01 02   | Animal tissue waste  |                        |
| 02 01 03   | Plant waste mass   |                        |
| 02 01 06   | Animal waste   |                        |
| 02 01 07   | Waste from forest management   |                        |
| 02 01 82   | Dead and slaughtered animals   |                        |
| 02 01 83   | Wastes from hydroponic crops   |                        |

Source: Rozporządzenie Ministra Środowiska, 2014

Table 2

**Characteristics of selected plants and selected products for biogas yield**

| Base                                  | The dry matter content (%) | The dry matter content of organic (%) | The yeald of biogas (m <sup>3</sup> /t) | The content of methane CH <sub>4</sub> (% vol.) |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|---|---|
| Natural fertilizers                   |                            |                                       |   |   |
| cattle slury                          | 8-11                       | 75-82                                 | 200-500                                 | 60  |
| pig slurry                            | about 7                    | 75-86                                 | 300-700                                 | 60-70   |
| cattle manure                         | about 25                   | 68-76                                 | 210-300                                 | 60  |
| pigs manure                           | 20-25                      | 75-80                                 | 270-450                                 | 60  |
| hens manures                          | about 32                   | 63-80                                 | 250-450                                 | 60  |
| Plants                                |                            |                                       |   |   |
| maize silage                          | 20-35                      | 85-95                                 | 450-700                                 | 50-55   |
| rye                                   | 30-35                      | 92-98                                 | 550-680                                 | about 55  |
| grass silage                          | 25-50                      | 70-95                                 | 550-620                                 | 54-55   |
| Products of the agricultural industry |                            |                                       |   |   |
| brewer's distilleries                 | 20-25                      | 70-80                                 | 580-750                                 | 59-60   |
| grain decoction                       | 6-8                        | 83-88                                 | 430-700                                 | 58-65   |
| potato decoction                      | 6-7                        | 85-95                                 | 400-700                                 | 58-65   |
| pomace                                | 25-45                      | 90-95                                 | 590-660                                 | 65-70   |
| Other substrates for biogas plants    |                            |                                       |   |   |
| waste fittings                        | 5-20                       | 80-90                                 | 400-600                                 | 60-65   |
| gastric content                       | 12-15                      | 75-86                                 | 250-450                                 | 60-70   |
| Grass                                 |                            |                                       |   |   |
| mown grass                            | ok. 12                     | 83-92                                 | 550-680                                 | 55-65   |

Source: Latocha, 2010.

**Method.** The analysis was to determine the method of using agricultural waste for energy purposes. It raises the concerns in aspect of processing agricultural waste in biogas installations, where biogas is used for electricity and heat production. The work assumes that agricultural waste is a valuable resource in the production of renewable energy. The research analysis was based on documentation provided by biogas plants in Gorajec and Odrzechowa, as well as on information provided by the Cieszanów and

Zarszyn Municipal Offices. A computational analysis was performed to estimate the energy and economic efficiency of biogas plant. The type and weight of substrates to be used in the methane fermentation process were determined. The volume of biogas and methane produced was calculated. The amount of energy produced and the power of the installation was determined.

**Results and discussion.** The biogas plant in Odrzechowa is located in the administrative district of

Gmina Zarszyn, within Sanok County, Subcarpathian Voivodeship, in south-east Poland (Fig. 1). Zarszyn commune is an agricultural area, agricultural areas occupy a total of over 6 500 ha and constitute 63% of the total area of commune. In the commune of Zarszyn there are several modern farms that are oriented towards market production. The largest is the Zootechnical Experimental Station of the Institute of Livestock Production in Odrzechowa.

In the Odrzechowa biogas plant, the fermentation process is carried out three times a day, each time 20 tonnes of substrate is added to the fermentation chambers. During the year about 26000-27000 t of substrate are consumed, of which about 50% is slurry and manure. The produced biogas contains about 50-60% of methane. The farm uses 17% of energy produced, and 83% is sold to PGE, the rate is PLN 0,18 / 1kW.

The construction of the Gorajec biogas plant was completed in 2015. The investment is located in Gorajec, Cieszanow commune, in the Lubaczow agricultural district, near the border of the Podkarpackie and Lubelskie voivodships (Fig. 2). In the biogas plant, biogas is produced as a result of anaerobic digestion of organic substrates of agricultural origin. The produced biogas is used to produce electricity and heat. New technologies and emerging solutions ensure high efficiency of biogas installations, providing excellent conditions for creating a local energy system. Distributed energy sources guarantee the local energy supply for the region. In the vicinity of the power plant there are agricultural lands, mainly intended for maize cultivation. This is a potential for obtaining feedstock for biogas production and for breaking down the digestate. Electric power – 0,999 MWe, thermal power – 1,110 MWt, electric power production – 8,348 MWh, thermal power production – 8,357 MWhth (30085 GJ).

The biogas plant in Gorajec uses 31000 t of substrates throughout the year (Tab. 3). A digestate is used as a fertilizer.

*Table 3*  
**The substrates used in operating plant in Gorajec**

| Substrate                  | Annual quantity (t) |
|----------------------------|---------------------|
| Pig slurry                 | 3000,00             |
| Pig manure                 | 1500,00             |
| Birdspawn                  | 500,00              |
| Grass                      | 2000,00             |
| Beet pulp                  | 5000,00             |
| Fruit and vegetable pomace | 10000,00            |
| Distillery                 | 2000,00             |
| Maize greens               | 7000,00             |
| Total amount               | 31000,00            |

*Source:* Material submitted by the municipal administration in Cieszanów

In agricultural biogas plants, usually 2-3 substrates are used, mostly slurry and maize silage. Table 4 shows the efficiency of substrates and its processing into biogas and methane.

*Table 4*  
**Calculation of biogas and methane volumes for individual substrates and their combined values**

| Substrate         | Volume of produced biogas (m <sup>3</sup> ) | Volume of produced methane (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---|--|
| Cattle manure     | 17280                                       | 10368  |
| Pig manure        | 2867  | 1720,2                                       |
| Hen manure        | 64,8  | 38,88  |
| Slurry            | 1899,78                                     | 1215,86                                      |
| Maize silage      | 5601,96                                     | 3025,06                                      |
| Uneaten particles | 666   | 366,3  |
| Rejected popatos  | 1020  | 479,4  |
| Potato sprouts    | 10,7  | 5,03   |
| Kitchen waste     | 61,26                                       | 33,69  |

*Source:* Czekala et al., 2017



Fig. 1. Operating plant in Odrzechowa (www2)



Fig. 2. Operating plant in Gorajec (www3)

For calculating the amount of energy and power of installation, the biogas plant operating time is assumed to be 8000 hours (approximate 30 days are at service work). Based on table 4 with the results of biogas and methane volumes for individual substrates, the potential for energy supply by a small biogas plant (250 kW) fed



with agricultural waste can be calculated. The power of this biogas plant is 2000000 kWh of energy. If divided this number by 2500 kWh, which corresponds to the annual energy consumption of 4-person households, it can be calculated that the biogas plant can meet the needs of 800 such farms. By multiplying 800 and 4 (the number of people in the household taken into exemplary calculations) it gets 3200 people. Taking into account the 0,5 kW biogas plant, all sizes will be twice as large, in the case of biogas plants with a capacity of 1 kW – 4 times higher. Biogas plant in Gorajec is able to supply 12800 people, while 7 342 people live in the Cieszanow commune (www1).

**Conclusions.** The conventional energy sources such as oil, hard coal, lignite or natural gas can be exhausted in a short time. They are gradually replaced with energy resources from wind, water, solar radiation, energy of the Earth's interior and biomass. According to nowadays study, biogas production is a process with huge potential. The biogas sector has never before aroused as much attention as it does today. To provide raw materials for biofuel production it is important to use by-products of agricultural origin, mainly those that constitute cumbersome and undeveloped waste, which reduces their quantity. Most often, as in the case of the agricultural biogas plant in Odrzechowa and Gorajec, biogas is used in cogeneration aggregates, it is the combined production of electricity and heat.

Providing a renewable energy development today is an important issue to ensure environmental safety and sustainable development of society. The Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035 provides the change of energy consuming structure by reducing the consumption of imported natural gas and diversification of its supplies. The biogas sector is still developing and has a huge potential. The production of biogas has become an attractive source of extra income for many farmers. Besides, biogas production has a useful effect not only on economic, but ecological development, particularly in the rural regions. At the same time, environmental protection aspects have gained additional importance, so that anaerobic treatment processes have become a key technology for environmental and climate protection.

## References

- Angelidaki, I., & Ellegaard, L. (2003). Codigestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 109, 95-105.
- Bedoya, I.D., Arrieta, A.A., & Cadavid, F.J. (2009). Effects of mixing system and pilot fuel quality on diesel-biogas dual fuel engine performance. *Bioresource Technology*, 100, 6624-6629.
- Chandra, R., Takeuchi, H., & Hasegawa, T. (2012). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: a review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2012, 1462-76.
- Czekała, W., Gawrych, K., Smurzyńska, A., Mazurkiewicz, J., Pawlisiak, A., Chełkowski, D., & Brzoski, M. (2017). The possibility of functioning micro-scale biogas plant in selected farm. *Journal of Water and Land Development*, 35, 19-25. <https://doi.org/10.1515/jwld-2017-0064>.
- Dach, J., Zbytek, Z., Pilarski, K., & Adamski, M. (2009). Investigation into use of biofuel production waste as a substrate in a biogas plant. *Forest Gardening Agricultural Technology*, 6, 5-8.
- Dach, J., Czekała, W., Boniecki, P., Lewicki, A., & Piechota, T. (2014). Specualised internet tool for biogas plant modeling and marked analyzing. *AMR*; 909, 305-310. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.909.05>
- Dz. U. z 2014 r., poz. 1923. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów (in Polish).
- Energy Strategy of Ukraine for the period until 2035 (2014). Ukraine government Prescription. Kyiv (2014).
- Golusin, M., Ostojic, A., Latinovic, S., Jandric, M., & Ivanovich, O. (2012). Review of the economic viability of investing and exploiting biogas plant-case study Vizelj, Serbia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (1), 127-34.
- Kuczyńska, I., Nogaj, A., & Pomykała, R. (2011). Waste in biogas production. Thu. II. Recycling, 10 (130).
- Latocha, L. (2010). Materials from the training *Renewable energy sources for home and business*.
- Misiura, A. (2013). By-products of fruit and vegetable industry and its use for fodder purposes. University of Life Science in Lublin, Faculty of Production Engineering, Cattle Breeder 3.
- Melnyk, L.G., Shkarupa, E.V., & Kharchenko, M.O. (2013). Innovative Strategies to Increase Economic Efficiency of Greening the Economy, Middle-East Journal of Scientific Research, 16 (1), 30-37.
- Tarko, T., Duda-Chodak, A., & Bebak, A. (2012). The biological activity of selected fruit and vegetable pomace. *Food. Learning. Technology. Quality*, 4 (83).
- White, E., Latta, G., Alig, R., Skog, K., & Adams, D. (2013). Biomass production from the U.S forest and agriculture sectors in support of a renewable electricity standard. *Energy Policy*, 58, 64-67.
- www1. [https://rzeszow.stat.gov.pl/vademecum/vademecum\\_podkarpackie/portrety\\_gmin/lubaczowski/cieszanow.pdf](https://rzeszow.stat.gov.pl/vademecum/vademecum_podkarpackie/portrety_gmin/lubaczowski/cieszanow.pdf) (access: 2.02.2019)
- www2. <http://evercon.pl/en/500-kw-biogas-plant-in-odrzechowa/> (access: 2.02.2019)
- www3. <https://rzeszow.tvp.pl/36677687/biogazownia-podkarpaciu-konferencja-w-narolu> (access: 2.02.2019)
- Zapałowska, A., & Bashutska, U. (2017). Qualitative analysis of pellets obtained from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 15, 124-128. <https://doi.org/10.15421/411716>

## Використання сільськогосподарських відходів у виробництві енергії із відновлюваних джерел

А. Запаловска<sup>1</sup>, У. Башуцька<sup>2</sup>

Поряд із гідроелектростанціями, сонячними та вітровими електростанціями, біогазові установки мають суттєве значення у виробництві електроенергії і тепла від відновлюваних джерел енергії. Залежно від типу субстрату, що застосовується для переробки, та особливостей конструкції біогазових установок, вони мають переваги і недоліки. Тим не менше, правильно локалізована установка з переробки біомаси здатна зменшити використання традиційної енергетичної сировини, забезпечуючи зменшення викидів парникових газів. Біовідходи, рослинні залишки та інші побічні продукти агропромислового виробництва можуть бути використані для виробництва електроенергії, тепла та очищеного метану як палива для відремонтованих транспортних засобів. Виробництво біогазу є ключовою технологією для сталого використання сільськогосподарської біомаси, як джерела відновлюваної енергії. Біоенергетичні установки використовують локально доступну сировину, допомагаючи зберігати енергетичні невідновні корисні копалини. Вони дають змогу утилізувати аграрні відходи, забезпечуючи при цьому високий вихід енергії на культурну площу порівняно із іншими біоенергетиками. Позитивним моментом є збереження штучного добрива за рахунок агротехнічного використання дигестату. Децентралізована генерація електроенергії може зменшити транспортну відстань до кінцевого споживача. Це сприяє збільшенню доданої вартості та альтернативний дохід для сільськогосподарської території. Польща й Україна мають значні площі сільськогосподарських угідь та добре розвинене тваринництво, що створює можливості для розвитку альтернативних джерел енергії із біомаси.

Енергія біогазових установок, вироблена із таких сільськогосподарських відходів, як гній, гноївка та ін., є добрим джерелом тепла, аналогічно електроенергії. Саме тому важливо відзначити доцільність використання сільськогосподарських відходів, як джерела енергії у виробництві біогазу. Істотним недоліком системи є необхідність забезпечити низькі економічні та екологічні втрати. З цією метою потрібно враховувати місце

збирання біомаси, транспортування та її підготовку разом із зберіганням. Для досягнення найвищої ефективності невеликі біогазові установки повинні мати постійний склад субстрату із різних інгредієнтів.

Україна та Польща мають значний потенціал розвитку відновлюваних джерел енергії, які можуть забезпечити економічні, екологічні та соціальні вигоди. Виробництво біогазу стало привабливим джерелом додаткового доходу для багатьох фермерів. Воно позитивно впливає не лише на економічний, але й на екологічний розвиток, особливо сільських регіонів. Водночас набули додаткового значення аспекти захисту навколишнього середовища, а анаеробні процеси переробки біомаси стали ключовою технологією захисту навколишнього середовища та клімату.

На підставі наданої муніципальним управлінням та виробником документації проаналізовано роботу біогазових установок із переробки органічних відходів сільського господарства у селах Гораєць і Одрехова (Польща).

**Ключові слова:** біогазова установка; сільськогосподарські відходи; біомаса; біогаз.

## Использование сельскохозяйственных отходов в производстве энергии их возобновляемых источников

А. Запаловска<sup>1</sup>, У. Башуцька<sup>2</sup>

Наряду с гидроэлектростанциями, солнечными и ветровыми электростанциями, биогазовые установки имеют существенное значение в производстве электроэнергии и тепла от возобновляемых источников энергии. В зависимости от типа субстрата, который применяется для переработки, а также особенностей конструкции биогазовых установок, у них имеются свои преимущества и недостатки. Тем не менее, правильно локализованная установка по переработке биомассы способна уменьшить использование традиционного энергетического сырья, обеспечивая уменьшение выбросов парниковых газов. Биоотходы, растительные остатки и другие побочные продукты агропромышленного производства могут исполь-

<sup>1</sup> Запаловска Аніта – доцент, кандидат наук, кафедра біоенергетики та аналізу харчових продуктів. Ряшівський університет, 35601, Ряшів, вул. Желверовіча, 4, тел. 177854943, E-mail: ztb-wbr@ur.edu.pl, Польща. Тел.: 0048784702111. E-mail: anise@interia.pl ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4297-9854>

<sup>2</sup> Башуцька Уляна – доцент, кандидат наук, кафедра екології. Національний лісотехнічний університет України, 79000, Львів, вул. Ген. Чупринки, 134, тел. (032)238-81-94; E-mail: ecology@nltu.edu.ua, Україна. Тел.: 00380676837277. E-mail: bashutska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4131-014X>

<sup>1</sup> Аніта Запаловска – доцент, кандидат наук, кафедра біоенергетики і аналізу пищевих продуктів, Жешовський університет, 35601, Жешов, ул. Желверовича, 4, тел. 177854943, E-mail: ztb-wbr@ur.edu.pl, Польща. Тел.: 0048784702111. E-mail: anise@interia.pl ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4297-9854>

<sup>2</sup> Уляна Башуцька – доцент, кандидат наук, кафедра екології, Національний лісотехнічний університет України, 79000, Львів, вул. Ген. Чупринки, 134, тел. (032)238-81-94; E-mail: ecology@nltu.edu.ua, Україна. Тел.: 00380676837277. E-mail: bashutska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4131-014X>

зоваться для производства электроэнергии, тепла и очищенного метана в качестве топлива для отремонтированных транспортных средств. Производство биогаза является ключевой технологией для устойчивого использования сельскохозяйственной биомассы, как источника возобновляемой энергии. Биоэнергетические установки используют локально доступное сырье, помогая сохранять энергетические невозобновляемые полезные ископаемые. Они позволяют утилизировать аграрные отходы, обеспечивая при этом высокий выход энергии на культурную площадь по сравнению с другими биоэнергетиками. Положительным моментом является сохранение искусственного удобрения за счет агротехнического использования дигестата. Децентрализованная генерация электроэнергии может уменьшить транспортное расстояние до конечного потребителя. Это способствует увеличению добавленной стоимости и альтернативный доход для сельскохозяйственной территории. Польша и Украина имеют значительные площади сельскохозяйственных угодий и хорошо развитое животноводство, что создает возможности для развития альтернативных источников энергии с биомассы.

Энергия биогазовых установок, произведенная из таких сельскохозяйственных отходов, как навоз, навозная жижа и другие, является хорошим источником тепла, аналогично электроэнергии. Именно поэтому важно отметить целесообраз-

ность использования сельскохозяйственных отходов, как источника энергии в производстве биогаза. Существенным недостатком системы является необходимость обеспечивать низкие экономические и экологические потери. С этой целью следует учитывать место сбора биомассы, транспортировку и подготовку вместе с хранением. Для достижения высокой эффективности небольшие биогазовые установки должны иметь постоянный состав субстрата из разных ингредиентов.

Украина и Польша имеют значительный потенциал развития возобновляемых источников энергии, которые могут обеспечить экономические, экологические и социальные выгоды. Производство биогаза стало привлекательным источником дополнительного дохода для многих фермеров. Оно положительно влияет не только на экономическое, но и на экологическое развитие, особенно сельских регионов. В то же время дополнительное значение приобрели аспекты защиты окружающей среды, а анаэробные процессы переработки биомассы стали ключевой технологией защиты окружающей среды и климата.

На основании предоставленной муниципальной управлению и производителем документации проанализирована работа биогазовых установок по переработке органических отходов сельского хозяйства в селах Гораец и Одрехова (Польша).

**Ключевые слова:** биогазовая установка; сельскохозяйственные отходы; биомасса; биогаз.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411915>  
Article received 2018.09.28  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Yuriy Shparyk  
[yuriy.shparyk@gmail.com](mailto:yuriy.shparyk@gmail.com)

Hrushevskogo str., 31, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine

УДК 630\*18 : 630\*187

## Екологічні наслідки всихання ялиників в основних типах лісу Українських Карпат

Ю. С. Шпарик<sup>1</sup>

Стаціонарні дослідження динаміки всихання ялинових деревостанів Українських Карпат здійснено у 2010-2014 роках. Аналіз результатів досліджень дав змогу оцінити екологічні наслідки їх всихання за такими типами лісу: вологий кедрово-смерековий субір, волога чиста сусмеречина, волога буково-ялицева сусмеречина, волога буково-смерекова суяличина та волога буково-смерекова яличина. Екологічну ефективності ялиників регіону оцінено в контексті вирішення нагальних екологічних проблем: збереження біорізноманіття, запобігання змінам клімату, покращення комфортності лісів для рекреаційних цілей.

Встановлено деякі позитивні екологічні наслідки всихання ялиників Українських Карпат. Так, динаміка фіторізноманіття під час всихання ялиників здебільшого (у 91% випадків) спрямована на збільшення кількості видів рослин. За типами лісу це збільшення становить в межах 57-80%. Зміни у фіторізноманітті залежать від інтенсивності всихання ялиників. Запас депонованого вуглецю в ялиниках, що всихають, переважно (у 55% випадків) виявляє тенденцію до збільшення. За типами лісу зміни запасів вуглецю змінюються від -11 до 3% залежно від інтенсивності проведених санітарних рубок. Негативними наслідками всихання ялиників регіону є погіршення їх киснепродуційних функцій на переважній кількості (у 91% випадків) дослідних об'єктів. За типами лісу зменшення об'ємів кисню, які продукують ялиники, становить від 4 до 10%. Величина цього зменшення залежить від участі у складі лісостанів деревних рослин, які продукують кисень, обсяги якого змінюються внаслідок їхнього всихання або зрубування.

Екологічні наслідки всихання ялиників оцінено також за групами віку насаджень і за стадіями всихання.

**Ключові слова:** ялина європейська; типи деревостанів; групи віку; стадії всихання; фіторізноманіття; депонування вуглецю; продукування кисню.

**Вступ.** Постійні антропогенні викиди парникових газів та відсутність міжнародного консенсусу щодо пом'якшення наслідків змін клімату свідчать про важливість запобігання цим змінам. Заходи з адаптації лісового господарства до змін клімату мають значну тривалість, але також і найвищу ефективність порівняно з іншими галузями національного господарства. Відомо, що в процесі фотосинтезу і транспірації ліси поглинають велику кількість сонячної енергії, що істотно впливає на формування мікроклімату. У ширшому розумін-

ні ліси протидіють регіональним, континентальним і глобальним змінам клімату (Kirschbaum, 2004, Heerwaarden & Teuling, 2014, Schlesinger & Jasechko, 2014, Noormets et al., 2015). Тому підтримання лісового середовища має вирішальне значення для зменшення уразливості лісових екосистем і покращення виконання ними екологічних функцій.

Масове всихання ялиників Карпат за останнє десятиріччя (Mauer & Palátová, 2010, Debryniuk, 2011, 2014, Janda et al., 2014, FAO, 2016, Shparyk, 2017) має різні за величиною та за напрямом

<sup>1</sup> Шпарик Юрій Степанович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва імені П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. Тел.: 0342-53-02-36, +38-050-188-02-61. E-mail: [yuriy.shparyk@gmail.com](mailto:yuriy.shparyk@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

екологічні наслідки: зміна біорізноманіття лісів (Humphrey et al., 2003, Feltona et al., 2010, Mönkkönen et al., 2011); зменшення обсягів депонованого вуглецю (Dunn et al., 2006, Grünwald & Bernhofer, 2007, Kurz et al., 2008, Diocion et al., 2009, Šebeň et al., 2015); погіршення киснепродукційної функції лісів (Bergha et al., 1998, Langendörfer et al., 2002, Dunn et al., 2006, Fenton et al., 2009).

За останнє десятиліття стан деревостанів ялини європейської в Українських Карпатах різко погіршився в більшості типів лісу. За роками площа осередків всихання становила від 20 до 50 тис. га, а запаси сухоостою – від 3 до 12 млн м<sup>3</sup>. Масове всихання ялиників відбувається в різних типах лісу і категоріях лісів, незалежно від способів господарювання. Встановлено також наявність успішного природного поновлення під наметом більшості всихаючих ялиників, хоча в ньому і не завжди переважає підріст *Picea abies* [L.] Karst., частіше – *Fagus sylvatica* L. та *Abies alba* Mill. (Mauer & Palátová, 2010, Shparyk et al., 2013, 2014, Shparyk, 2017), а також піонерні види дерев, насамперед – *Sorbus aucuparia* L., що збагачує фіторізноманіття та підвищує стійкість фітоценозу (Šebeň et al., 2015).

За відсутності природного поновлення на місці загиблих ялиників створюють лісові культури переважно за участю іншої головної породи. Тобто у лісівничому аспекті наслідком всихання ялиників регіону є масова зміна головної породи – ялини на бук або ялицю, але не втрата вкритих лісовою рослинністю ділянок. Однак екологічні наслідки розладнання лісових екосистем ялиників регіону оцінено на теоретичному рівні без достатнього емпіричного обґрунтування (Shparyk et al., 2013, 2014, 2017). У цій роботі зроблено спробу розрахувати величину та напрями цих змін за даними повторних обстежень стаціонарних дослідних об'єктів.

**Об'єкти та методика досліджень.** Об'єкт дослідження – ялинові ліси, які всихають, в основних типах лісу Українських Карпат. Предмет дослідження – зміни в біорізноманітті, запасах депонованого вуглецю та обсягах продукування кисню в ялиниках регіону, які всихають. Мета дослідження – оцінити величину та напрями змін виконання екологічних функцій ялиників, що всихають в умовах вологого кедрово-смерекового субору, вологої чистої сушмеречини, вологої буково-ялицевої сушмеречини, вологої буково-смерекової суяличини та вологої буково-смерекової яличини. У загальній площі ялиників регіону частка цих типів лісу становить понад 70%. Розрахунок екологічних наслідків всихання ялиників здійснено за результатами дослідження на 21-му постійному дослідному об'єкті (ПДО), які було закладено в 2010 р. і повторно обстежено в 2013-2014 роках (рис. 1).

Об'єкти досліджень підібрані за пропозиціями практиків-лісівників на найхарактерніших для їхніх підприємств лісових ділянках. Дослідні всихаючі ялиники помітно відрізняються за типами лісу, лісівничо-таксаційними показниками, віком, часткою сухоостою у загальному запасі деревини. У

породному складі всіх ПДО домінує ялина (табл. 1). Лісівничий аналіз деревостанів на ПДО наведено у попередніх публікаціях (Shparyk, 2014, Shparyk, 2017). Усі закладені дослідні об'єкти є типовими для конкретних підприємств.

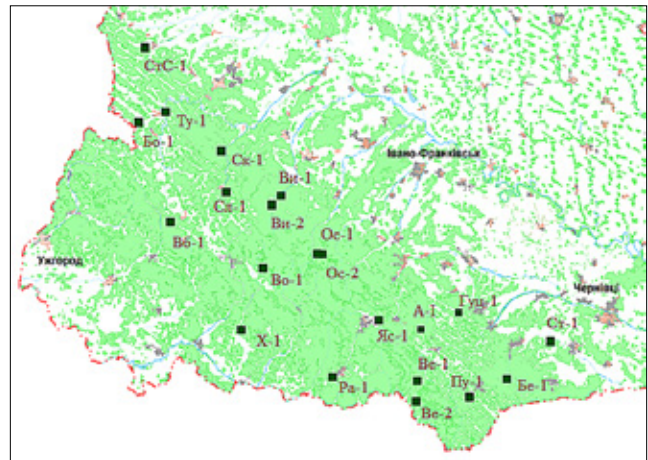


Рис. 1. Розташування постійних дослідних об'єктів (ПДО) у регіоні Українських Карпат

Розрахунок екологічних наслідків всихання ялиників Українських Карпат здійснено на прикладі найважливіших екологічних функцій лісів: збереження фіторізноманіття за кількістю видів рослин; запобігання змінам клімату за запасами депонованого в лісових екосистемах вуглецю; підвищення комфортності лісів для рекреації за об'ємом кисню, який виділяється лісом.

Дослідження проводили методом детального аналізу кожного дерева на ПДО за такими показниками: деревний вид, санітарний стан, діаметр на висоті 1,3 м у двох напрямках з точністю вимірювання до 1 мм, клас IUFRO за ярусом, життєвість, положення, функція, товарність і довжина крони, стадії розкладання мертвої деревини (сухоостою). Для розрахунку запасів деревини встановлювали висоту модельних дерев, висоту початку крони, діаметр стовбура на висоті 7 м. Мертву лежачу деревину оцінювали за деревним видом, діаметром на середині стовбура (або відрізка стовбура), довжиною стовбура та стадією розкладання. Підріст досліджували на кругових площадках площею 20 м<sup>2</sup> кожна з розрахунку не менше 10% площі ПДО за породами та висотними групами (10-30, 31-50, 51-70, 71-90, 91-130, 131 см і вищий). Опис трав'яного вкриття здійснювали на цих же кругових площадках з визначенням частки видів за проективним вкриттям. При цьому кількість видів рослин підраховували за ярусами для розуміння їхньої кількісної динаміки, але один і той самий вид у різних ярусах рахували як один вид загалом для коректного оцінювання фіторізноманіття. Навколо кожного ПДО ще відбирали висічки (12-24 шт.) для проведення дендрохронологічного аналізу з таких за показниками дерев, які представлені на ПДО (Shparyk, 2016).

Депонований в ялиниках вуглець оцінювали конверсійно-об'ємним методом, який ґрунтується



на конверсійних коефіцієнтах, що представляють собою відношення фітомаси окремих фракцій до запасу деревини на ПДО. Конверсійні коефіцієнти визначено для груп віку і бонітетів окремих порід: ялини і сосни – 0,49, ялиці – 0,48, листяних видів – 0,47, чагарників і підросту всіх порід – 0,48, трав – 0,50. Враховували також вологість живої деревини. У ялини і сосни вона становить 70, у ялиці і берези – 80, у бука і дуба – 65, у кленів – 50, у чагарників – 60 і у трав – 90% (Lakyda, 1998, Vajdanych et al., 2000).

Методика розрахунку об'ємів кисню, який виділяє ліс у процесі фотосинтезу, базується на відомому балансі речовин та енергії в процесі фотосинтезу. Маса виділеного лісом кисню і поглиненого вуглекислого газу залежить від початкового і кінцевого станів дерев. У фізичній хімії це закон

Гесса: «Енергетичний ефект хімічних перетворень залежить тільки від початкового і кінцевого станів системи, але не залежить від шляху, по якому реакції протікають». Це означає, що маса кисню, яку виділяє дерево, репрезентує його щорічний приріст фітомаси, а загальна маса виділеного кисню за весь період росту дерев визначається запасом органічної маси лісової екосистеми. У роботі використано такі коефіцієнти для переведення приросту фітомаси в об'єм кисню, виділеного різними породами (з розмірністю – кілограм виділеного кисню на кілограм приросту), які становлять для сосни – 1,398, ялини – 1,413, берези – 1,393, бука – 1,428 і дуба – 1,426. Ці коефіцієнти були інтерпольовані для інших порід на всіх ПДО залежно від щільності їхньої деревини (Belov, 1983, Lakyda & Blyshchuk, 2014).

Таблиця 1

**Основні лісівничо-таксаційні показники деревостанів на ПДО**

| ПДО   | Індекс типу лісу        | Склад деревостану               | К-ть ярусів, шт. | Вік, років | Повнота | Бонітет        | Запас стовбурової деревини             |                    |
|-------|-------------------------|---------------------------------|------------------|------------|---------|----------------|--|--------------------|
|       |                         |                                 |                  |            |         |                | на час дослідження, м <sup>3</sup> /га | в т.ч. сухостою, % |
| Ос-2  | V <sub>3</sub> -кСм     | 9Ял1Ске + Яц                    | 3                | 121        | 0,50    | II             | 528,3                                  | 30,1               |
| Х-1   | C <sub>3</sub> -Бк      | 9Ял1Сз                          | 1                | 53         | 0,40    | I <sup>b</sup> | 272,8                                  | 0,0                |
| Ве-2  | C <sub>3</sub> -См      | 10Ял                            | 3                | 131        | 0,88    | II             | 668,7                                  | 8,5                |
| Гуц-1 | C <sub>3</sub> -См      | 10Ял                            | 2                | 153        | 0,92    | II             | 685,5                                  | 7,6                |
| Ра-1  | C <sub>3</sub> -См      | 10Ял + Бк                       | 3                | 202        | 0,47    | II             | 454,0                                  | 23,8               |
| А-1   | C <sub>3</sub> -См      | 10Ял + Гор                      | 3                | 220        | 0,94    | II             | 700,3                                  | 1,9                |
| Ос-1  | C <sub>3</sub> -бкСм    | 10Ял + Ске                      | 3                | 131        | 0,65    | III            | 380,2                                  | 4,1                |
| Ви-2  | C <sub>3</sub> -бк-яцСм | 10Ял + Яв                       | 2                | 78         | 0,79    | I              | 760,3                                  | 6,9                |
| Яс-1  | C <sub>3</sub> -бк-яцСм | 10Ял                            | 2                | 101        | 0,98    | I              | 861,5                                  | 10,7               |
| Ви-1  | C <sub>3</sub> -бк-яцСм | 5Ял4Яц1Яв + Б                   | 3                | 115        | 1,10    | II             | 791,6                                  | 18,6               |
| Ве-1  | C <sub>3</sub> -бк-яцСм | 6Ял2Яц2Бк + Яв                  | 3                | 165        | 0,90    | II             | 778,6                                  | 37,1               |
| СтС-1 | C <sub>3</sub> -бкЯц    | 6Ял2Яц1Бк1Сз + Яв, Яс, Гор      | 3                | 73         | 1,02    | II             | 533,0                                  | 6,7                |
| Ту-1  | C <sub>3</sub> -бк-смЯц | 10Ял                            | 2                | 43         | 0,44    | I              | 166,1                                  | 2,0                |
| Бе-1  | C <sub>3</sub> -бк-смЯц | 10Ял                            | 3                | 51         | 0,74    | I <sup>a</sup> | 469,5                                  | 1,4                |
| Пу-1  | C <sub>3</sub> -бк-смЯц | 10Ял + Бк, Яц                   | 3                | 83         | 0,69    | I              | 597,8                                  | 2,1                |
| Во-1  | D <sub>3</sub> -яцБк    | 9Ял1Яц + Яв,Вз, Бк              | 2                | 67         | 0,85    | I <sup>b</sup> | 763,0                                  | 11,1               |
| Бо-2  | D <sub>3</sub> -бк-яцСм | 5Ял5Яц + Ос                     | 1                | 28         | 1,18    | II             | 187,7                                  | 2,2                |
| Ст-1  | D <sub>3</sub> -бк-смЯц | 10Ял + Бк, Яц, Б, Г, Дз, Лп, Яв | 3                | 46         | 0,84    | I              | 394,9                                  | 16,6               |
| Вб-1  | D <sub>3</sub> -бк-смЯц | 9Ял1Яц + Яв,Бк                  | 3                | 55         | 0,69    | I <sup>a</sup> | 510,0                                  | 14,6               |
| Сл-1  | D <sub>3</sub> -бк-смЯц | 10Ял + Бк, Яв                   | 3                | 61         | 0,90    | I              | 530,4                                  | 4,7                |
| Ск-1  | D <sub>3</sub> -бк-смЯц | 9Ял1Бк                          | 3                | 114        | 0,95    | I              | 726,0                                  | 11,6               |

Примітка. У номері ПДО зашифровано назву підприємства

**Результати дослідження.** Попередні дослідження фіторізноманіття лісів Українських Карпат не дали змоги встановити достовірної різниці в динаміці кількості видів рослин у різних категоріях лісів, за умов належного ведення лісового госпо-

дарства. Так, на двох із чотирьох дослідних ділянок у природоохоронних лісах за період 1999-2005 рр. фіторізноманіття збільшилось, а на двох – зменшилось. Суттєві зміни (на рівні 18%) відбулися лише на одному об'єкті – в бік зменшення видового різ-



номаніття рослин. За типами лісу найстабільнішою була ситуація у вологій буково-ялицевій сушмеречині, незважаючи на відмінності у типах деревостанів та методах господарювання. Встановлено, що визначальним чинником фіторізноманіття є морфологічні показники деревостанів (повнота, зімкненість крон, ярусність), а не типи лісу чи категорії лісів (Shparyk, 2014, 2016).

Аналіз видового різноманіття всихаючих ялиників свідчить про значну його мінливість у різних типах лісу. Так, середня кількість видів рослин змінюється від 8 (волога буково-смерекова суяличина) до 18 (волога буково-смерекова яличина). Варіювання цього показника змінюється від 12 (волога буково-смерекова суяличина) до 37 % (волога чиста сушмеречина) (рис. 2).

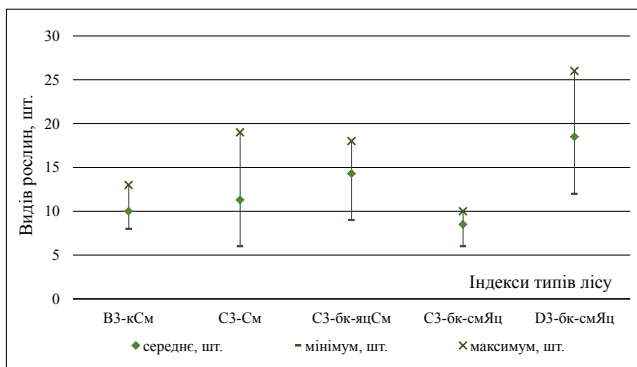


Рис. 2. Фіторізноманіття ялиників Українських Карпат

Дослідження динаміки кількості видів у ялиниках упродовж 2010-2014 рр. показало, що в межах одного типу лісу варіабельність становила 8-150%, а в межах різних типів лісу – 57-80 %.

Результати статистичного аналізу свідчать про відсутність чітких залежностей між змінами у фіторізноманітті і таксаційними показниками ялиників. Найбільші з них досягають помірного зворотного кореляційного зв'язку між динамікою кількості видів у деревостанах та їхнім віком ( $r = -0,302$ ) та слабкого – з часткою ялини в їхньому породному складі ( $r = -0,278$ ). На 91% дослідних ділянок всихаючих ялинових деревостанів встановлено збільшення кількості видів (табл. 2). Простежується загальна тенденція до зменшення зміни фіторізноманіття в середньовікових (23,5%) всихаючих ялиниках і збільшення у пристиглих (85,0%) та зменшення у стиглих і перестійних – до 42-47%. Це пояснюють максимальним зменшенням повноти деревостанів саме у пристиглих ялиниках. Аналогічні закономірності у формуванні фіторізноманіття всихаючих ялиників встановлено в межах типів лісу, за винятком вологій буково-смерекової яличини, де зменшення кількості видів зафіксовано вже у пристиглих деревостанах.

Також встановлено чіткі закономірності зміни фіторізноманіття у всихаючих ялиниках, які пов'язані зі стадіями всихання. Найменше його зниження (на 33%) встановлено на стадії стабілізації процесів всихання, а найбільше (на 62%) – на по-

чатковій стадії (див. табл. 2). Таку закономірність можна пояснити максимальним зменшенням повноти деревостанів ялини саме на стадії початкового всихання. Аналогічні закономірності зміни у фіторізноманітті на різних стадіях всихання ялиників встановлено і в межах типів лісу. Проте в умовах вологій буково-ялицевій сушмеречини існує практично зворотна тенденція, де зміни у фіторізноманітті є мінімальними на стадії прогресуючого всихання, а максимальними – на стадії стабілізації всихання. Такий стан є наслідком завершення переформування похідних ялиників із низьким фіторізноманіттям на корінні мішані ялиники з високим фіторізноманіттям саме на стадії стабілізації.

Вплив всихання ялини проявляється також на формуванні запасу депонованого вуглецю в дослідних лісостанах. За середнього запасу вуглецю 85,5 т/га, коливання цього показника у дослідних всихаючих ялиниках становить від 62,3 (волога буково-смерекова суяличина) до 123,7 т/га (волога буково-ялицева сушмеречина) за мінливості показника 36,6% (рис. 3). Визначальним показником для обсягів депоновання вуглецю лісостанами є запас деревини, де його частка в середньому сягає 83%, зокрема на першій ярус припадає 71, на другий – 11 і на третій – 1%. Частка сухоостою в запасі депонованого вуглецю в середньому становить 10,6, мертвої лежачої деревини – 5,5, трави – 0,5, підросу – 0,3 і підліску – 0,1%.

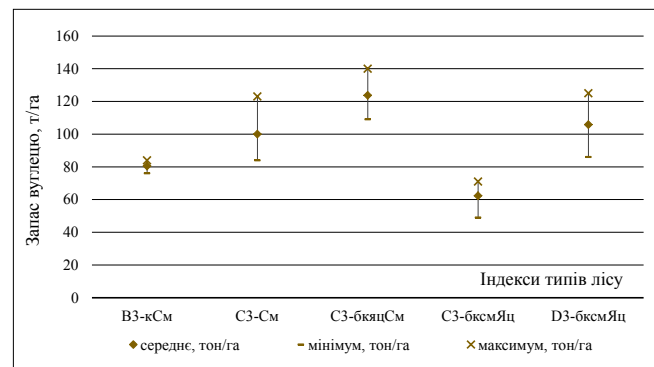


Рис. 3. Запас депонованого вуглецю в ялиниках Українських Карпат

Запас вуглецю в дослідних ялиниках значною мірою корелює з віком деревостанів і меншою мірою визначається типом лісорослинних умов та головною породою. Коефіцієнт кореляції між віком всихаючих ялиників і запасом вуглецю виявився прямим і помірним ( $r = 0,38$ ).

Динаміка запасу депонованого вуглецю у всихаючих ялиниках має тенденцію до збільшення з віком деревостанів, що зумовлено збільшенням обсягів мертвої деревини та кількості підросу. У різних груп ці зміни змінюються від -5,4 до 3,0%, а їх тенденція полягає у збільшенні від мінімальних значень запасу вуглецю у середньовікових, до максимальних – у пристигаючих ялиниках та подальшому поступовому його зменшенні у стиглих і перестиглих лісостанах (табл. 3).

Таблиця 2

**Зміни фіторізноманіття всихаючих ялиників різних типів лісу, груп віку і стадій всихання, %**

| Показник        | Індекс типу лісу        |                         |                     |                         |                    | Середнє     |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-------------|
|                 | C <sub>3</sub> -бк-смЯц | D <sub>3</sub> -бк-смЯц | B <sub>3</sub> -кСм | C <sub>3</sub> -бк-яцСм | C <sub>3</sub> -См |             |
| Група віку      |                         |                         |                     |                         |                    |             |
| Середньовікові  | –                       | 23,5                    | –                   | –                       | –                  | 23,5        |
| Пристигли       | 150,0                   | 20,0                    | –                   | –                       | –                  | 85,0        |
| Стигли          | 54,5                    | –                       | –                   | 58,3                    | 26,7               | 46,5        |
| Перестиглі      | –                       | –                       | 80,0                | 56,7                    | 8,3                | 42,0        |
| Стадія всихання |                         |                         |                     |                         |                    |             |
| Початкова       | 102,3                   | 20,0                    | –                   | 58,3                    | 25,0               | 61,6        |
| Прогресуюча     | –                       | 23,5                    | 80,0                | 33,3                    | –                  | 45,6        |
| Стабілізації    | –                       | –                       | –                   | 80,0                    | 9,2                | 32,8        |
| <b>Середнє:</b> | <b>102,3</b>            | <b>21,8</b>             | <b>80,0</b>         | <b>57,2</b>             | <b>14,4</b>        | <b>49,4</b> |

Таблиця 3

**Зміна запасу депонованого вуглецю у всихаючих ялиників, %**

| Показник        | Індекс типу лісу        |                         |                     |                         |                    | Середнє      |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------|
|                 | C <sub>3</sub> -бк-смЯц | D <sub>3</sub> -бк-смЯц | B <sub>3</sub> -кСм | C <sub>3</sub> -бк-яцСм | C <sub>3</sub> -См |              |
| Група віку      |                         |                         |                     |                         |                    |              |
| Середньовікові  | –                       | 0,50                    | –                   | –                       | –                  | 0,50         |
| Пристигли       | 4,28                    | 1,75                    | –                   | –                       | –                  | 3,02         |
| Стигли          | 1,23                    | –                       | –                   | -5,18                   | -0,66              | -1,54        |
| Перестиглі      | –                       | –                       | 1,27                | -13,81                  | -0,23              | -5,36        |
| Стадія всихання |                         |                         |                     |                         |                    |              |
| Початкова       | 2,75                    | 1,75                    | -                   | -5,18                   | -1,01              | 0,21         |
| Прогресуюча     | –                       | 0,50                    | 1,27                | -20,36                  | –                  | -6,19        |
| Стабілізації    | –                       | –                       | –                   | -7,25                   | -0,06              | -2,45        |
| <b>Середнє:</b> | <b>2,75</b>             | <b>1,13</b>             | <b>1,27</b>         | <b>-10,93</b>           | <b>-0,38</b>       | <b>-2,26</b> |

У середньовікових і пристиглих ялиниках втрачають запасу деревини від всихання та гниття перебиваються поточним її приростом і в пристиглих ялиниках цей тренд досягає максимуму через обмеження рубок догляду. У стиглих і перестиглих ялиниках приріст деревини зменшується, а інтенсивність всихання дерев зростає, а тому збільшення запасів вуглецю не відбувається. Аналогічні тенденції зміни відносних обсягів депонованого вуглецю у всихаючих ялиниках проявляються в різних типах лісу, за винятком вологої чистої сушмеречини та вологого кедрово-смерекового субору.

Зміни запасу депонованого вуглецю в ялиниках різних стадій всихання становлять від 0,2 до -6,2%. На початковій стадії всихання встановлено збільшення запасу депонованого вуглецю, а на стадіях прогресуючого всихання і стабілізації всихання зареєстровано його втрати. Це зумовлено найбільшими втратами запасу ялини саме на стадії прогресуючого всихання, коли її деревина вилучається з деревостанів у процесі санітарних рубок. Значні втрати деревини внаслідок всихання ялини тривають також і на стадії стабілізації всихання та після її завершення.

Аналіз киснепродуктивності лісових екосистем на ПДО свідчить про значну мінливість сумарних обсягів продукування кисню ялиниками за весь період росту (рис. 4).

За середньої киснепродуктивності на рівні 340,2 т/га, її значення у всихаючих ялиниках становлять від 239 (вологий кедрово-смерековий субір) до 425 т/га (волога буково-ялицева сушмеречина) (див. рис. 4). Мінливість кисневої продуктивності становила 35,6%. Визначальним для обсягів продукування кисню ялиниками за весь період росту є запас деревини, де його частка в середньому сягає 99%, зокрема на перший ярус припадає 84, на другий – 14 і на третій – лише 1%. При цьому, внесок підросту у киснепродуктивність у середньому становить 0,6, трав – 0,4 і підліску – 0,3%. Обсяг продукування кисню в ялиниках слабо залежить від типу лісу.

Встановлено слабкий вплив на кисневу продуктивність основних лісівничо-таксаційних показників деревостанів (віку, типу лісу, типотвірної породи). Для ялинових типів лісу обсяги продукування кисню становили від 120,6 до 491,5, а для ялицевих – від 110,6 до 531,7 т/га.

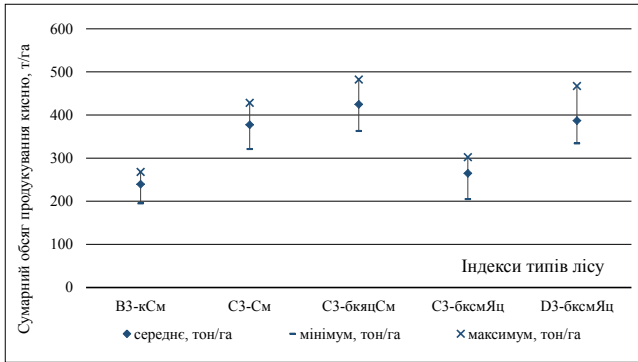


Рис. 4. Сумарний обсяг продукування кисню в ялинниках Українських Карпат

Аналіз змін продукування кисню всихаючими ялинниками в період між інвентаризаціями підтвердив значні їхні коливання. Так, у 91% ялинових деревостанів встановлено зниження кисневої продуктивності до 24,6% і тільки у 9% – зростання до 7,5% (табл. 4). Такі зміни зумовлені зменшенням унаслідок всихання кількості живих дерев ялини, які в процесі життєдіяльності виділяють кисень. Зі збільшенням віку ялинових деревостанів втрати обсягів продукування кисню зростають. З'ясовано, що в середньовікових і пристиглих деревостанах зниження виділення обсягів кисню становить 6,2-7,0%, а в стиглих і перестиглих – 8,1-9,2% (табл. 4). Це зумовлено тим, що в середньовікових і пристиглих ялинниках втрати запасу деревини від всихання повністю переक्रиваються поточним приростом

деревини. Зі збільшенням віку прирости деревини зменшуються, а інтенсивність всихання ялини зростає, а тому збільшення киснепродуктивності у стиглих ялинниках не відбувається.

Зменшення обсягів продукування кисню всихаючими ялинниками на різних стадіях всихання становить від 0,08 до 11,92%. На початковій стадії всихання встановлено зменшення об'єму продукування кисню на рівні 10%, а на стадії прогресуючого всихання – на 12%. Водночас на стадії стабілізації всихання ці втрати стають мінімальними (див. табл. 4). Це пов'язано з максимальними втратами органічної маси деревостанів саме на стадіях початкового та прогресуючого всихання. На стадії стабілізації всихання деревостани вже розладнані і до продукування кисню долучається підріст тих деревних видів, які виростили на місцях сухоюстою ялини. У межах типів лісу найменші втрати кисню (4,19%) встановлено в умовах вологого кедрово-смерекового субору. В умовах вологої буково-ялищевої сушмеречини, вологої чистої сушмеречини і вологої буково-смерекової яличини вони зросли до 8,04-9,64%. У переважній кількості типів лісу найбільші втрати кисню визначені на початковій стадії всихання деревостанів і тільки в умовах вологої буково-ялищевої сушмеречини – на прогресуючій стадії. На нашу думку, така ситуація є наслідком більш інтенсивної втрати органічної маси у процесі всихання ялини, тоді як інші лісотвірні породи (бук і ялиця) мають значно вищу біотичну стійкість у цьому типі лісу.

Таблиця 4

**Зміни об'ємів продукування кисню всихаючими ялинниками, %**

| Показник                | Індекс типу лісу, %     |                         |                     |                         |                    | Середнє      |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|--------------|
|                         | С <sub>3</sub> -бк-смЯц | D <sub>3</sub> -бк-смЯц | В <sub>3</sub> -кСм | С <sub>3</sub> -бк-яцСм | С <sub>3</sub> -См |              |
| Група віку деревостанів |                         |                         |                     |                         |                    |              |
| Середньовіковий         | -                       | -6,98                   | -                   | -                       | -                  | -6,98        |
| Пристиглий              | -2,42                   | -9,99                   | -                   | -                       | -                  | -6,21        |
| Стиглий                 | -10,90                  | -                       | -                   | -11,85                  | -4,70              | -9,15        |
| Перестиглий             | -                       | -                       | -4,19               | -8,53                   | -9,71              | -8,13        |
| Стадія всихання         |                         |                         |                     |                         |                    |              |
| Початкова               | -6,66                   | -9,99                   | -                   | -11,85                  | -16,34             | -10,30       |
| Прогресуюча             | -                       | -6,98                   | -4,19               | -24,59                  | -                  | -11,92       |
| Стабілізації            | -                       | -                       | -                   | 7,53                    | -3,89              | -0,08        |
| <b>Середнє:</b>         | <b>-6,66</b>            | <b>-8,49</b>            | <b>-4,19</b>        | <b>-9,64</b>            | <b>-8,04</b>       | <b>-7,96</b> |

**Висновки.** Динаміка фіторізноманіття у переважній кількості (91%) всихаючих ялинників спрямована на збільшення кількості видів рослин у лісостанах і є позитивною тенденцією. У межах типів лісу збільшення фіторізноманіття ялинників становить переважно від 57 до 80%. За групами віку найменші зміни фіторізноманіття виявлено у середньовікових деревостанах, а найбільші (80%) – у пристиглих. Встановлено достовір-

ну тенденцію до зменшення інтенсивності зміни кількості видів від стадії початкового всихання до стадії стабілізації всихання. Домінуючим чинником для детермінації динаміки фіторізноманіття є повнота деревостанів, яку визначає інтенсивність процесів всихання.

Встановлено зростання запасів депонованого вуглецю в 55% всихаючих ялинників, яке детермінується кількістю та інтенсивністю санітарних

рубок. Ця тенденція зумовлена зростанням обсягів ще не розкладеної мертвої деревини та кількістю підросту під наметом деревостанів. Найбільші зміни у запасі вуглецю встановлено в умовах вологості буково-смерекової суяличини і вологості буково-ялицевої сусмеречини. За групами віку зміни запасу вуглецю мають тренд до збільшення від мінімуму у середньовікових до максимуму – у пристиглих ялинниках. За стадіями всихання динаміка депоновання вуглецю характеризується максимумом на початковій стадії і мінімумом на стадії прогресуючого всихання та середніми значеннями – на стадії стабілізації всихання.

У 91% ялинників встановлено зниження інтенсивності виділення кисню внаслідок зменшення кількості дерев, які продукують кисень. Встановлено збільшення втрат обсягів продукування кисню від середньовікових та пристиглих до стиглих ялинників. Зменшення обсягів продукування кисню ялинниками за стадіями всихання становлять від 0,08 до -11,92%. Найбільшими вони виявились на початковій стадії всихання (10%) і стадії прогресуючого всихання (12%).

Екологічні наслідки всихання ялинників Українських Карпат можуть бути як позитивними (збільшення фіторізноманіття, поступове формування стійких мішаних деревостанів на місці похідних, за відсутності санітарних рубок – збільшення запасів депонованого вуглецю), так і негативними (зменшення запасів депонованого вуглецю у разі здійснення санітарних рубок, зменшення обсягів продукування кисню).

#### Бібліографічні посилання

- Belov, S. V. (1983). *Forestry*. Moscow: Forest industry (in Russian).
- Bergha, J., McMurtrieb, R. E., & Linder, S. (1998). Climatic factors controlling the productivity of Norway spruce: A model-based analysis. *Forest Ecology and Management*, 110 (1-3), 127-139. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00280-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00280-1)
- Debryniuk, Iu. M. (2011). Dieback of the spruce forests: causes and consequences. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 21.16, 32-38 (in Ukrainian).
- Debryniuk, Iu. M. (2014). Formative variety and Life condition of *Picea abies* [L.] Karst. in the Western Forest-steppe of Ukraine. *Journal of Agrobiological and Ecology*, 4 (1), 97-102 (in Ukrainian).
- Diochon, A., Kellman, L., & Beltrami H. (2009). Looking deeper: An investigation of soil carbon losses following harvesting from a managed northeastern red spruce (*Picea rubens* Sarg.) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management*, 257 (2), 413-420. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.09.015>
- Dunn, A. L., Barford, C. C., Wofsy, S. C., Goulden, M. L., & Daube, B. C. (2006). A long-term record of carbon exchange in a boreal black spruce forest: means, responses to interannual variability, and decadal trends. *Global Change Biology*, 13 (3), 577-590. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2486.2006.01221.x/full>
- FAO (2016). *Global forest resources assessment 2015. How are the world's forests changing? Second edition*. Rome, FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4793e.pdf>.
- Feltona, A., Lindbladha, M., Bruneta, J., & Fritz, Ö. (2010). Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 260 (6), 939-947. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.011>
- Fenton, N. J., Simard, M., & Bergeron, Y. (2009). Emulating natural disturbances: the role of silviculture in creating even-aged and complex structures in the black spruce boreal forest of eastern North America. *Journal of Forest Research*, 14 (5), 258-267. <https://doi.org/10.1007/s10310-009-0134-8>
- Grünwald, T., & Bernhofer, C. (2007). A decade of carbon, water and energy flux measurements of an old spruce forest at the Anchor Station Tharandt. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0889.2007.00259.x/full>
- Heerwaarden, C. C., & Teuling, A. J. (2014). Disentangling the response of forest and grassland energy exchange to heatwaves under idealized land-atmosphere coupling. *Biogeosciences*, 11, 6159-6171. <https://doi.org/10.5194/bg-11-6159-2014>
- Humphrey, J., Ferris, R., Jukes, M., & Peace A. (2003). Biodiversity in Planted Forests. Retrieved from <https://www.forestry.gov.uk/pdf/frbiodiversityplantedforests0001.pdf>
- Janda, P., Svoboda, M., Bače, R., Čada, V., Lynn, J., & Peck, E. (2014). Three hundred years of spatio-temporal development in a primary mountain Norway spruce stand in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management*, 330, 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.041>
- Kirschbaum, M. U. F. (2004). Direct and indirect climate change effects on photosynthesis and transpiration. *Plant Biology*, 6, 242-253. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820883>
- Kurz, W. A., Dymond, C. C., Stinson, G., Rampley, G. J., Neilson, E. T., Carroll, A. L., ... Safranyik, L. (2008). Mountain pine beetle and forest carbon feedback to climate change. *Nature*, 452, 987-990. <https://doi.org/10.1038/nature06777>
- Lakyda, P. I. (1998). Methodological aspects of the annual carbon stock estimation in the forest stands. *Scientific bulletin of the NAU:Forestry*, 8, 221-227 (in Ukrainian).
- Lakyda, P. I., & Blyshchik, V. I. (2014). Forecast of carbon stock and oxygen production of alder forest in Ukrainian Polissya. *Bioresources and nature management*, 6 (1-2), 91-98 (in Ukrainian).
- Langendörfer, U., Cuntz, M., Ciais, P., Peylin, P., Bariac, T., Milyukova, I., ... Naegler, T. (2002). Modelling of biospheric CO<sub>2</sub> gross fluxes via

oxygen isotopes in a spruce forest canopy: a  $^{222}\text{Rn}$  calibrated box model approach. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1034/j.1600-0889.2002.01345.x/full>

- Mauer, O., & Palátová, E. (2010). Decline of Norway spruce in the Krkonoše Mts. *Journal of Forest Science*, 56, 361-372. <https://doi.org/10.17221/95/2009-JFS>
- Mönkkönen, M., Reunanen, P., Kotiaho, J. S., Juutinen, A., Tikkanen, O.-P., & Kouki, J. (2011). Cost-effective strategies to conserve boreal forest biodiversity and long-term landscape-level maintenance of habitats. *European Journal of Forest Research*, 130 (5), 717-726. <https://doi.org/10.1007/s10342-010-0461-5>
- Noormets, A., Epron, D., Domec, J. C., McNulty, S. G., Fox, T., Sun, G., & King, J. S. (2015). Effects of forest management on productivity and carbon sequestration: A review and hypothesis. *Forest Ecology and Management*, 355, 124-140. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.05.019>
- Schlesinger, W. H., & Jasechko, S. (2014). Transpiration in the global water cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 189-190, 115-117. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.01.011>
- Šebeň, V., Konôpka, B., Bošľaľ, M., & Pajčík, J. (2015). Contrasting development of declining and living larch-spruce stands after a disturbance event: a case study from the High Tatra Mts. *Lesnický Casopis – Forestry Journal*, 61, 157-166. <https://doi.org/10.1515/forj-2015-0024>
- Shparyk, Y. S. (2014). Form diversity and health conditions of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the main forest types of the Ukrainian Carpathians. *Forestry & Agroforestmelioration*, 125, 87-96 (in Ukrainian).
- Shparyk, Y. S. (2016). *Sustainable forest management (on the example of the Ukrainian Carpathians)*. Ivano-Fankivsk: Printing area (in Ukrainian).
- Shparyk, Y. S. (2017). Economic results of spruce forests' decline in the Ukrainian Carpathians. *Scientific works of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences*, 15, 129-139. <https://doi.org/10.15421/411717> (in Ukrainian).
- Shparyk, Y. S., Parpan, T. V., Slobodyan, P. Y., Savchyn, T. I., & Bunij, V. Y. (2013). Spruce forest decline on the north-eastern megaslope of the Ukrainian Carpathians. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 23.5, 141-147 (in Ukrainian).
- UkrRIMF (2014). *Studying of Spruce forests decline reasons in the Carpathian region for the forestry instruction preparation on the management plane for these forests and on the forestry actions for their transformation on native stands*. Final report. Ivano-Frankivsk, UkrRIMF (in Ukrainian).
- Vajdanych, T. V., Dejneka, A. M., & Myklush, S. I. (2000). Method for mass determining of photosynthetic bound atmospheric carbon dioxide and deposited carbon in the forest stands. *Patent of Ukraine*, 45794, 5 (in Ukrainian).

## Экологические последствия усыхания ельников в основных типах леса Украинских Карпат

Ю. С. Шпарык<sup>1</sup>

Стационарные исследования динамики усыхания еловых древостоев Украинских Карпат проведены на 21 пробной площади на протяжении 2010-2014 годов. Анализ результатов исследований позволил оценить экологические последствия усыхания ельников в следующих типах леса: влажная кедрово-еловая суборь, влажная чистая сурамень, влажная буково-пихтовая сурамень, влажный буково-еловый супихтач и влажный буково-еловый пихтач. Оценка экологической эффективности ельников региона проведена в контексте решения насущных экологических проблем: сохранение биоразнообразия, предупреждение изменений климата, улучшение комфортности лесов для рекреации.

Динамика фиторазнообразия усыхающих ельников в подавляющем большинстве (на 91% объектов) направлена на увеличение количества видов растений – в среднем на 49%. По типам леса это увеличение составляет от 20 до 80%. По группам возраста наименьшее увеличение имеет место в средневозрастных древостоях (23%), максимальное (86%) – в приспевающих. В спелых и перестойных усыхающих ельниках увеличение фиторазнообразия составило 42-46%. По стадиям усыхания установлена достоверная тенденция к уменьшению интенсивности возрастания количества видов от стадии начального усыхания к стадии стабилизации усыхания. Ключевым фактором для детерминации динамики фиторазнообразия является интенсивность усыхания ельников.

Динамика запаса депонированного углерода в усыхающих ельниках в большинстве (на 55% объектов) направлена на его увеличение, но среднее значение составляет -2,3%. Этот факт обусловлен ростом объемов мертвой лежащей древесины и количеством подроста на фоне уменьшения запаса древостоя. Максимальные изменения запаса углерода установлены в условиях влажного буково-елового супихтача (+3%) и влажной буково-пихтовой сурамени (-11%). По группам возраста запас углерода увеличивается в средневозрастных и приспевающих ельниках, но уменьшается – в спелых и перестойных древостоях. По стадиям усыхания изменения запаса углерода характеризуются максимумом (+0,2%) на начальной стадии, минимумом (-6,2%) – на стадии прогрессирующего и средними значениями (-2,5%) – на стадии стабилизации усыхания. Детер-

<sup>1</sup> Шпарык Юрий Степанович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник. Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства имени П. С. Пастернака, ул. Грушевского, 31, г. Ивано-Франковск, 76018, Украина. Тел.: 0342-53-02-36, +38-050-188-02-61. E-mail: yuriy.shparyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

минируется динамика запасов углерода количеством и интенсивностью санитарных рубок.

Изменения объема продуцирования кислорода ельниками в процессе усыхания в подавляющем большинстве (на 91% объектов) имеют тенденцию к уменьшению – в среднем на 8,0%. По группам возраста эти изменения имеют тенденцию к увеличению потерь объемов выработки кислорода от средневозрастных и приспевающих к спелым ельникам. Изменения объема выработки кислорода ельниками по стадиям усыхания также выровненные: на начальной стадии – уменьшение на уровне 10%; на стадии прогрессирующего усыхания – уменьшение на 12%; на стадии стабилизации усыхания – потери почти отсутствуют. Объясняется это максимальными потерями органической массы на стадиях начала и прогрессирующего усыхания.

Установлено, что экологические последствия усыхания ельников Украинских Карпат для большинства показателей – положительные (улучшение фиторазнообразия, формирование устойчивых смешанных древостоев, увеличение запасов депонированного углерода в насаждениях без проведения санитарных рубок), но по отдельным показателям – отрицательные (уменьшение запасов депонированного углерода при проведении санитарных рубок, ухудшение эффективности выработки кислорода).

**Ключевые слова:** ель европейская; типы древостоев; возрастные группы; стадии усыхания; фиторазнообразие; депонирование углерода; продуцирование кислорода.

### Ecological results of Norway spruce forests' decline in main forest types of the Ukrainian Carpathians

Y. Shparyk<sup>1</sup>

Stationary studies of the decline dynamics on the 21st Norway spruce forest stands in the Ukrainian Carpathians were conducted in 2010-2014. The analysis of the research results made it possible to assess the environmental impacts of their decline for the following forest types: wet European cedar pine – Norway spruce fairly poor, wet pure Norway spruce fairly fertile, wet Common beech – Silver fir – Norway spruce fairly fertile, wet Common beech – Norway spruce – Silver fir fairly fertile and wet

Common beech – Norway spruce – Silver fir fertile. The assessment of the ecological effectiveness of the regional Norway spruce forests has been carried out in the context of solving urgent environmental problems: biodiversity conservation, climate change mitigation, and improvement of the conditions for forest recreation.

Dynamics of the plants' diversity in the spruce forests declining were mainly (on the 91% of the objects) aimed at increasing of the plant species number – in average on 49%. By age groups, the smallest increase was in pole stands (23%), the biggest (86%) – in pre-mature and 42-46% – in the mature and over mature spruce stands. By declining stages, it has established a clear tendency to reduce the intensity of the growth of species number from the stage of initial declining to the stage of declining stabilization. The declining intensity was a key for determining of the dynamics of the plants' diversity.

The dynamics of the carbon storage in the declining spruce forests were mainly (on the 55% of objects) aimed at increasing too, but the average changes is -2.3%. Maximum changes in carbon stock were set in the following conditions: wet Common beech – Norway spruce – Silver fir fairly fertile – increasing on 3%; wet Common beech – Silver fir – Norway spruce fairly fertile – decreasing on 11%. By age groups, the carbon stock increased in the middle-age and pre-mature, but decreased in the mature and over mature spruce stands. By declining stages, the carbon stock changes were characterized by maximum (+ 0.2%) at the initial stage, minimum (-6.2) – at the stage of progressive declining and average values (-2.5%) – at the stage of declining stabilization. Holding and the intensity of sanitary felling determine the dynamics of carbon stocks.

Changes in the volume of oxygen production in the declining spruce forests had the trend to decreasing on the 91% of objects – an average of 8.0%. By age group, these changes were not significant (from -6.2 to -9.2%), had trend to increasing the losses of oxygen production from middle-age, and pre-mature to mature and over mature spruce stands. By declining stages, these changes were not significant too: at the initial stage was decreasing on 10%; within progressive declining – decreasing on 12%; at the declining stabilization stage – there were practically no losses. It was explained by the maximum losses of organic matter on the initial and progressive declining stages.

It is concluded that the ecological results of the Ukrainian Carpathians spruce forests' decline for most of the indicators are positive (increase of phytodiversity, formation of stable mixed forest stands, increase of the carbon storage without sanitary cuttings), but for some indicators are negative (reduction of the carbon storage with sanitary cuttings, deterioration of oxygen production efficiency).

**Key words:** Norway Spruce; forest stand types; age groups; decline stages; phytodiversity; carbon stock; oxygen production; trends.

<sup>1</sup> *Yuriy Shparyk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Scientist of the Ukrainian Research Institute for Mountain Forestry after P.S. Pasternak, Grushevskogo str., 31, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. Tel.: 0342-53-02-36, + 38-050-188-02-61. E-mail: yuriy.shparyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>



## 7. ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ



Forestry Academy of Sciences  
of Ukraine

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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411916>  
Article received 2018.10.13  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Lyudmyla Zahvoyska  
[lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua](mailto:lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua)  
103 Gen. Chuprynky, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 338:504:16:001.18

### Епістемологічний інструментарій дослідження еколого-економічних систем

Л. Д. Загвойська<sup>1</sup>, О. Р. Пелюх<sup>2</sup>

*Проаналізовано методологічні обмеження мейнстріму економічної теорії XX ст. у сфері дослідження еколого-економічних систем (ЕЕС) у соціо-екологічному контексті антропоцену. ЕЕС розглянуто на засадах постнекласичної наукової парадигми як органічну і динамічну єдність екологічної та економічної систем, пов'язаних обміном речовини, енергії та інформації, для яких характерна сильна нелінійна взаємодія структурних елементів і колективна (виникаюча, емерджентна) поведінка. Особливу увагу зосереджено на таких особливостях досліджуваних систем, як нелінійність, стохастичність і генераційність, а також на таких особливостях прийняття рішень стосовно управління цими системами, як плюралізм вартостей (цінностей), суб'єктивність оцінок і суджень, контекстуалізм рішень, релевантність неакадемічних знань і партисипативність самого процесу прийняття рішень.*

*Обґрунтовано напрями трансформування теоретико-методичних підходів до дослідження ЕЕС у межах постнекласичної наукової парадигми для усунення методологічних некоректностей сучасної економічної науки шляхом теоретизування на засадах екологічної економіки і теорії економічної складності, обмеженої раціональності і теорії економічного оцінювання. Аргументовано застосування нових інструментів дослідження еколого-економічних систем, а саме: некусний підхід, деліберативні методи, імітаційне моделювання (агентне і системно-динамічне), методи оцінювання економічної вартості та ін.*

**Ключові слова:** еколого-економічні системи; постнекласична наукова парадигма; інструментарій дослідження; синергетичні системи; вартість послуг екосистем; імітаційне моделювання; агентне моделювання; динамічне моделювання.

<sup>1</sup> Загвойська Людмила Дмитрівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-050-371-44-29. E-mail: [lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua](mailto:lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

<sup>2</sup> Пелюх Оксана Романівна – магістр з економіки довкілля і природних ресурсів, аспірант кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-096-748-82-70; E-mail: [pelyukh.o@ukr.net](mailto:pelyukh.o@ukr.net) ORCID: 0000-0002-1889-3623

**Вступ.** Наростаюча і до певної міри вже незворотна, зміна характеру і соціально-екологічного контексту людської діяльності, зокрема – економічної, актуалізує зміну домінуючої наукової парадигми і практики природокористування, які спричинилися до виникнення нової геологічної епохи – епохи антропоцену (Crutzen & Stoermer, 2000), прикметною ознакою якої є визначальна роль діяльності людини у перебізі фундаментальних природних процесів: атмосферних, екологічних, геологічних та ін.

У суспільному дискурсі, з огляду на недостатню поінформованість громадськості, ці зміни зазвичай сприймаються як зміни якості довкілля, зокрема: незвичні погодні умови, акумулювання відходів виробництва і споживання, виснаження природних ресурсів, зниження потенціалу екологічних систем, а відповідно – втрата якості та обсягу продуктованих ними потоків екосистемних послуг, таких як їжа, вода, безпечне і привабливе середовище та ін. Усе це завдає шкоди людині, задля покращення добробуту якої, в кінцевому підсумку, розпочинається будь-яка діяльність. У науковому дискурсі ці зміни операціоналізуються через систему індикаторів, які описують планетарні межі (Steffen et al., 2015), перетин яких означає, що людство підходить до рубежу, за яким можлива вкрай швидка і незайома з попереднього досвіду зміна режиму функціонування глобальної екосистеми, яка може бути несприятливою для життєдіяльності людини як біологічної істоти.

Цей дисонанс між намірами – покращити добробут людини – та отриманими результатами – погіршення якості довкілля – визначальної складової добробуту – спонукає філософів науки до переосмислення домінуючої наукової, і, насамперед, економічної парадигми (у трактуванні цього терміна Kuhn (1962), а також її базового поняття – «ефективність економічної діяльності»), щоб унеможливити неефективні рішення.

**Об'єкти та методика досліджень.** Об'єкт дослідження – еколого-економічні системи, їх розвиток і адаптація до виникаючих умов. Ці системи на засадах різних дисциплінарних парадигм досліджують Т. А. Akimova, О. О. Veklych, І. М. Hrabynskiy, L. S. Hryniv, I. B. Dehtiarova, H. Daly, R. Costanza, O. K. Kuzmenko, K. G. Mäler, M. M. Moiseiev, I. P. Nujina, C. Folke, V. V. Haskin, L. Wainger, O. V. Yudahina та ін. Ми розглядаємо ЕЕС як органічну і динамічну єдність екологічної та економічної систем, пов'язаних обміном речовини, енергії та інформації, для яких характерна сильна нелінійна взаємодія та колективна (виникаюча, емерджентна) поведінка.

**Предмет дослідження** – теоретико-методологічні положення та науковий інструментарій дослідження ЕЕС.

**Мета дослідження** полягає у вивченні та обґрунтуванні змін у теоретико-методологічних підходах та епістемологічному інструментарії сучасної економічної науки, які забезпечують управлін-

ня еколого-економічними системами, адекватне викликам епохи антропоцену.

Методи дослідження – критичний аналіз усталених і виникаючих теоретико-методологічних підходів економічної теорії та інструментарію пізнання досліджуваних систем на засадах цих підходів.

**Результати досліджень.** На різних етапах суспільного розвитку наука відігравала різну роль і мала різні завдання: від намірів завоювання і підкорення Природи наука переходить до проблем належного врядування (Andrusevych & Golubovska-Onisimova, 2018), адаптивного управління (соціо-екологічними) системами, сприяння їхньому розвитку та ефективному пристосуванню до виникаючих умов. «Факти непевні, цінності дискутуються, ставки високі, а рішення термінові» – так Funtowicz and Ravetz (2003) описують особливості завдань, які постають перед сучасною наукою. У відповідь на ці виклики виникає нова наукова парадигма, трансформується організаційний принцип науки: від пошуку істини, а згодом – оптимуму, сучасна наука переходить до вивчення можливих шляхів вирішення проблем, залучення стейкхолдерів до пошуку консенсусу і пом'якшення конфліктів, зокрема у сфері природокористування.

У новій, синергетичній науковій парадигмі (Stepin, 2003), яка в західній науковій школі отримала назву пост-нормальної науки (*post-normal science*), механіцизм поступається процесуальності та гетерогенності, а редукціонізм – холізму. Неодмінним атрибутом постановки і вирішення проблем є плюралізм вартостей (цінностей), а звідси – суб'єктивність оцінок і суджень, на яких базується прийняття рішень, контекстуалізм рішень, релевантність неакадемічних знань і затребуваність деліберативних методів прийняття рішень (Söderbaum, 2000; Rauschmayer & Wittmer, 2006).

Ігнорування цих викликів управлінню соціальними і біофізичними системами, характерне для домінуючої наукової парадигми, вже призвело до соціо-екологічної загрози на тлі інтелектуального тріумфу (Funtowicz & Ravetz, 2003). Тож у відповідь на ці виклики пізнання та належного врядування, синергетична наукова парадигма, яка органічно пов'язує епістемологію та управління, постулює складність (*complexity*), еволюційність (*evolutionism*) і невизначеність (*uncertainty*) досліджуваних систем, відтак – плюралізм цінностей (*value loading*) і множинність правомірних перспектив і підходів (*legitimae perspectives*) до постановки та вирішення проблем. На зміну Декартівському трактуванню людини як майстра і володаря Природи, а відтак її утилітарному використанню, приходить розуміння її цінності та унікальності, а тому – обмеженості наукових знань щодо об'єктів реального світу (Daly & Farley, 2011, Funtowicz & Ravetz, 1994). Більш коректне трактування природи об'єкта дослідження, як синергетичної системи з притаманною їй багаторівневою структурою, нелінійністю і генераційністю, актуалізує пошук відповідних цим вимогам теоретико-методологічних

підходів, понятійного апарату, міждисциплінарних епістемологічних інструментів, які забезпечували б адекватну ідентифікацію і вирішення проблем.

Особливо актуальними ці виклики є для економічної науки, суб'єкти й об'єкти якої функціонують у новому соціо-екологічному контексті, який економісти-екологи назвали «наповнений світ» (*full world*, Daly & Farley, 2011), а геологи – епохою антропоцену. Звіти, підготовані під егідою ООН, зокрема «Millenium Ecosystem Assessment: Ecosystems and human well-being» (2005) та його логічне продовження – звіт «Nature's Dangerous Decline "Unprecedented"; Species Extinction Rates "Accelerating"» (2019), а також щорічні огляди ризиків *Global Risks Report*, які готує Світовий Економічний Форум, подають системні описи цих змін. Зокрема, у щойно оприлюдненому звіті *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (2019) зазначено, що для задоволення потреб людства в їжі та енергії людина з небаченою досі силою і наростаючим завзяттям руйнує свій життєвий простір, своє природне довкілля. Експоненційний характер цих змін став ще очевиднішим за останні 50 років: із 1970 р. чисельність населення світу зросла вдвічі, а глобальна економіка – вчетверо, тоді як потуга глобальної екосистеми тане на очах: з 1992 р. площа міст подвоїлась; упродовж 20 років (із 1980 до 2000 року) 100 млн га тропічних лісів було знищено; деградація ґрунтів знизила продуктивність суші на 23%; третину запасів риби у 2015 р. було отримано з невідновних джерел; кількість природних екосистем у світі знизилася в середньому на 47%, а близько 25% видів тварин і рослин сьогодні зазнають загрози зникнення.

Однак, у контексті домінуючої наукової парадигми, де науковий пошук обмежується дисциплінарними дослідженнями, втрата цієї життєдайної павутинки різних форм життя на Землі не знаходить відображення в проблематиці економічної теорії, яка є свого роду філософією господарювання. Цю проблему порушує екологічна економіка, яка формується в мейнстрімі постнекласичної, синергетичної наукової парадигми як «трансдисциплінарний науковий напрям, який інтегрує закони економіки, екології, біології, термодинаміки, етики, інших природничих та соціальних наук з метою запровадження екологічно, економічно і соціально ефективного способу господарювання» (Tunytsya, 2006, Tunytsya & Boguslaev, 2014).

Екологічна економіка розглядає економічну систему в нерозривній єдності з екологічною, оскільки екосистеми забезпечують та уможливають економічну діяльність – надають умови й ресурси для її здійснення, приймають усі її виходи. Ця взаємозалежність відображена в ієрархії аналізованих систем: економічна система є підсистемою глобальної екосистеми, що принципово важливо для розуміння парадигми екологічної економіки. Соціальна підсистема регулює взаємодію обох систем, використовуючи відповідні інститути, механізми та інструменти (Daly & Farley, 2011, Farley, Erickson,

& Daly, 2005, Zahvoyska, 2011, Mishenin & Yarova, 2014). Тому зрозуміло, що економічне зростання – фетиш економічної діяльності – об'єктивно обмежене потугою глобальної екосистеми. Саме таке трактування взаємозалежності екологічної та економічної систем дає змогу інтерналізувати екстерналиї, формувати холістичні, системні рішення проблем природокористування на засадах сталого розвитку, уникати квазі-рішень у вирішенні найважливішого питання економічної науки – розміщення ресурсів (*resource allocation*), оскільки такі рішення спричиняють втрату ресурсів обох підсистем і, лише на певний час, створюють ілюзію вирішення проблеми.

Продовжуючи огляд методологічних положень, принципово важливих для дослідження ЕЕС, згадаємо про властивість складності, притаманну обом аналізованим підсистемам. У термінах теорії економічної складності (*complexity economics*) економіку розглядають як нерівноважну систему одночасних дій із масовим паралелізмом (Arthur, 2014), для якої стан рівноваги – це лише один із множини можливих. Економічні агенти (виробники, споживачі, інвестори, кредиторі, політики) постійно змінюють свою поведінку під впливом взаємодії з іншими агентами та середовищем, які своєю чергою змінюються внаслідок діяльності цих агентів та її впливу на середовище. Тобто економіку треба розглядати як рекурсивну, стохастичну і динамічну систему агентів, інститутів та інституцій, напрацьованих ними механізмів регулювання та інновацій, які знаходяться у постійному відтворенні, адаптації та розвитку. Тому вирішення проблеми у контексті теорії економічної складності розглядають вже не як пошук оптимального рішення для системи математичних співвідношень, а як ланцюжок взаємозумовлених рекурсивних змін: трансформації наявних або формування нових агентів, шаблонів їх поведінки (*patterns*), а також самого середовища, який призводить до бажаного результату.

Постулювання економіки як нелінійної динамічної стохастичної системи, яка постійно самовідтворюється, розвивається й адаптується до виникаючих умов шляхом взаємодії економічних агентів між собою та з середовищем, створює підґрунтя для вивчення причин і механізмів виникнення, розвитку чи згасання економічних процесів, зокрема, поширення інновацій, передбачення та запобігання кризовим явищам, як наприклад, кризи банківської системи чи надмірна експлуатація природних ресурсів. Натомість стандартна економічна теорія (теорія рівноваги), за визначенням, обґрунтовує відсутність в економічних агентів стимулів відхилення від рівноважного стану, що, зрештою, робить маловажливим урахування часу в економічних процесах, а відтак – обмежує можливість передбачення їхньої динаміки. Кризові явища в економічних системах країн із перехідною економікою, фінансові кризи 2008 р. у країнах із розвинутою ринковою економікою підтвердили методологічну обмеженість теоретизування і прогнозування на засадах економіки рівноваги. Тож

друга (після алокації ресурсів) задача економічної науки – пояснення причин виникнення структурних змін і поширення інновацій в економіці, ролі інститутів і механізмів у цих процесах – саме в рамках теорії економічної складності отримує методологічне обґрунтування та інструментарій дослідження, адекватний природі досліджуваних процесів (Arthur, 2014, Fontana, 2010).

Ще одна важлива проблема економічної теорії, над вирішенням якої працюють екологічна економіка та економіка довкілля – *оцінювання вартості* суспільних благ, наприклад – послуг екологічних систем (Kumar, 2012). Редукціонізм економічної науки сприяв пріоритезації ролі ринку як ефективного регулятора економічної діяльності, зокрема й природокористування. Однак у соціоекологічному контексті епохи антропоцену очевидною стає неефективність цього інституту, адже досліджуючи ЕЕС, економісти зосереджуються на економічних аспектах і використовують економічні методи та інструменти, необґрунтовано залишаючи поза увагою ефекти емерджентності, притаманні цим системам. І хоча грошові оцінки незамінні в аналізі витрат і вигід (Sartori, Catalano, Genco, Pancotti, Sirtori, Vignetti, & Vo, 2014, Zahvoyska & Shvediuk, 2016), підміна цінності суспільних благ їхніми грошовими оцінками призводить до нетривіальної втрати інформації, а відтак – до неефективної алокації ресурсів та ігнорування інтересів майбутніх поколінь (Vatn & Bromley, 1994).

За оцінками експертів KPMG and Trucost (KPMG, 2012), вартість негативних впливів на довкілля, які не враховані у фінансових звітах компаній (зокрема, викиди парникових газів, утворення відходів, руйнування екосистем та ін.), у 2010 р. становила 41 цент на долар заробітку (EBITDA). Більше того, обсяги цих зовнішніх довкілних витрат, за оцінками аналітиків, подвоюються кожні 14 років. Тому сьогодні для прийняття рішень щодо ефективності природокористування економісти-енвайроменталісти пропонують використовувати грошові оцінки, в основі яких лежить концепція *загальної економічної вартості (total economic value)*, яку запропонував J. Krutilla (1967). Загальна економічна вартість враховує споживчу вартість, а також вартість використання без споживання: вартість існування і вартість спадщини (Kumar, 2012). Такий підхід, хоча і не долає методологічну неспроможність методу ринкових цін, однак робить спроби подолати нечутливість ринку до втрати природного капіталу. Екологічна економіка, яка створила підґрунтя для формування нової наукової парадигми (Funtowicz & Ravetz, 2003), пропонує для оцінювання економічної вартості та ефективності застосувати методологічні підходи політичних наук, що дозволяє розширити контекст оцінювання ефективності, долаючи обмеженість перспективи ринкових оцінок.

Для розуміння еколого-економічних систем важливий ще один аспект: роль суспільних інститутів. Як уже згадувалося, вона відображена в базовій (доаналітичній) моделі екологічної економіки (Farley

et al., 2005). Класична інституціональна економіка доводить, що індивідуум формується суспільними інститутами, цінностями, нормами і поведінковими моделями, і, водночас, цей індивідуум формує і розвиває їх під впливом виникаючих обставин. Вибір і можливості одного індивідуума залежать від рішень інших. Проте мейнстрим сучасної економічної думки не дає інструментарію для дослідження цих взаємопов'язаних, паралельних процесів.

Економісти-інституціоналісти вказують на ще одну методологічну некоректність домінуючої економічної теорії. Вони доводять, що припущення неокласичної економічної теорії щодо принципу *максимізації* корисності, яку отримує індивідуум від прийняття певних рішень і вибору відповідної моделі поведінки, не описує всього спектра відносин: адже хоча індивідуум керується власною вигодою (людина економічна), для нього важлива вигода спільноти, громади чи суспільства (людина як громадянин) (Vatn, 2009).

Поведінкова економіка доводить методологічну обмеженість згаданого принципу максимізації особистої вигоди, використовуючи інші аргументи. Неокласична економіка постулює, що (1) цілі і мотивації апіорі задані функцією корисності, що дозволяє індивідууму робити обґрунтований вибір і (2) із можливих альтернатив індивідуум вибирає ту, яка максимізує очікуване значення цієї функції (Savage, 1954). Розглядаючи ці строги припущення у контексті реальної поведінки економічних агентів, Simon (1997) доводить, що хоча ці зручні припущення дали змогу розробити і побудувати дуже багату економічну теорію та математичні моделі, проте вони можуть не відповідати практиці економічного вибору. Для усунення цієї методологічної некоректності він вводить поняття «обмеженої раціональності» (*bounded rationality*), що дозволяє врахувати відсутність повної та узгодженої функції корисності для впорядкування всіх можливих виборів, здатність людини генерувати лише маленьку частину можливих альтернативних рішень та її нездатність призначити логічно узгоджені і реалістичні ймовірності для невизначених майбутніх подій (Simon, 1997, p. 279).

Отже, для врахування природи еколого-економічних систем та усунення окреслених нами методологічних некоректностей неокласичної економічної науки потрібен інструментарій дослідження ЕЕС, який відповідав би синергетичній природі досліджуваних систем, враховував їхню нелінійність, еволюційність і стохастичність, обмежену раціональність у прийнятті рішень і зміщення компасу вартостей до ринкових оцінок.

Одним із таких інструментів є *нексусний підхід (the nexus approach)*, який дає змогу цілісно охопити виникаючі виклики, синергії і конфлікти інтересів, а відтак ідентифікувати і пропонувати взаємовигідні компроміси, розробляти заходи для вирішення проблеми на засадах сталості. Оксфордський словник визначає нексус як (1) поєднання або низку поєднань, які пов'язують дві або біль-

ше речей і (2) як центральне питання, фокус дослідження (Nexus, 2019). У контексті дослідження ЕЕС нексус-підхід стає ефективним інструментом аналізу міждисциплінарних аспектів дослідження з урахуванням їхньої взаємозалежності, взаємодії та рівноважливості.

В інструментальному трактуванні нексус можемо розглядати як засіб візуалізації багатогранності сучасних проблем реального світу, свого роду інтерактивну карту аспектів досліджуваної проблеми, переплетення синергій і конфліктів її різноманітних аспектів. Теоретизування в контексті нексус-перспективи за самою своєю природою, імпліцитно, відповідає засадничим положенням постнекласичної науки і суттєво збагачує інструментарій наукового дослідження. Прикладами застосувань цього підходу є нексус водної, енергетичної та продовольчої безпеки (Hoff, 2011), нексус довкілля (KPMG, 2012), нексус для міського планування на засадах екологічної економіки (Costanza & Kubiszewski, 2016), нексус викликів сталому розвитку (Zahvoyska, 2016) та ін.

Важливу роль у формуванні інструментарію постнекласичних досліджень відіграє проникнення теорії складності у дисциплінарні парадигми, становлення біології як строгої науки, а також розвиток обчислювальної техніки і комп'ютерних технологій (Costanza, Wainger, Folke, & Mäler, 1993). Їх поступ уможливив широке застосування *імітаційного моделювання* як міждисциплінарного інструменту дослідження систем різної природи, і, зокрема, еколого-економічних. Імітаційне моделювання (*simulation*), яке визначають як заміну досліджуваної системи її адекватним віртуальним аналогом (алгоритмом), сьогодні успішно застосовують для дослідження поведінки систем різної природи, а також для оцінювання ефективності різних способів управління цими системами. Цілями імітаційного моделювання ЕЕС систем можуть бути: дослідження границь і структур систем для вирішення конкретних проблем; виявлення та аналіз критичних елементів і точок у досліджуваних системах і процесах; синтез та оцінка запропонованих рішень; прогнозування і планування розвитку досліджуваних систем. Імітаційне моделювання не дає оптимальних рішень, але відповідає на запитання «Що дасть реалізація певної стратегії?». Відтак для порівняно простих систем, не пов'язаних із високою невизначеністю та множиною цінностей, аналіз результатів запровадження різних стратегій дозволяє визначити оптимальне рішення (Pelyukh, Fabrika, Kuchel, Valent, & Zahvoyska, 2018).

Різновидом імітаційного моделювання є *агентне моделювання (agent-based modeling)*, творцем якого є Schelling (1978). Агентні моделі описують поведінку системи (макрорівень) як емерджентний феномен, котрий виникає внаслідок взаємодії множини незалежних елементів – агентів – на мікрорівні, кожен із яких має власну динамічну і гетерогенну поведінку (Lomnicki, 1992). Дослідження цієї рекурсивної взаємодії агентів між собою та із

середовищем їхнього функціонування, яке виконується з допомогою відповідних програмних засобів (Railsback & Grimm, 2019; Karrov, 2009), дає змогу відтворювати та аналізувати процеси виникнення, розвитку / пристосування / занепаду ЕЕС на засадах постнекласичної наукової парадигми (Gilbert & Troitzsch, 2005, Zahvoyska, 2013). Комп'ютерне моделювання дає змогу виявити можливі аттрактори і шляхи до їх встановлення або зникнення.

Ще один різновид імітаційного моделювання, який сьогодні набув широкого застосування і визнання – *підхід системної динаміки*, який розробив Дж. Форрестер у 1950-х роках ХХ сторіччя. Його учні Донелла та Деніс Медоузи застосували цей підхід для моделювання глобальних тенденцій суспільного розвитку, зокрема світової економіки і динаміки чисельності населення світу з урахуванням обмеженості і вичерпності ресурсів планети – модель World.

Моделі цього класу, як правило, розглядають макроскопічний рівень економічних чи соціальних систем і використовують для цього лише одного агента з порівняно невисоким рівнем складності структури. Перевага методів системної динаміки полягає в можливості опису структури досліджуваної системи з урахуванням її синергетичної природи, насамперед – посилюючих і балансуючих зворотних зв'язків, що дає змогу дослідити траєкторії розвитку системи і час, необхідний для руйнування існуючого рівноважного стану і формування нового. Обмеженням підходу є його принципова неадаптивність – рівняння і зворотні зв'язки в моделях системної динаміки є структурними, їх задають ще на етапі постановки задачі, тож можливість виникнення нових елементів значною мірою контролюється варіацією значень параметрів моделі.

Для відображення та моделювання аналізованих систем використовують причинно-наслідкові та потокові діаграми. Причинно-наслідкові діаграми – головний інструмент дослідження системної динаміки. Ці діаграми використовують як замітники диференціальних рівнянь, а також як засоби візуалізації елементів системи та їхніх взаємозв'язків. Причинно-наслідкові діаграми використовують для якісного аналізу процесів і систем, візуалізації досліджуваної проблеми, а також для того, щоб ідентифікувати проблемні місця, сформулювати теми для подальшого дослідження, виявити сфери ризику та невизначеності (Stave & Kopainsky, 2015). Потокові діаграми використовують для кількісного аналізу. Їх формують на базі диференціальних рівнянь, які описують зміни потоків і запасів, а тому вони можуть бути використані для аналізу характеру змін у системах за різних початкових даних, а також для пошуку оптимальних рішень (Sterman, 2000, Karrov, 2009, Fedoruk & Zahvoyska, 2018).

Важливо підкреслити, що обидва згадані підходи імітаційного моделювання привносять нові можливості для наукових досліджень, зокрема – для розроблення, формалізації та перевірки нових тео-

рій: комп'ютерні експерименти і попередній аналіз даних дають змогу розробляти нові теорії, формалізувати їх, перевіряючи за допомогою чітких (експліцитних) правил побудови (ментальних) моделей, а також перевіряти ці теорії, експериментуючи з моделлю (Gilbert & Troitsch, 2005). Цей підхід поєднує в собі індукцію і дедукцію, сильні сторони людського і штучного інтелекту, надаючи можливості, яких не мали попередні методи аналізу, для дослідження складних і динамічних за своєю природою систем. Сьогодні вже напрацьовано чимало моделей: нормативних і позитивних, описових та абстрактних, у різних галузях знань, які підтверджують ефективність цього епістемологічного інструментарію.

Розглядаючи інструментарій дослідження ЕЕС, згадаємо також про посилення ролі методів аналізу *якісних даних* (результатів порівняння, преференцій, бальних оцінок та інших не кількісних за своєю природою змінних), які тепер вигідно доповнюють методи аналізу кількісних даних. Методи аналізу мережі стейкхолдерів, аналітичної класифікації їхніх інтересів і позицій, непараметричної статистики, Q-аналіз, когнітивні карти уподобань – ці та інші методи коректно враховують походження інформації, її природу і дозволяють генерувати холистичні й ефективні рішення, які враховують плюралізм цінностей (цінностей), привнесений стейкхолдерами досліджуваного процесу (Nijnik, Miller, & Nijnik, 2013, Pelyukh, Zahvoyska, & Maksymiv, 2018, Pelyukh, Paletto, & Zahvoyska, 2019, Pelyukh, Paletto, & Zahvoyska, in press).

Висока суб'єктивність оцінок і суперечливість інтересів зацікавлених сторін, посилена важливістю і контекстуальністю аналізованих проблем, потребує залучення громадськості до процесу прийняття рішень шляхом використання так званих партисипативних підходів, які реалізують діалог між політиками та громадськістю, а також між самими громадянами, використовуючи для цього так звані *деліберативні методи* (*deliberative methods*). Особливістю цих методів є спільне обговорення досліджуваних проблем, альтернативних рішень і критеріїв оцінювання їхньої ефективності. Низка авторів (Fiorino, 1990, Stirling, 2006, Rauschmayer & Wittmer, 2006) вказують на три аспекти вигоди від застосування цих методів: нормативну – в демократичному суспільстві громадяни беруть участь у вирішенні суспільних проблем; інструментальну – спільне формування вироблення рішень, особливо – непопулярних; а також предметно-змістову, оскільки спільна ідентифікація і вивчення проблеми сприяють глибшому розумінню самої проблеми та різноманіття інтересів / конфліктів її стейкхолдерів.

Найпоширенішими методами залучення зацікавлених сторін є методи опосередкованого моделювання (*mediated modelling*), метод спільно напрацьованого дискурсу (*cooperative discourse*), консенсусна конференція (*consensus conference*), партисипативні багатокритеріальні методи (*multi criteria method*) та ін., порівняльний аналіз яких подають Wittmer, Rauschmayer, & Klauer (2006), послугову-

ючись чотирма критеріями: якість інформаційного менеджменту, легітимність, соціальна динаміка і витратність застосування методів. Ці методи сприяють обміну знаннями між академічним і неакадемічним світом, а відтак – глибшому розумінню самої проблеми в її локальному і глобальному вимірах, системному охопленню різноманіття інтересів її стейкхолдерів, налагодженню діалогу і співпраці зацікавлених сторін.

У сучасному інструментарії дослідження ЕЕС важливу роль відіграють методи оцінювання економічної вартості неринкових вигід і витрат. Школою економіки довкілля розроблена ціла низка софістичних методів оцінювання економічної вартості, зокрема метод умовного оцінювання, експерименту з вибором, витрат на подорож, гедонічного ціноутворення та ін. (Kumar, 2012, Zahvoyska & Shvediuk, 2016, Pelyukh, & Zahvoyska, 2018), які мають уже певний досвід застосування у прийнятті інвестиційних рішень. Ці методи застосовують для інтерналізації зовнішніх ефектів, ігнорування яких призводить до суттєвого спотворення сигналів ринку, а відповідно, до неекономічного зростання (*uneconomic growth*) і неефективних рішень на всіх рівнях управління економічними системами (Daly & Farley, 2011). Приклади застосування цих інструментів визначення економічної вартості у прийнятті інвестиційних рішень, наведені в працях (Sartori et al., 2014, Gregersen, Arnold & Lundgren, 1995), переконливо засвідчують обмеженість і невідповідність ринкових оцінок економічним вартостям. До прикладу, за результатами наших досліджень, еколого-економічна оцінка ефективності лісовідновлення на лісгосподарських підприємствах Малого Полісся, отримана з урахуванням лише окремих елементів загальної економічної вартості – вартості прямого і непрямого використання та вартості спадщини – суттєво відрізняється від комерційної оцінки. Зокрема, чиста теперішня вартість цих заходів за результатами економічного оцінювання вища від ринкової у 25 разів; внутрішня норма дохідності зросла від 3,38 до 55,82%; а індекс прибутковості збільшився від 1,41 до 2,90; зрозуміло, що значно скоротився термін окупності витрат – від 80 до 5 років (Zahvoyska & Shvediuk, 2016).

Критичній оцінці піддається доцільність надмірної *математизації* економічної теорії, яка розпочалася ще в епоху зрілості математики (XIX ст.), на тлі загальної математизації науки. В її підґрунті – дві гіпотези, які сформулював швейцарський економіст і математик Л. Вальрас, основоположник сучасного макроекономічного моделювання: (1) індивід максимізує отриману корисність і (2) на кожному ринку встановлюється рівновага між попитом і пропозицією. Проте ці надто жорсткі умови, які отримали назву «гамівної сорочки» для економічних процесів, обмежують економічний аналіз неперервними функціями, диференціальними рівняннями, невідродженими областями прийняття рішень, що дозволяє отримувати статичні оптимальні рішення. У постнекласичній економіці ця витончена матема-



тика і надто сильні припущення послаблюються, що дозволяє перейти до дискретних функцій, комбінаторної логіки та алгоритмічного мислення (Arthur, 2014). Крім того, враховуються взаємодії між індивідуумами, що важливо для аналізу і прогнозування атракторів розвитку ЕЕС у сучасному соціоекологічному контексті.

**Висновки.** Вхідження в нову геологічну епоху – епоху антропоцену – стверджується виникненням проблем, незнайомих із попереднього досвіду: глобальних, винятково важливих і невідкладних. Для їх розуміння і вирішення необхідна зміна наукової картини світу і системи цінностей, а відтак – фундаментальних теоретико-методологічних положень і постулатів, які уможливили виникнення цих проблем. Нові методологічні підходи в науці відображають розуміння того факту, що висока невизначеність і непізнаність досліджуваних явищ і процесів, суб'єктивність оцінок і цінностей, множинність обґрунтованих перспектив вирішення стали невід'ємним атрибутом сучасних досліджень проблем реального світу.

Ще цікавіші тенденції маємо в методології дослідження ЕЕС, оскільки вони синтезують складність обох підсистем. Взаємозалежність і взаємозумовленість явищ і процесів, які відбуваються в обох підсистемах, вимагає цілісного еволюційного підходу до їх ідентифікації, аналізу і вирішення, виходу за межі дисциплінарних досліджень, а також застосування неакадемічних знань, урахування етичних міркувань. Перехід до синергетичної парадигми дає відповідне природі цих проблем теоретико-методологічне підґрунтя та інструментарій постановки, аналізування та пошуку шляхів їх вирішення.

Зміна наукової парадигми реалізується через зміну інструментарію досліджень, які ведуться в царині ЕЕС. Застосування холістичних підходів і методів ідентифікації проблеми, деліберативних методів її постановки, імітаційного (багатоагентного і системно-динамічного) моделювання для розуміння причин і рушіїв виникнення проблеми, а також багатокритеріального моделювання для пошуку рішень на засадах сталого розвитку дасть змогу уникнути так званих помилок третього роду (у термінології математичної статистики), коли непереконливі аргументи і непевні дані призводять до помилкових, неадекватних результатів. Саме постнекласична наука, її епістемологічний інструментарій може зробити економічний аналіз невід'ємним і надійним інструментом політичного діалогу та економічної практики на засадах сталого розвитку.

### Бібліографічні посилання

- Andrusevych, N., & Golubovska-Onisimova, G. (2018). *Good Environmental Governance in Ukraine: Compliance with European Principles*. Kyiv: VEGO «МАМА-86». Analytical report. (in Ukrainian). Retrieved from <https://mama-86.org/images/publications/lux/Analytics2.pdf>
- Arthur, W.B. (2014). *Complexity and the Economy*. Oxford: Oxford University Press.
- Costanza, R., & Kubiszewski, I. (2016). A Nexus Approach to Urban and Regional Planning Using the Four-Capital Framework of Ecological Economics. In H. Hettiarachchi & R. Ardakanian (Eds.), *Environmental Resource Management and the Nexus Approach. Managing Water, Soil, and Waste in the Context of Global Change* (pp. 79-111). Cham: Springer.
- Costanza, R., Wainger, L., Folke, C., & Mäler, K.G. (1993). Modeling complex ecological economic systems: toward an evolutionary, dynamic understanding of people and nature. *BioScience*, 43 (8), 545-555.
- Crutzen, P.J., & Stoermer, E.F. (2000). The Anthropocene. *Global change newsletter*, 41, 17-18. doi: 10.4236/gep.2014.22016
- Daly, H.E., & Farley, J. (2011). *Ecological economics: principles and applications*. Washington, DC: Island press.
- Farley, J., Erickson, J.D., & Daly, H.E. (2005). *Ecological economics: a workbook for problem-based learning*. Washington, DC: Island Press.
- Fedoruk, M., & Zahvoyska, L. (2018). Modeling the process of greening the investments in energy saving in residential and public buildings of cities by using the method of system dynamics. *Journal of European Economy*, 17 (3), 333-345.
- Fiorino, D.J. (1990). Citizen participation and environmental risk: A survey of institutional mechanisms. *Science, Technology, & Human Values*, 15 (2), 226-243. <https://doi.org/10.1177/016224399001500204>
- Fontana, M. (2010). Can neoclassical economics handle complexity? The fallacy of the oil spot dynamic. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 76 (3), 584-596. doi: 10.1016/j.jebo.2010.08.010
- Funtowicz, S., & Ravetz, J. (2003). Post-normal science. *International Society for Ecological Economics* (Ed.), *Online Encyclopedia of Ecological Economics*. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/ce91/a2cf9b7e05411fb5b1b9276b9aaf565bffb2.pdf>
- Gilbert, N., & Troitzsch, K. (2005). *Simulation for the Social Scientist*. London: McGraw-Hill Education.
- Gregersen, H.M., Arnold, J., & Lundgren, A.L. (1995). *Valuing forests: context, issues and guidelines* (Vol. 127). Food & Agriculture Org.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019). *Nature's Dangerous Decline "Unprecedented"; Species Extinction Rates 'Accelerating'*, Media release. Retrieved from <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment>
- Karpov, Yu. G. (2009). *Simulation of systems*. St. Petersburg: BHV-Peterburg.
- KPMG (2012). *Expect the Unexpected: Building Business Value in a Changing World*. Retrieved from

- <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2012/02/building-business-value-exec-summary.pdf>
- Krutilla, J. V. (1967). Conservation reconsidered. *The American Economic Review*, 57 (4), 777-786.
- Kuhn, T. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: Univ. Press, Chicago.
- Kumar, P. (Ed.) (2012). *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*. London and Washington: Earthscan.
- Lomnicki, A. (2018). Population ecology from the individual perspective. In D. L. DeAngelis & I. Gross. *Individual-based models and approaches in ecology: populations, communities and ecosystems* (pp. 3-17). Chapman and Hall/CRC.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: General Synthesis Report*. Washington, DC: Island Press.
- Mishenin, E., & Yarova, I. (2014). Forestry as a modern paradigm of the forest complex sustainable development. *Proceedings of the Forest Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 221-226. (in Ukrainian).
- Nexus (2019). *Oxford Living Dictionaries*. Retrieved from <https://en.oxforddictionaries.com/definition/nexus>
- Nijnik, M., Miller, D., & Nijnik, A. (2013). Linking Multi-Functional Forestry Goals with Sustainable Development Objectives: A Multi-National Q-Study. *J Settl Spat Plann*, 2, 185-190.
- Pelyukh, O., & Zahvoyska, L. (2018). Investigation of Lviv region population's preferences regarding recreational forests using choice experiment method. *Scientific Bulletin of UNFU* 27.7, 46-52. DOI:10.15421/40280915 (in Ukrainian).
- Pelyukh, O., Fabrika, M., Kucbel, S., Valent, P., & Zahvoyska, L. (2018). Modelling of secondary even-aged Norway spruce stands conversion using the tree growth simulator SIBYLA: SE «Rakhiv forestry» case study. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II, II* (2), 29-46.
- Pelyukh, O., Paletto, A., & Zahvoyska, L. (in press). Comparison between people's perceptions and preferences towards forest stand characteristics in Italy and Ukraine. *Annals of Silvicultural Research*.
- Pelyukh, O., Paletto, A., & Zahvoyska, L. (2019). People's attitudes towards deadwood in forest: evidence from the Ukrainian Carpathians. *Journal of Forest Science*, 65, 171-182. <https://doi.org/10.17221/144/2018-JFS>
- Pelyukh, O., Zahvoyska, L., & Maksymiv, L. (2018). Analysis of stakeholders' interaction in the context of secondary Norway spruce stands conversion in the Ukrainian Carpathians. *Proceedings of the IUFRO unit 4.05.00 International symposium*, 22-24. Zagreb, Croatia.
- Railsback, S. F., & Grimm, V. (2019). *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction*. Princeton: Princeton University Press.
- Rauschmayer, F., & Wittmer, H. (2006). Evaluating deliberative and analytical methods for the resolution of environmental conflicts. *Land Use Policy*, 23 (1), 108-122. DOI:10.1016/j.landusepol.2004.08.011
- Sartori, D., Catalano, G., Genco, M., Pancotti, C., Sirtori, E., Vignetti, S., & Bo, C. (2014). Guide to cost-benefit analysis of investment projects. *Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020*.
- Savage, L. J. (1954). *The foundations of statistics*. New York: Wiley.
- Schelling, T. (1978). *Micromotives and Macrobehavior*. New York WW Norton & Company.
- Simon, H.A. (1997). *Models of bounded rationality: Empirically grounded economic reason* (vol. 3). London: MIT Press.
- Söderbaum, P. (2000). *Ecological economics*. London: Earthscan.
- Stave, K.A., & Kopainsky, B. (2015). A system dynamics approach for examining mechanisms and pathways of food supply vulnerability. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, 5 (3), 321-336. doi: 10.1007/s13412-015-0289-x
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., ..., & Folke, C. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347 (6223), 1259855. doi: 10.1126/science.1259855
- Stepin, V.S. (2003). Self-developing systems and post-classical rationality. *Questions of Philosophy*, 8, 16-17. (In Russian).
- Sterman, J.D. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Boston : Irwin/McGraw-Hill.
- Stirling, A. (2006). Analysis, participation and power: justification and closure in participatory multi-criteria analysis. *Land use policy*, 23 (1), 95-107. doi:10.1016/j.landusepol.2004.08.010
- Tunytsya, Yu. (2006). *Eco-economics and market: overcoming of disputies*. Kyiv: Knowledge. (in Ukrainian).
- Tunytsya, Yu., & Boguslaev, V. (Eds.) (2014). *Forestry Dictionary: Ukrainian, Russian, English*. Lviv: Pyramida. (in Ukrainian).
- Vatn, A. (2009). An institutional analysis of methods for environmental appraisal. *Ecological Economics*, 68 (8-9), 2207-2215. doi: 10.1016/j.ecolecon.2009.11.01
- Vatn, A., & Bromley, D.W. (1994). Choices without prices without apologies. *Journal of Environmental Economics and Management*, 26 (2), 129-148.
- Wittmer, H., Rauschmayer, F., & Klauer, B. (2006). How to select instruments for the resolution of environmental conflicts? *Land Use Policy*, 23 (1), 1-9. doi: 10.1016/j.landusepol.2004.09.003
- Zahvoyska L. (2011). Philosophical and economic discourse of the problem «Man-Nature». In: Ye. Khlobystov (Ed.) *Sustainable development and environmental security: theory, methodology, practices* (pp. 12-41). Symferopol: Arial. (in Ukrainian).

- Zahvoyska, L. (2013). Theoretical approaches to modeling dynamics of ecological and economic systems. *Modeling of Regional Economics*, 2, 85-102. (in Ukrainian).
- Zahvoyska, L. (2016). Eco-innovations in the context of discourse on sustainability: forest clusters of Ukraine. Theoretical approaches and models. In Ye. Khlobystov (Ed.). *Sustainable development - XXI century: management, technology, models. Discussions 2016*. (pp. 271-286). Cherkasy: Publisher Chabanenko Yu., 2016. (in Ukrainian).
- Zahvoyska, L., & Shvediuk, I. (2016). Cost-benefit analysis of reforestation process: Maley Polissya case study. *Proceedings of the Forest Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 236-243 (in Ukrainian).

### Епистемологічний інструментарій дослідження еколого-економічних систем

Л. Д. Загвойська<sup>1</sup>, О. Р. Пелюх<sup>2</sup>

Проаналізовані методологічні обмеження мейнстріма економічної теорії ХХ століття в сфері дослідження еколого-економічних систем в соціально-екологічному контексті епохи антропоцена. Еколого-економічні системи розглянуті в рамках постнекласическої наукової парадигми і трактуються як єдинство екологічної і економічної підсистем, зв'язаних обміном речовини, енергії і інформації, для яких характерно сильне нелінійне взаємодія структурних елементів і колективне (возникаюче, емерджентне) поведіння. Особливу увагу приділено таким особливостям досліджуваних систем, як нелінійність, стохастичність і генеративність, а також на особливості прийняття рішень по управлінню цими системами, такі як плюралізм цінностей, суб'єктивність оцінок і сужденій, контекстуалізм рішень, релевантність неакадемічних знань і партисипативність самого процесу прийняття рішень.

Обґрунтовано напрямлення трансформації теоретико-методологічних підходів до дослідження цих систем в рамках постнекласическої наукової парадигми для виправлення методологічних

некоректностей сучасної економічної науки шляхом теоретизування на основі екологічної економіки і теорії економічної складності, теорії обмеженої раціональності і теорії економічного оцінювання. Постулюючи роль економічної системи як підсистеми глобальної екологічної системи Землі, яка забезпечує і обумовлює людську діяльність, а ринкове рівноважє – як одне з множини можливих станів економічної системи, запропонований теоретико-методологічний підхід до дослідження еколого-економічних систем пропонує більш глибоке і адекватне розуміння досліджуваних процесів і феноменів.

Аргументовано застосування нових інструментів дослідження еколого-економічних систем, а саме: нехудожній підхід, дебативні методи, імітаційне моделювання (агентне і системно-динамічне), методи оцінки економічної цінності і др.

Обґрунтовано використання цих методів як засобів холистического розгляду і візуалізації проблеми з урахуванням локального і глобального контекстів її виникнення, поєднання аналітичних методів і суб'єктивних уподобань, грошових оцінок і ціннісних сужденій в процесі пошуку синергій, конфліктів і компромісів зацікавлених осіб, а також інтегрування академічних і традиційних знань в процес прийняття рішення на принципах стійкого розвитку.

**Ключові слова:** еколого-економічні системи; постнекласическа наукова парадигма; інструментарій дослідження; синергетическі системи; цінність послуг екосистем; імітаційне моделювання; агентське моделювання; динамічне моделювання.

### Epistemological instruments for ecological-economic systems investigation

L. Zahvoyska<sup>1</sup>, O. Pelyukh<sup>2</sup>

The article analyzes methodological constraints of the economic theory mainstream concerning study of ecological-economic systems and post-normal

<sup>1</sup> Загвойська Людмила Дмитрівна – член-кореспондент Лесної академії наук України, кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної економіки, Національний лесотехнічний університет України, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-050-371-44-29. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

<sup>2</sup> Пелюх Оксана Романівна – магістр економіки оточуючої середовища і природних ресурсів, аспірант кафедри екологічної економіки, Національний лесотехнічний університет України, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-096-748-82-70; E-mail: pelyukh.o@ukr.net ORCID: 0000-0002-1889-3623

<sup>1</sup> Lyudmyla Zahvoyska – corresponding member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Economics. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-050-371-44-29. E-mail: lyudmyla.zahvoyska@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0028-4723>

<sup>2</sup> Oksana Pelyukh – Master of Environmental and Natural Resource Economics, PhD student of the Department of Ecological Economics. Ukrainian National Forestry University. 103 General Chuprynka, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-096-748-82-70; E-mail: pelyukh.o@ukr.net ORCID: 0000-0002-1889-3623

problems in the social and environmental context of the Anthropocene. Ecological-economic systems are considered within the framework of the post-normal scientific paradigm and are interpreted as a unity of ecological and economic subsystems associated with an exchange of matter, energy and information, which are characterized by strong nonlinear interactions of structural elements and their collective (emergent) behavior. Particular attention is paid to the peculiarities of the systems under consideration, such as nonlinearity, stochasticity and generativity, as well as the peculiarities of decision-making process concerning these systems management, such as value pluralism, subjectivity of assessments and judgments, the context of decisions, the relevance of nonacademic knowledge, and the participative nature of the decisions making process itself.

Directions of the transformation of theoretical and methodological approaches to the study of these systems within the framework of the post-normal scientific paradigm are substantiated for elimination of methodological incorrectness of modern economic applying science theorization on the basis of ecological economics and theory of economic complexity, theory of bounded rationality and theory of economic valuation.

Postulating a role of an economic system as a subsystem of the global ecological system, which

ensures and determines all kinds of human activity, and a market equilibrium as one of many possible states of the economic system, the proposed theoretical and methodological approach to the study of ecological and economic systems offers deeper and more adequate understanding of the investigated processes and phenomena.

Application of new instruments for study of ecological economic systems, namely, nexus approach, deliberative methods, simulation (multi-agent and system dynamic modeling), economic valuation methods etc. is argued.

Application of these methods as means for holistic identification and visualization of a problem under consideration based on the local and global contexts of its occurrence, for a combination of analytical methods and subjective preferences, monetary assessments and value judgments in the process of seeking synergies, conflicts and compromises among stakeholders, as well as for integration of academic and traditional knowledge in the decision-making process on the principles of sustainable development is substantiated.

**Key words:** ecological-economic systems; post-normal paradigm; research tools; synergistic systems; value of ecosystem services; simulation; agent-based modeling; and dynamic modeling.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411917>  
Article received 2018.09.20  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Lyudmyla Maksymiv  
[maksymivl@ukr.net](mailto:maksymivl@ukr.net)  
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 504.003.13:[620.9:630\*812]

## Еколого-економічна оцінка ефективності використання енергетичної деревини в регіональній агломерації «Дрогобиччина»

Л. І. Максимів<sup>1</sup>, Т. Р. Луцишин<sup>2</sup>

*Агломерація є територіальним об'єднанням різних населених пунктів, пов'язаних економічними, трудовими, соціальними й іншими зв'язками. Однією із найважливіших сфер, в якій потрібно налагодити тісну співпрацю в межах агломерації, є підвищення енергоефективності. Особливістю регіональної агломерації «Дрогобиччина» є її приналежність до Карпатського економічного району, який характеризується найвищою в Україні лісистістю і де місцеве населення традиційно використовує деревину в енергетичних цілях для обігріву приміщень і приготування їжі. Відповідно тут є достатня кількість ресурсів деревної біомаси, яку можна і потрібно використовувати в енергетичних цілях, а також сприйняття цього виду палива як природного і прийняттого.*

*Карпатський регіон має значний потенціал деревної біомаси, доступної для енергетичного використання шляхом залучення лісової деревини, деревини від проведення ландшафтних робіт, залишків деревини від технічної обробки, деревних відходів. Додатковими джерелами деревного палива можуть бути парки, полязахисні лісосмуги, енергетичні плантації, лісонасадження уздовж автомобільних доріг і залізниць, а також сухостій.*

*Ресурсний потенціал енергетичної деревини на території регіональної агломерації «Дрогобиччина» формують ресурси спеціалізованих підприємств, де головними постачальниками деревної біомаси є ДП «Дрогобицьке лісове господарство», Дрогобицьке ДЛГП «Галсільліс» і потенційно КП «Зелений світ» у м. Борислав. У 2017 р. приріст деревини у лісовому фонді аналізованих підприємств становив: у ДП «Дрогобицьке ЛГ» – 113,4 тис. м<sup>3</sup>; Дрогобицькому ДЛГП «Галсільліс» – 32,2 тис. м<sup>3</sup>, КП «Зелений світ» – 0,9 тис. м<sup>3</sup>.*

*Резервом підвищення ефективності використання деревини є порубкові рештки, об'єм яких на зрубках ДП «Дрогобицьке ЛГ» у 2017 р. становив 7,1 тис. м<sup>3</sup>, а на Дрогобицькому ДЛГП «Галсільліс» за перше півріччя 2018 р. – 0,5 тис. м<sup>3</sup>. Додатковим ресурсом деревної біомаси для використання в енергетичних цілях можуть слугувати відходи операційної діяльності лісових господарств. Ще одним способом отримання деревної біомаси є вирощування енергетичних плантацій.*

*Для встановлення міри готовності місцевого населення використовувати деревину для опалення домогосподарств, а також чинників, які впливають на масштаби використання енергетичної деревини, було проведено соціологічне опитування населення м. Борислав. З'ясовано, що більшість жителів користуються індивідуальною системою опалення, використовуючи газ або комбіновані котли для опалення. Встановлено, що 40% респондентів хотіли б змінити систему опалення. За сприятливих умов, таких як постійна наявність ресурсів, дешеві кредити на заміну системи опалення, субсидії на тверде паливо та активне просування деревної біомаси як джерела енергії, частина громадян висловила готовність перейти на опалювання житла енергетичною деревиною.*

**Ключові слова:** регіональна агломерація; енергетична деревина; деревні відходи; енергетичний потенціал; еколого-економічна ефективність.

<sup>1</sup> Максимів Людмила Іванівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38 (032) 39-27-78. E-mail: [maksymivl@ukr.net](mailto:maksymivl@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5003-0249>

<sup>2</sup> Луцишин Тетяна Романівна – магістр економіки довкілля та природних ресурсів. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-098- 649-64-61. E-mail: [tetyana.lutsyshyn@ukr.net](mailto:tetyana.lutsyshyn@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6988-1545>

**Вступ.** Енергетика є найголовнішою галуззю країни. Проте, внаслідок неефективної політики та інтенсивного використання невідновних ресурсів, Україна стала залежною від імпортованих газу, нафти та вугілля.

Серед найважливіших завдань реалізації цілей сталого розвитку України, зокрема цілі 7 «Доступна та чиста енергія» – збільшення частки енергії з відновлюваних джерел у національному енергетичному балансі. Досягнення цієї мети потребує створення умов для зростання виробництва енергії та її доступного, надійного і сталого постачання споживачам; диверсифікації імпорту первинних енергоносіїв; збільшення виробництва і використання енергії з відновлюваних джерел, запровадження програм і заходів з підвищення енергозбереження й енергоефективності (Sustainable Development Goals: Ukraine, 2017).

Виробництво енергії є основною темою дискусій стосовно зміни клімату, оскільки на нього припадає приблизно 60% викидів CO<sub>2</sub> в атмосферу. З метою зменшення небезпечних викидів в атмосферу розвиток енергетики у XXI ст. відбувається в напрямі переходу до відновних джерел енергії. Альтернативними джерелами енергії є сонячна, вітрова, геотермальна енергія, енергія хвиль, енергія з біомаси та ін.

Останніми роками в Україні спостерігається значний розвиток сонячної та вітрової галузей енергетики, тоді як генерування енергії з біомаси відбувається досить повільно. Використання деревної та аграрної (відходи сільського господарства) біомаси в енергетичних цілях, за оцінками експертів, є надзвичайно перспективним заходом (Maksymiv, Klymovych, & Zahvoyska, 2016, Debrynyuk, 2017, Geletukha, Kramar, Epic, Antoschuk, & Titkov, 2016, Soloviy et al., 2019).

Близько 16% території України вкрито лісами, а найбільш залісеним є Карпатський регіон. Тому для забезпечення енергоефективності та енергонезалежності цього регіону варто розширити використання деревної біомаси, дотримуючись принципів сталого розвитку, беручи до уваги роль і функції лісових екосистем (Lutsyshyn & Maksymiv, 2018, Pelyno & Maksymiv, 2006).

Деревина є відновним ресурсом і, незважаючи на забруднення повітря у процесі згорання, вважається вуглецево нейтральним ресурсом, адже у процесі росту дерева виділяють кисень, приносячи більше користі, ніж шкоди.

Високу актуальність теми дослідження зумовлюють три чинники: економічний, екологічний і політичний. Використання деревини як ресурсу для опалення органічно вписується в концепцію економіки замкнених циклів, чи, іншими словами, кругову економіку, яка на сьогодні є такою лише на 9% (The Circularity Gap, 2019); екологічний чинник проявляється у дружньому до довкілля впливі енергетичної деревини; політичний чинник вбачається у збільшенні міри енергетичної незалежності України завдяки ширшому використанню місцевих від-

новних ресурсів деревини. Окрім того, енергетична деревина є ефективним засобом реалізації політики енергетичного переходу, який означає поступову заміну викопних видів палива для отримання енергії відновними, а також підвищення енергоефективності (Power system flexibility, 2018).

Дослідження здійснено у рамках виконання швейцарсько-українського проекту «Визначення можливостей зеленої енергії в Українських Карпатах» (2017-2020) під керівництвом Інституту снігу, лісу і ландшафтів (WSL) за фінансової підтримки Державного секретаріату з досліджень, освіти та інновацій Швейцарії (SBFI) (Bestimmung der Energieholzpotenziale, 2017).

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт дослідження* – процес використання енергетичного потенціалу деревини. *Предмет дослідження* – еколого-економічна ефективність використання енергетичного потенціалу деревини в межах регіональної агломерації «Дрогобиччина». *Мета роботи* – розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності використання енергетичної деревини для забезпечення потреб населення на основі еколого-економічного аналізу ефективності використання енергетичної деревини в межах регіональної агломерації. *Практичне значення* отриманих результатів полягає у визначенні чинників впливу на підвищення ефективності використання енергетичного потенціалу деревної біомаси в межах регіональної агломерації.

**Результати досліджень.** Дереvinу вважають першим джерелом енергії для людства. Сьогодні вона залишається одним із найважливіших ресурсів для розвитку відновлюваної енергетики, становлячи близько 6% світової загальної первинної енергії. Більше двох мільярдів людей у світі залежать від енергії деревини для приготування їжі та опалення, особливо сільські домогосподарства в країнах, що розвиваються. Деревина для них є єдиним доступним джерелом енергії. Використання деревного палива в домогосподарствах для приготування їжі та опалення становить 1/3 глобального споживання відновлюваної енергетики, що робить деревину найбільш децентралізованим видом енергії у світі (Wood Energy, 2017).

В останні десятиріччя попит на енергетичну деревину збільшився і в Європі. Експерти очікують подальшого зростання такого попиту у зв'язку з соціально-політичними змінами (Peters et al., 2015).

*Енергетичний потенціал деревини та способи його використання.* За даними Державної служби статистики України обсяги заготівлі ліквідної деревини з 2000 до 2016 рр. зросли від 11,3 до 19,6 млн м<sup>3</sup>/рік, а обсяг заготівлі дров збільшився з 4,1 до 6,9 млн м<sup>3</sup>/рік. Загалом існує тенденція до зростання обсягів заготівлі деревини.

Варто зазначити, що в Україні спостерігаються значні обсяги самозаготівлі деревини, які мають тенденцію до щорічного збільшення. Для прикладу, в 2013 р. вони становили 3,3, а в 2016 р. – вже 9,9 млн м<sup>3</sup>/рік. Це негативно впливає на економічне



становище країни через появу нелегального ринку біопалива та створення нерівних умов для всіх учасників ринку (Geletukha, Zheliezna, Pastukh, & Dragnev, 2018). Тільки у Львівській області в 2018 р. на перетворення в інші види палива та енергію було використано 239,2 тис. щільних м<sup>3</sup> дров для опалення, а стружки і тріски деревної – 36,4 т (State Statistics Service, 2018).

Заготівля деревини відбувається шляхом проведення рубок головного користування, формування і оздоровлення лісів та інших заходів, не пов'язаних з веденням лісового господарства. Базовими складниками потенціалу біомаси є відходи сільського господарства та деревна біомаса. В Українських Карпатах деревна біомаса продукується доміантними смерековими, буковими та ялицевими лісами, меншою мірою – дубовими (Lakyda, Geletukha, & Vasylyshyn, 2011). Деревину використовують у вигляді колод, полін, дров, стружки, тріски, тирси і пилу (для створення брикетів).

Дослідники (Burg, Bowman, Erni, Lemm, & Thees, 2018) виділяють такі джерела деревної біомаси:

1) лісова енергетична деревина, заготовлена для виробництва енергії, куди відносять частини стовбурів, гілки дерев, хмиз і кору;

2) деревина, отримана від проведення ландшафтних рубок, під час обрізання і кронування дерев у парках, садах і придорожніх ділянках;

3) залишки деревини від технічної та технологічної обробки. Це рештки деревини (кора, тріска, стружка та пил) від виготовлення та переробки виробів з деревини (переважно лісопильні, деревообробні і столярні виробництва), яка з'являється в процесі виготовлення основної продукції;

4) відходи деревини. Це деревні відходи будівництва (після знесення, реконструкції); відходи дерев, пошкоджених шкідниками; деревина, отримана з великогабаритних відходів.

Останнім часом зростає попит на деревну біомасу як паливо, тоді як її технічний потенціал є обмеженим і вже майже повністю утилізується. Тому актуальним є пошук і аналіз додаткових джерел деревного палива, серед яких може бути деревина із пожезахисних лісосмуг, лісонасаджень вздовж автомобільних доріг і залізниць, а також сухостій (Zheliezna, Bashtovyy, & Geletukha, 2016).

За результатами конкурсу кращих практик використання енергетичної деревини, проведеного в рамках міжнародного проекту «Використання зеленої енергії в Українських Карпатах» у 2018 р., проєкт місцевого жителя стосовно вирощування енергетичної верби міжнародною конкурсною комісією було визнано одним із кращих (Soloviy et al., 2019).

*Аналіз ресурсного потенціалу енергетичної деревини регіональної агломерації «Дрогобиччина».* Ліси, відповідно до Лісового кодексу України, є власністю українського народу і можуть перебувати у приватній, комунальній та державній власності (Forest Codex, 1994). На території регіональної агломерації «Дрогобиччина» ліси знаходяться переважно у державній, частково – у комунальній власності (ліси на території населених пунктів). Господарську діяльність на цій території здійснює ДП «Дрогобицьке лісове господарство» і невеликі комунальні підприємства. Серед них, КП «Зелений світ» у м. Борислав із загальною площею комунальних лісів у 255 га, та Дрогобицьке ДЛП «Галсільліс», яке здійснює господарську діяльність на площі 2,5 тис. га.

ДП «Дрогобицьке лісове господарство» провадить свою діяльність на території 29,9 тис. га, з яких лише 57% становлять експлуатаційні ліси, тоді як іншу частину території становлять захисні ліси, рекреаційно-оздоровчі ліси та ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення. Розподіл території підприємства за категоріями захисності наведено в табл. 1.

Таблиця 1

## Розподіл території ДП «Дрогобицьке лісове господарство» за категоріями захисності

| Категорія захисності   | Площа, га      | Частка від загальної площі, % |
|--|----------------|-------------------------------|
| 1. Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення (заказники) | 2277,9         | 8                             |
| 2. Рекреаційно-оздоровчі ліси  | 9825,5         | 33                            |
| 3. Захисні ліси  | 691,8          | 2                             |
| 4. Експлуатаційні ліси   | 17095,8        | 57                            |
| <b>Всього</b>  | <b>29891,0</b> | <b>100</b>                    |

Загальна площа території лісгоспу становить 29,9 тис. га, а площа земель, вкритих лісовою рослинністю – 27 тис. га. Основними лісотвірними породами є дуб, ялиця, модрина, ялина, бук. Площа хвойних лісів займає 6,6 тис. га або 24,4% заліснених територій. Площа твердолистяних порід становить 19,4 тис. га або 71,9%. Найменша частка при-

падає на м'яколистяні породи – близько 1 тис. га або 3,7%.

Розподіл території ДП «Дрогобицьке ЛГ» за віковими і породними групами наведено у табл. 2.

Згідно з лісовпорядними документами (Description of the Haivs'kyu, 2016, Drohobych Forestry, 2016), середній приріст деревини у лісгоспі на 1 га

у 2015 р. становив 4,0, у 2016 р. – 4,1 м<sup>3</sup>. Інформація за 2017 р. відсутня, тому вважатимемо, що середньорічний приріст зріс на 0,1 м<sup>3</sup> на 1 га (оскільки зменшились обсяги лісозаготівлі) і становить

4,2 м<sup>3</sup>. Використавши дані попередніх таблиць, розрахуємо річний приріст деревини у лісах підприємства загалом та в експлуатаційних лісах – зокрема. Результати наведено в табл. 3.

Таблиця 2

**Розподіл вкритих лісовою рослинністю ділянок ДП «Дрогобицьке лісове господарство» за групами віку**

| Група віку, група порід | Площа, га      | Частка від загальної площі, % | Група віку, група порід  | Площа, га             | Частка від загальної площі, % |
|-------------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Хвойні</b>           |                |                               | <b>М'яколистяні</b>      |                       |                               |
| 1. Молодняки            | 1617,2         | 6,0                           | 1. Молодняки             | 28,7                  | 0,1                           |
| 2. Середньовікові       | 2036,9         | 7,5                           | 2. Середньовікові        | 351,4                 | 1,3                           |
| 3. Пристигаючі          | 1450,9         | 5,4                           | 3. Пристигаючі           | 154,2                 | 0,6                           |
| 4. Стиглі і перестійні  | 1473,7         | 5,5                           | 4. Стиглі і перестійні   | 477,4                 | 1,7                           |
| <i>Разом</i>            | <i>6578,7</i>  | <i>24,4</i>                   | <i>Разом</i>             | <i>1011,7</i>         | <i>3,7</i>                    |
| <b>Твердолистяні</b>    |                |                               | <b>Всього по лігоспу</b> |                       |                               |
| 1. Молодняки            | 1971,6         | 7,3                           | 1. Молодняки             | 3617,5                | 13,4                          |
| 2. Середньовікові       | 10589,9        | 39,2                          | 2. Середньовікові        | 12978,2               | 48,1                          |
| 3. Пристигаючі          | 4027,3         | 14,9                          | 3. Пристигаючі           | 5632,4                | 20,8                          |
| 4. Стиглі і перестійні  | 2824,5         | 10,5                          | 4. Стиглі і перестійні   | 4775,6                | 17,7                          |
| <i>Разом</i>            | <i>19413,3</i> | <i>71,9</i>                   | <b><i>Всього</i></b>     | <b><i>27003,7</i></b> | <b><i>100,0</i></b>           |

Таблиця 3

**Приріст деревини на території ДП «Дрогобицьке лісове господарство» за період 2015-2017 рр.**

| Показник                                 | Одиниця виміру      | Рік   |       |       |
|--|---------------------|-------|-------|-------|
|  |                     | 2015  | 2016  | 2017  |
| Приріст на 1 га                          | м <sup>3</sup>      | 4,0   | 4,1   | 4,2   |
| Загальний приріст                        | тис. м <sup>3</sup> | 108,0 | 110,7 | 113,4 |
| Приріст деревини в експлуатаційних лісах | м <sup>3</sup>      | 61,6  | 63,1  | 64,6  |

Основною причиною збільшення обсягів приросту є зменшення обсягів заготівлі деревини у 2016-2017 рр. У табл. 4 наведено обсяги заготівлі та реалізації деревини лісгоспом. Так, у 2015 р. було заготовлено 71,1 тис. м<sup>3</sup>, з них реалізовано 65,7 тис. м<sup>3</sup> (залишилось – 5,4 тис. м<sup>3</sup>), з яких 1,0 тис. м<sup>3</sup> – ділової деревини, 1,2 тис. м<sup>3</sup> – дров'яної деревини, а на хлисті і напівхлисті припало 3,1 тис. м<sup>3</sup>.

У 2016 р. в лісгоспі заготовлено 68,0 тис. м<sup>3</sup> деревини, а реалізували 60,5 тис. м<sup>3</sup>. Залишки збільшились до 7,5 тис. м<sup>3</sup>, зокрема залишки ділової деревини зросли до 1,4, дров'яної деревини – до 1,4, хлистів і напівхлистів – до 4,7 тис. м<sup>3</sup>. У 2017 р., порівняно з періодом 2015-2016 рр., зафіксовано нижчі обсяги заготівлі і реалізації деревини, а також суттєво зменшились залишки. Обсяги заготівлі становили 63,3 тис. м<sup>3</sup>, а реалізації – 58,9 тис. м<sup>3</sup>. Як і в попередні два роки, основну частину залишків становили хлисті і напівхлисті – 2,9 тис. м<sup>3</sup>, значну частину становила дров'яна деревина – 1,1 тис. м<sup>3</sup>, тоді як обсяги залишків ділової деревини суттєво зменшились (до 347 м<sup>3</sup>).

Потрібно зауважити, що впродовж аналізованого періоду інтенсивно велась заготівля деревини, у 2015-2016 рр. навіть перевищуючи обсяги приросту. Це свідчить про потребу в зменшенні антропогенного навантаження на довкілля та ефективнішого використання деревини.

Для підвищення ефективності використання деревини доцільно, на наш погляд, використати порубкові рештки, які потенційно можуть стати джерелом для виробництва тріски. За даними експертів БАУ (Geletukha, G. et al., 2018), їх обсяг складає близько 14% загального об'єму заготівлі ліквідної деревини, а близько 20% з них необхідно залишати в лісі для збереження біорозмаїття.

На підставі викладеного вище, приблизний об'єм залишків деревини (*Оз*) можна розрахувати, скоригувавши об'єм ліквідної деревини (*Ол*) за формулою:

$$O_z = O_l \times 0,14 \times 0,8. \quad (1)$$

На основі даних табл. 3 розрахуємо обсяги порубкових решток, які потенційно можна використати:

1. 2015 р.:  $71103 \text{ м}^3 \times 0,14 \times 0,8 = 7963,5 \text{ м}^3$ ;
2. 2016 р.:  $67965 \text{ м}^3 \times 0,14 \times 0,8 = 7612,1 \text{ м}^3$ ;
3. 2017 р.:  $63251 \text{ м}^3 \times 0,14 \times 0,8 = 7084,1 \text{ м}^3$ .

Отже, завдяки використанню порубкових решток можна суттєво підвищити ефективність використання деревини.

Аналізоване лісове господарство спеціалізується на реалізації круглих лісоматеріалів, випуску пиломатеріалів обрізних і необрізних, внаслідок чого утворюються відходи. Актуальною є проблема поводження з відходами, тому технологія виробництва має бути спрямована на їх мінімізацію, а в перспективі – й до їх повної відсутності.

У табл. 4 наведено інформацію про утворення, використання і поставку відходів виробництва (лісових відходів). Впродовж аналізованого періоду кількість лісових відходів загалом зменшилась. У 2015 р. мало місце нераціональне поводження з відходами, які були знищені або вивезені на звалище, тоді як їх можна було передати суб'єктам підприємницької діяльності для використання. Впродовж наступних двох років лісгосп співпрацював з іншими підприємствами та передавав їм деревні відходи, проте значна частка все одно залишалась у розпорядженні ДП «Дрогобицьке ЛГ». Значні обсяги відходів свідчать про недосконалість політики поводження з відходами.

За наведеними у табл. 4 даними, у 2015 р. можна було б додатково використати  $3556 \text{ м}^3$  відходів, у 2016 р. –  $3300 \text{ м}^3$ , а в 2017 р. –  $3163 \text{ м}^3$ . Тому можна підсумувати, що управління відходами має потенціал для покращення та потребує змін, насамперед у напрямі збільшення обсягів постачання деревних відходів фізичним особам – суб'єктам підприємницької діяльності та покращення технологічних умов виробництва.

На території регіональної агломерації «Дрогобищина» діє КП «Зелений світ», яке підпорядковується Бориславській міській раді та здійснює виробничу, науково-дослідницьку і комерційну діяльність з метою отримання прибутку шляхом виконання робіт із озелененням територій міста і підприємств, вирощування декоративних рослин, овочевих культур, кущів, дерев, садивного матеріалу (Statute, 2016). Загалом підприємство займається лісгосподарською діяльністю і захистом лісових насаджень.

Загальна площа лісового фонду, де КП «Зелений світ» здійснює господарську діяльність, становить  $255 \text{ га}$ , з них  $210,8 \text{ га}$  вкриті лісовою рослинністю ділянки. Розподіл земель, вкритих лісовою рослинністю, наведено у табл. 5.

У 2017 р. відповідно до плану заходів з поліпшення санітарного стану лісів та збереження стійкості насаджень були здійснені рубки на площі  $4,9 \text{ га}$ . Такі заходи проводились вперше за останні  $15$  років.

Якщо вважати, що приріст у комунальному лісі м. Борислав такий же, як на території лісів ДП «Дрогобицьке ЛГ», тобто  $4,2 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ га}$  (станом на 2017 р.), то загальний приріст ( $Pз$ ) становитиме:

$$Pз = 210 \text{ га} \times 4,2 \text{ м}^3 = 882 \text{ м}^3.$$

Таблиця 4

Динаміка утворення, використання і поставка відходів виробництва (лісових відходів) у ДП «Дрогобицьке лісове господарство» за 2015-2017 рр.

| № з.п. | Найменування відходів        | Одиниця виміру | Утворилось за звітний період |             |             | Використано на паливні потреби |            |            | Поставлено фізичним особам-суб'єктам підприємницької діяльності |           |            | Знищено або вивезено на звалище |          |          | Нааявність на кінець звітнього періоду |             |      |
|--------|------------------------------|----------------|------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|------------|------------|---|-----------|------------|---------------------------------|----------|----------|--|-------------|------|
|        |                              |                | 2015                         | 2016        | 2017        | 2015                           | 2016       | 2017       | 2015  | 2016      | 2017       | 2015                            | 2016     | 2017     | 2015                                   | 2016        | 2017 |
| 1      | Лісові відходи               | м <sup>3</sup> | 3556                         | 3300        | 3163        | 0                              | 0          | 0          | 0   | 0         | 0          | 3556                            | 0        | 0        | 0                                      | 3300        | 3163 |
| 1.1    | Рубки головного користування | м <sup>3</sup> | 1990                         | 1900        | 1792        | -                              | -          | -          | -   | -         | -          | 1990                            | -        | -        | -                                      | 1900        | 1792 |
| 1.2    | Рубки догляду                | м <sup>3</sup> | 1566                         | 1400        | 1371        | -                              | -          | -          | -   | -         | -          | 1566                            | -        | -        | -                                      | 1400        | 1371 |
| 2.     | Відходи лісопиляння          | м <sup>3</sup> | 525                          | 434         | 500         | 525                            | 406        | 303        | 0   | 28        | 197        | 0                               | 0        | 0        | 0                                      | 0           | 0    |
| 2.1    | Кускові відходи              | м <sup>3</sup> | 175                          | 54          | 100         | 175                            | 46         | -          | -   | 8         | 100        | -                               | -        | -        | -                                      | -           | -    |
| 2.2    | Трачіння і стружка           | м <sup>3</sup> | 350                          | 380         | 400         | 350                            | 360        | 303        | -   | 20        | 97         | -                               | -        | -        | -                                      | -           | -    |
|        | <b>Всього відходів</b>       | м <sup>3</sup> | <b>4081</b>                  | <b>3734</b> | <b>3663</b> | <b>525</b>                     | <b>406</b> | <b>300</b> | <b>0</b>  | <b>28</b> | <b>197</b> | <b>3556</b>                     | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>3300</b>                            | <b>3163</b> |      |

Таблиця 5

**Розподіл вкритих лісовою рослинністю земель КП «Зелений світ» за типами лісу, га**

| Індекс типу лісу     | Переважаюча деревна порода | Площа, га |            | Індекс типу лісу    | Переважаюча деревна порода | Площа, га           |             |      |
|----------------------|----------------------------|-----------|------------|---------------------|----------------------------|---------------------|-------------|------|
|                      |                            | фактична  | оптимальна |                     |                            | фактична            | оптимальна  |      |
| С <sub>3</sub> -бкЯц | Сосна звичайна             | 4,9       | 4,9        | С <sub>3</sub> -яцД | Дуб звичайний              | 2,1                 | 3,4         |      |
|                      | Ялина європейська          | 0,8       | 0,8        |                     | Граб звичайний             | 1,3                 | -           |      |
|                      | Ялиця біла                 | 80,7      | 129,3      |                     | Разом                      | 3,4                 | 3,4         |      |
|                      | Модрина європейська        | 3,4       | 3,4        |                     | Бук лісовий                | 39,2                | 44,6        |      |
|                      | Дуб червоний               | 6,7       | 6,7        |                     | Клен-явір                  | 1,0                 | 1,0         |      |
|                      | Дуб звичайний              | 0,9       | 0,1        |                     | С <sub>3</sub> -яцБк       | Береза повисла      | 4,1         | -    |
|                      | Бук лісовий                | 9,8       | 2,0        |                     |                            | Вільха сіра         | 1,3         | -    |
|                      | Граб звичайний             | 2,1       | -          |                     | Разом                      | 45,6                | 45,6        |      |
|                      | Клен-явір                  | 3,2       | 3,2        |                     | С <sub>4</sub> -Влч        | Вільха чорна        | 1,4         | 1,4  |
|                      | Береза повисла             | 22,6      | -          |                     |                            | С <sub>4</sub> -Влс | Вільха сіра | 10,0 |
|                      | Осика                      | 6,5       | -          |                     | Разом                      | 11,4                | 11,4        |      |
|                      | Вільха сіра                | 8,8       | -          |                     |                            |                     |             |      |
|                      | Разом                      | 150,4     | 150,4      |                     | Усього                     | 210,8               | 210,8       |      |

Оскільки останні 15 років лісовпорядні роботи у комунальних лісах не проводились, то там, за нашою оцінкою, зосереджена більша кількість біомаси, ніж у лісах, в яких постійно проводяться такі роботи. За значного нагромадження пошкодженої шкідниками та відмерлої деревини існує небезпека негативного впливу на здорові насадження, тому частину деревини варто вилучати та використовувати в енергетичних цілях.

Ще одним комунальним підприємством на території агломерації є Дрогобицьке ДЛГП «Галсілля», загальна площа якого станом на 1.01.12 р. становила 8,6 тис. га, з них 8,2 тис. га вкриті лісовою рослинністю ділянки. Розподіл території за категоріями захисності та групами віку наведено в табл. 6.

Якщо прийняти середньорічний приріст деревини аналогічним приросту ДП «Дрогобицьке ЛГ»,

то приріст на Дрогобицькому ДЛГП «Галсілля» у 2017 р. становив:

1) загальний приріст (Pз):

$$P_z = 8152,5 \text{ га} \times 4,2 \text{ м}^3 = 32240,5 \text{ м}^3;$$

2) приріст деревини в експлуатаційних лісах (Pе):

$$P_e = 8152,5 \text{ га} \times 0,636 \times 4,2 \text{ м}^3 = 21776,9 \text{ м}^3.$$

Дрогобицьке ДЛГП «Галсілля» за перше півріччя 2018 р. здійснило рубки на площі 136,0 га із загальним обсягом заготовленої деревини 5068 м<sup>3</sup>, у т. ч. ліквідної – 4376 м<sup>3</sup>. Відповідно, об'єм деревинних відходів становив 692 м<sup>3</sup>, проте під час лісозаготівлі утворились додаткові відходи, які можна використати як біомасу. Розрахувати їх можемо за формулою 1, тоді об'єм порубкових решток (Op) за перше півріччя 2018 р. становитиме:

$$O_p = 4376 \text{ м}^3 \times 0,14 \times 0,8 = 490,1 \text{ м}^3.$$

Таблиця 6

**Розподіл територій Дрогобицького ДЛГП «Галсілля» за категоріями захисності та групами віку (General information, 2018)**

| Розподіл лісових територій за: |               |                               |                     |               |                               |
|--------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------|
| категоріями захисності         |               |                               | віковими групами    |               |                               |
| Категорія захисності           | Площа, га     | Частка від загальної площі, % | Вікова група        | Площа, га     | Частка від загальної площі, % |
| Рекреаційно-оздоровчі ліси     | 118,2         | 1,4                           | Молодняки           | 1388,7        | 17,0                          |
| Захисні ліси                   | 3019,6        | 35,0                          | Середньовікові      | 4522,9        | 55,5                          |
| Експлуатаційні ліси            | 5495,0        | 63,6                          | Пристигаючі         | 1628,6        | 20,0                          |
|                                |               |                               | Стигли і перестійні | 612,3         | 7,5                           |
| <b>Всього</b>                  | <b>8632,8</b> | <b>100,0</b>                  | <b>Всього</b>       | <b>8152,5</b> | <b>100,0</b>                  |

Отже, ефективність роботи підприємства загалом можна підвищити за рахунок ефективнішого використання відходів деревини.

Аналізуючи діяльність ДП «Дрогобицьке ЛГ», КП «Зелений світ» і КП Дрогобицьке ДЛГП «Галсільліс», можна підсумувати, що на території регіональної агломерації «Дрогобиччина» є значні ресурси енергетичної деревини і вони потребують ефективнішого використання. Підвищити ефективність використання потенціалу енергетичної деревини підприємств можна завдяки спільним зусиллям і спільним проектам у межах агломерації «Дрогобиччина».

*Еколого-економічна оцінка впливів проектів спільного використання енергетичної деревини.* Підвищення енергоефективності сьогодні важливе як для місцевих жителів та підприємств, так і для країни загалом. Зробити міста дійсно енергоефективними можливо лише за умови використання місцевих ресурсів, зокрема, деревної біомаси.

Регіональна агломерація «Дрогобиччина» знаходиться в Прикарпатті (історико-етнографічний район України) і має всі передумови для використання енергетичної деревини. Як було згадано вище, діючі на цій території лісогосподарські підприємства ДП «Дрогобицьке ЛГ», КП «Зелений світ» і КП Дрогобицьке ДЛГП «Галсільліс» є основними постачальниками деревної біомаси і за тісної співпраці можуть покращити свою діяльність і сприяти енергонезалежності громад, які входять до складу агломерації.

Спільні енергетичні проекти можуть охоплювати такі аспекти: ефективне використання приросту деревини, порубкових решток, відходів операційної діяльності, пошкодженої шкідниками або непридатної деревини (сухостою), заготовленої під час санітарних рубок, відходів від рубок догляду у полезахисних смугах, лісонасаджень уздовж доріг, місцевих парках; створення енергетичних плантацій.

Енергетична деревина є одним із найдоступніших паливних ресурсів у Дрогобицькому районі, тому місцева влада повинна брати це до уваги під час прийняття рішень щодо реалізації проектів, пов'язаних з використанням деревини в енергетичних цілях. Проте, перш ніж запроваджувати такі проекти, варто дослідити, чи вони можуть задовольнити потреби місцевого населення та чи готові жителі перейти на використання деревного палива.

*Оцінка готовності жителів невеликих міст і пристосованості їх помешкань до використання енергетичної деревини.* Для того, щоб зрозуміти, наскільки пристосовані системи опалення місцевих домогосподарств до використання деревини як палива, оцінити рівень задоволеності наявною системою опалення, а, відповідно, і готовності до заміни систем опалення, було проведено опитування серед жителів м. Борислав. В опитуванні взяв участь 81 респондент, всі респонденти відповіли на запитання розробленої авторами анкети.

У м. Борислав налічується близько 6000 квартир і 4000 особняків. Оскільки нас цікавили різні типи

домогосподарств, вибірка була суцільною, а опитування проводили серед жителів міста, які є власниками як квартир, так і особняків. Єдиною вимогою до респондентів було те, щоб кожен з них представляв окреме домогосподарство. Опитування двох і більше членів однієї сім'ї не практикувалось.

Більшість анкет було заповнено в процесі усного опитування – інтерв'ю (65 анкет), решта були заповнені респондентами під час онлайн-опитування.

Аналізуючи результати дослідження, було встановлено, що більшість респондентів проживає в квартирах, серед них переважають жителі квартир площею від 50 до 100 м<sup>2</sup>, що відображено на рис. 1.

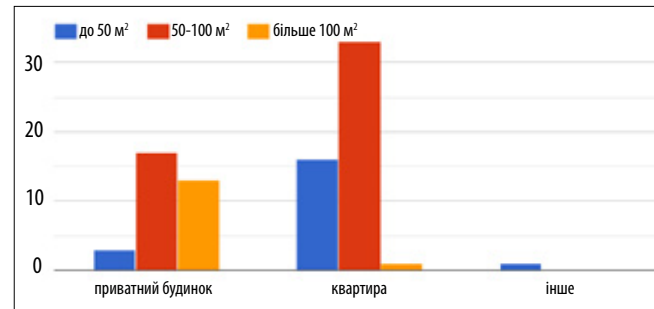


Рис. 1. Розподіл респондентів відповідно до характеристик їхнього житла

Характеризуючи систему опалення у їхніх помешканнях, 62 (77%) респонденти вказали, що користуються індивідуальним опаленням, а інші 19 (23%) респондентів отримують теплоенергію завдяки системі централізованого тепlopостачання. Зазначимо, що до складу КП «Бориславтеплоенерго» входять дві котельні на твердому паливі та сім котелень на природному газі (Appeal of Deputies, 2018). За даними КП «Бориславтеплоенерго», на опалювальний сезон 2017-2018 рр. для потреб двох котелень було закуплено понад 500 м<sup>3</sup> дров у Дрогобицькому та Самбірському лісгоспах, з яких використано близько 460 м<sup>3</sup>. Також серед жителів міста існує тенденція до переходу на індивідуальне опалення, тому з кожним роком комунальне підприємство обслуговує дедалі меншу кількість домогосподарств. Останні 10 років у місті поетапно виводять з експлуатації котельні, оскільки під час надання послуг тепlopостачання відбуваються значні втрати енергії і вони є збитковими.

Серед респондентів з індивідуальною системою опалення найбільшу частку займають домогосподарства з системами на базі котлів (55%). Також значна кількість населення має комбіновану систему опалення (24%). Під комбінованою системою опалення розуміють поєднання кількох систем, таких як котли, конвектори, «теплі підлоги», печі, каміни. Однаковою є частка жителів, які використовують конвектори та печі або каміни (10%).

Отже, за результатами відповідей на друге питання стає зрозуміло, що більшість населення використовує індивідуальну систему опалення та віддає перевагу системі на базі котлів і комбінованій системі опалення. Результати відображено на рис. 2.

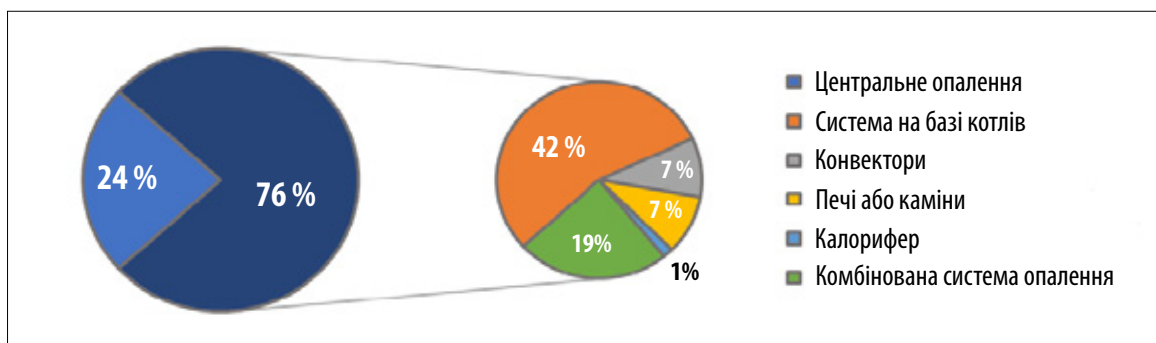


Рис. 2. Характеристика систем опалення

Більшість жителів користується індивідуальним опаленням, проте для них головним енергетичним ресурсом є газ. Невелика кількість респондентів використовує для опалення дрова та електроенергію: 3,7% і 4,9% відповідно. Значна частина місцевих жителів віддає перевагу комбінованому використанню ресурсів (дрова і газ; газ і електроенергія;

газ, дрова і електроенергія), серед них найпоширенішим є використання газу і дров (рис. 3).

Більшість опитаних витрачає на опалення житла до 1000 грн на місяць, а також значна частина витрачає від 1000 до 2000 грн. Меншість респондентів (10 осіб) не змогли назвати суму витрат на опалення їхніх домогосподарств (рис. 4).

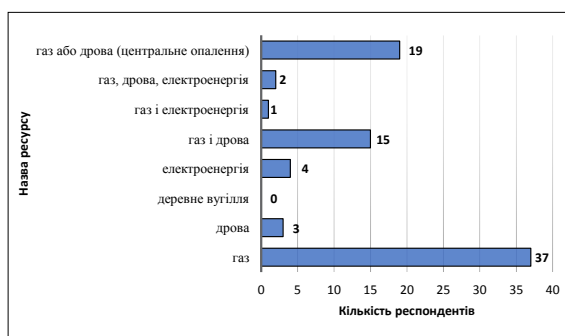


Рис. 3. Види енергетичних ресурсів, які респонденти використовують для обігріву житла

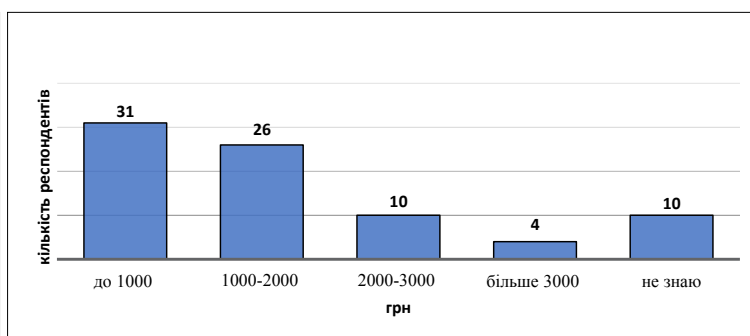


Рис. 4. Середньомісячні витрати респондентів на опалення

Найскладнішим для респондентів виявилось питання стосовно кількісних показників витрат (м<sup>3</sup>, кВт-год.) на обігрів житла. Значна частина респондентів не змогла відповісти однозначно, тому такі відповіді не враховуємо, оскільки оцінка обсягів використання ресурсів не може бути адекватною.

Серед опитаних 48 (59%) осіб мали субсидії, а інші 33 (41%) особи в період опалювального сезону 2017-2018 рр. субсидій не мали, що вказує на значні видатки з боку держави на покриття субсидій та низький рівень якості життя населення (рис. 5).

Серед опитаних місцевих жителів переважно задоволеними власною системою опалення є 45 осіб, тоді як 18 осіб – не задоволені і така ж кількість людей вагається в оцінці рівня задоволеності системою опалення (рис. 6).

За результатами опитування встановлено, що більшість жителів не хочуть змінювати систему опалення житла, проте 40% опитаних хотіли б її змінити (рис. 7).

Аналіз розподілу доходів по домогосподарствах показав наступне (рис. 8). Середньомісячний дохід домогосподарств респондентів переважно не біль-

ший, ніж 15000 грн, тоді як частка домогосподарств з доходом від 5000 до 10000 грн є найвищою. Також часто трапляються домогосподарства з доходом до 5000 грн (рис. 8).

*Шляхи впровадження проекту спільного використання деревини.* Сьогодні на порядку денному стоїть завдання становлення енергонезалежності в Україні, тому держава намагається підтримувати проекти, пов'язані з відновлювальними джерелами енергії. Державне агентство з енергоефективності України (State Agency on Energy Efficiency, 2018) здійснює роботу щодо створення переліку проектів, які можуть бути презентовані інвесторам, зокрема, під час проведення офіційних міжнародних заходів. Беручи до уваги переваги використання деревини у межах агломерації, такий проект має всі шанси отримати підтримку агентства у пошуку інвесторів.

Також підвищенню інвестиційної привабливості Львівщини та залученню інвесторів сприяють регіональні органи управління. У 2016 р. почав працювати департамент із залучення інвестицій ЛОДА, який пропонує супровід інвестора на всіх етапах створення бізнесу та підтримку у вирішенні конфліктних питань.





Рис. 5. Співвідношення респондентів за ознакою отримання чи не отримання субсидій

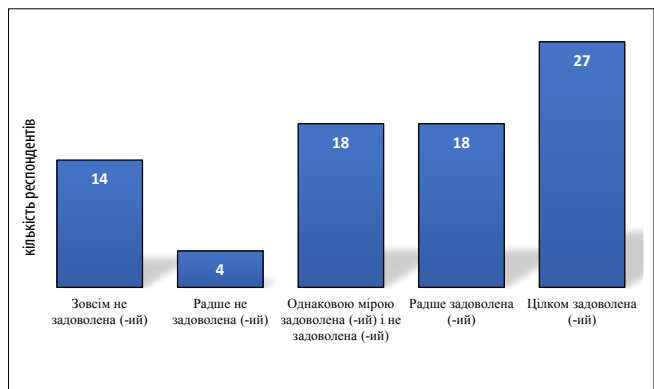


Рис. 6. Рівень задоволеності респондентів системою опалення їхніх домогосподарств

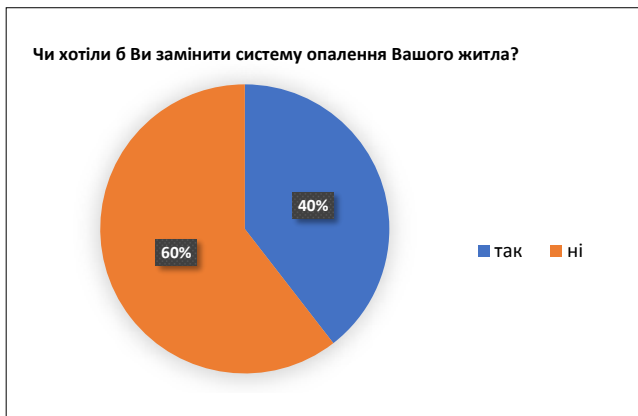


Рис. 7. Співвідношення респондентів стосовно їх бажання чи небажання змінювати систему опалення

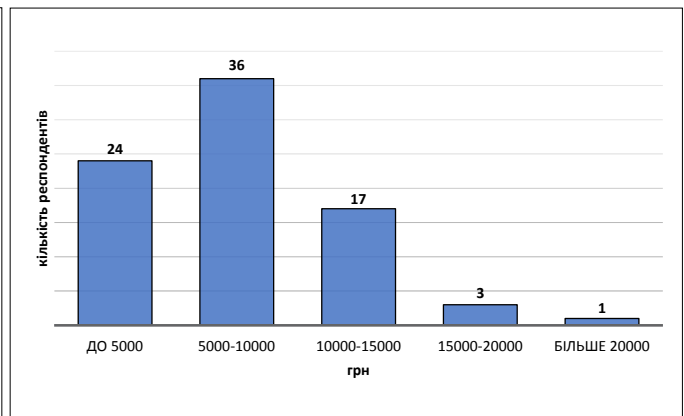


Рис. 8. Рівень доходів домогосподарств респондентів

Одним із способів залучення інвестицій є подання заявок проектів на гранти, що актуально для регіональної агломерації «Дрогобиччина». Оскільки в Україні відбуваються процеси децентралізації і формуються об'єднані територіальні громади (ОТГ), для агломерації існує більше можливостей отримати грант на реалізацію проекту, оскільки проект спільного використання деревної біомаси в енергетичних цілях принесе прибуток, сприятиме забезпеченню населення місцевим відновлювальним джерелом енергії, ще й сприятиме зменшенню кількості відходів.

**Висновки.** Запаси деревини в Україні щороку зростають, як і обсяги її заготівлі. У лісистих регіонах України доцільно використовувати деревину в енергетичних цілях для покриття потреб місцевого населення, дотримуючись принципів сталого розвитку. Забезпечення деревною біомасою відбувається шляхом залучення лісової деревини, деревини від проведення ландшафтних робіт, залишків деревини від технічної і технологічної обробки, деревних відходів. Додатковими об'єктами для заготівлі ураженої шкідниками та хворобами деревини можуть бути парки, полежахисні лісосмуги, лісонасадження уздовж автомобільних доріг і залізниць. Вагоме місце в цьому напрямі займають енергетичні плантації.

Використання енергетичної деревини має як економічні, так і екологічні вигоди. До екологічних

належать: зменшення кількості деревних відходів; використання деревини як вуглецево нейтральної сировини та відновлюваного джерела енергії. Серед економічних вигід варто відзначити розширення бренду, мінімізацію витрат на утилізацію відходів, оптимізацію витрат на паливо, підвищення рівня енергонезалежності, простоту зберігання дров'яної сировини.

Ефекти від виробництва та використання енергетичної деревини необхідно враховувати під час формування лісової політики та сталого менеджменту лісів, беручи до уваги поточні та майбутні компроміси і розкриття всього потенціалу синергетичного ефекту, пов'язаного з іншими лісовими екосистемами.

Головними постачальниками деревної біомаси в регіональній агломерації «Дрогобиччина» є ДП «Дрогобицьке ЛГ», Дрогобицьке ДЛГП «Галсільліс» та потенційно може стати КП «Зелений світ» у м. Бориславі. За нашими оцінками, приріст деревини на вкритих лісовою рослинністю ділянках у 2017 р. становив: у ДП «Дрогобицьке ЛГ» – 113,4 тис. м<sup>3</sup>, Дрогобицьке ДЛГП «Галсільліс» – 32,2 тис. м<sup>3</sup>, КП «Зелений світ» – 0,9 тис. м<sup>3</sup>.

Ефективність використання деревини можна підвищити завдяки залученню порубкових решток, об'єм яких на ДП «Дрогобицьке ЛГ» у 2017 р. становив 7,1 тис. м<sup>3</sup>, а на Дрогобицькому ДЛГП «Галсільліс»

ліс» за перше півріччя 2018 р. – 0,5 тис. м<sup>3</sup>. Додатковим ресурсом деревної біомаси в енергетичних цілях можуть стати відходи операційної діяльності лісових господарств, а також деревна біомаса, отримана завдяки вирощуванню енергетичних плантацій.

Найефективніше використання деревної біомаси в енергетичних цілях можна забезпечити за умови співпраці лісгосподарських підприємств, розташованих на території агломерації.

За результатами дослідження готовності мешканців Борислава використовувати енергетичну деревину з'ясовано, що більшість жителів користуються індивідуальною системою опалення, в той же час значна частина бажає її замінити (40%). Вважаємо, що за наявності сприятливих умов – постійна наявність ресурсів, дешеві кредити на заміну системи опалення, субсидії на тверде паливо та активне просування деревної біомаси як джерела енергії – частина з них перейде на опалювання житла енергетичною деревиною.

Сьогодні існують сприятливі можливості для інвестування проектів спільного використання енергетичної деревини, враховуючи їх еколого-економічні впливи, а також вигоди (ринково оцінені та неоцінені), як з боку державних інституцій, так і міжнародних донорів. Вважаємо за доцільне створити і реалізувати такий проект у регіональній агломерації «Дрогобиччина».

#### Бібліографічні посилання

- Appeal of Deputies of Boryslav City Council on the Financial and Economic Condition of the Boryslavteploenergo Utility Enterprise. Retrieved from <http://www.boryslavmvk.gov.ua/5087-2017-07-031> (in Ukrainian).
- Bestimmung der Energieholzpotenziale in den Ukrainischen Karpaten (2017). Retrieved from <https://www.wsl.ch/de/projekte/energiepotenziale-ukraine.html>
- Burg, V., Bowman, G., Erni, M., Lemm, R., & Thees, O. (2018). Analyzing the potential of domestic biomass resources for the energy transition in Switzerland. *Biomass and bioenergy*, 111, 60-69. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.02.007>
- Debrynyuk, Yu.M. (2017). Plantation forestry and energy plantations in Ukraine: resource potential and development prospects. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 27 (8), 45-51. <https://doi.org/10.15421/40270806>
- Description of the Haivs'kyi Forestry activity (2018). Retrieved from <http://forest.drohobych.net/opis-diyalnosti-gaivskogo-lisnictva> (in Ukrainian).
- Drohobych Forestry State Enterprise activity (2016). Retrieved from <http://forest.drohobych.net/diyalnist-dp-drogobicke-lisove-gospodarstvo/> (in Ukrainian).
- Drohobych Forestry State Enterprise (2018). Retrieved from [www.logoskiev.com.ua/books/lisoteh/226.pdf](http://www.logoskiev.com.ua/books/lisoteh/226.pdf) (in Ukrainian).
- Drohobych Forestry Enterprise «Halsillis». Forestry (2019). Retrieved from <https://drohobych.lis.co.ua/napriamy-diialnosti/lisove-hospodarstvo> (in Ukrainian).
- Forest Code of Ukraine (1994). Retrieved from <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12> (in Ukrainian).
- Geletukha, G., Zheliezna, T., Pastukh, A., & Dragnev, S. (2018) *Opportunities for harvesting wood fuel in the forests of Ukraine*. – 19th Position Paper of UABio, Retrieved from <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-19-en.pdf>
- Geletukha, G., Kramar, V., Epic, O., Antoschuk, T., & Titkov, V. (2016) *Comprehensive analysis of the Ukrainian biomass pellets market*. Kyiv: Scientific and Technical Center «Biomass» (in Ukrainian).
- General information of Drohobych Forestry «Halsillis» (2018). Retrieved from <https://drohobych.lis.co.ua/pro-nas/zahalna-informatsiia> (in Ukrainian).
- Lakyda, P., Geletukha, G., & Vasylyshyn, R. (2011). *Energy biomass potential in Ukraine*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine Publishing House of Ukraine (in Ukrainian).
- Lutsyshyn, T., & Maksymiv, L. (2018) The potential of energy wood usage in the Ukrainian Carpathians: Problems and Perspectives. *Proceedings of the 70th scientific-technical conference of the students, PhD students and students of the Small Academy of Ukrainian National Forestry University*. Lviv (in Ukrainian).
- Maksymiv, L., Klymovych, V., & Zahvoyska, L. (2016). The potential of energy wood usage: ecological economics dimension. *Proceedings of the Forestry Academy of Science of Ukraine*, 14, 244-251. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/81/47> (in Ukrainian).
- Pelyno, L., & Maksymiv, L. (2006). The role of forest and the problem of accounting of the forest resources of Ukraine. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 16.3, 25-29. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/v/znachennya-lisiv-ta-problemi-obliku-lisovih-resursiv-v-ukrayini> (in Ukrainian).
- Peters, D.M., Wirth, K., Böhr, B., Ferranti, F., Mifsud, E. C., Kärkkäinen, L., ... Zadnik Stirn, L. (2015). Energy wood from forests – stakeholder perceptions in five European countries. *Energy, Sustainability and Society*. 5-17. <https://doi.org/10.1186/s13705-015-0045-9>
- Power system flexibility for the energy transition (2018). Retrieved from file: [file:///C:/Users/moyo/Downloads/IRENA\\_Power\\_system\\_flexibility\\_1\\_2018.pdf](file:///C:/Users/moyo/Downloads/IRENA_Power_system_flexibility_1_2018.pdf)
- Statute of the municipal enterprise «Green World» of the Boryslav City Council (2016). Boryslav (in Ukrainian).
- Soloviy, I., Melnykovich, M., Björnson Gurung, A., Hewitt, R. J., Ustych, R., Maksymiv, L., Brang, P., Meessen, H., & Kaflyk, M. (2019). Innovation in the use of wood energy in the Ukrainian Carpathians:

- Opportunities and threats for rural communities. *Forest Policy and Economics*, 104, 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.001>
- State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine (2018). Retrieved from <http://sae.gov.ua/uk/business/investyscii> (in Ukrainian).
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2019). *General characteristics of forests of Ukraine*. Retrieved from [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=62921&cat\\_id=32867](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=62921&cat_id=32867) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2019). *Fuel briquettes and granules of wood and other natural raw materials*. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/> (in Ukrainian).
- Sustainable Development Goals: Ukraine. Baseline National Report (2017). Retrieved from <http://www.ua.undp.org/content/ukraine/en/home/library/sustainable-development-report/sustainable-development-goals--2017-baseline-national-report.html>
- The Circularity Gap Report (2019). Retrieved from <https://www.circularity-gap.world/>
- Wood Energy*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). Retrieved from <http://www.fao.org/forestry/energy/en/>.
- Zheliezna, T. A., Bashtovyy, A. I., & Geletukha, G. G. (2016). Analysis of possibility to obtain wood fuel from additional sources in Ukraine. *Industrial heat engineering*, 38 (4), 71-77. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/142297>

### **Еколого-економічна оцінка ефективності використання енергетичної деревини в регіональній агломерації «Дрогобыччина»**

Л. І. Максимів<sup>1</sup>, Т. Р. Луцишин<sup>2</sup>

Агломерация является территориальным объединением различных населенных пунктов с тесными экономическими, трудовыми, социальными и другими связями. Одна из важнейших сфер для налаживания тесного сотрудничества в рамках агломерации – повышение энергоэффективности. Особенностью региональ-

ной агломерации «Дрогобыччина» является ее принадлежность к Карпатскому экономическому району, характеризующемуся наивысшей в Украине лесистостью, где местное население традиционно использует древесину в энергетических целях для обогрева помещений и приготовления пищи. Соответственно здесь имеется достаточное количество ресурсов древесной биомассы, которую можно и нужно использовать в энергетических целях.

Карпатский регион имеет значительный потенциал древесной биомассы, доступной для энергетического использования путем привлечения лесной древесины, древесины от проведения ландшафтных работ, остатков древесины от технической обработки, древесных отходов. Дополнительными источниками древесного топлива могут быть парки, ползащитные лесополосы, энергетические плантации, лесонасаждения вдоль автомобильных и железных дорог, а также сухостой.

Ресурсный потенциал энергетической древесины региональной агломерации «Дрогобыччина» формируют ресурсы специализированных предприятий, где главными поставщиками древесной биомассы является государственное предприятие «Дрогобычское лесное хозяйство», Дрогобычское государственное лесохозяйственное предприятие «Галсильис» и коммунальное предприятие «Зеленый мир» в г. Борислав. В 2017 г. прирост древесины в лесном фонде предприятий составил: в ГЛП «Дрогобычское ЛХ» – 113,4 тыс. м<sup>3</sup>, Дрогобычского ГЛХП «Галсильис» – 32,2 тыс. м<sup>3</sup>, КП «Зеленый мир» – 0,9 тыс. м<sup>3</sup>.

Резервом повышения эффективности использования древесины являются порубочные остатки, объем которых на ГП «Дрогобычское ЛХ» в 2017 г. составил 7,1 тыс. м<sup>3</sup>, а на Дрогобычском ГЛХП «Галсильис» за первое полугодие 2018 г. – 0,5 тыс. м<sup>3</sup>. Дополнительным ресурсом древесной биомассы для использования в энергетических целях могут стать отходы операционной деятельности лесных хозяйств. Еще одним способом получения древесной биомассы является выращивание энергетических плантаций.

Для установления степени готовности местного населения использовать древесину для нужд домохозяйств, а также факторов, влияющих на масштабы использования энергетической древесины, был проведен социологический опрос части населения г. Борислав, в котором принял участие 81 респондент. В процессе исследования установлено, что большинство жителей пользуются индивидуальной системой отопления, используя газ или комбинированные котлы. Установлено, что 40% респондентов хотели бы изменить систему отопления. При благоприятных условиях – постоянное наличие ресурсов, дешевые кредиты на замену системы отопления, субсидии на твердое топливо и активное продвижение древесной биомассы как источника энергии, часть граждан выразила готовность перейти на отопление своего жилья энергетической древесиной.

<sup>1</sup> Максимів Людмила Ивановна – член-корреспондент ЛАН України, кандидат економічних наук, доцент кафедри екологічної економіки. Національний лесотехнічний університет України, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Україна. Тел.: +38 (032) 39-27-78. E-mail: maksymivl@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5003-0249>

<sup>2</sup> Луцишин Татьяна Романовна – магістр економіки оточуючої середовища та природних ресурсів. Національний лесотехнічний університет України, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Україна. Тел.: (098) 649 64 61. E-mail: tetyana.lutsyshyn@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6988-1545>

**Ключевые слова:** региональная агломерация; энергетическая древесина; древесные отходы; энергетический потенциал; эколого-экономическая эффективность.

## Ecological and economic estimation of the efficiency of energy wood use in the regional agglomeration «Drohobychyna»

L. Maksymiv<sup>1</sup>, T. Lutsyshyn<sup>2</sup>

Agglomeration is a territorial association of various settlements, connected by economic, labour, social and other aspects. One of the most important areas for establishing close cooperation within the agglomeration is to increase energy efficiency. The feature of the regional agglomeration of «Drohobychyna» is it's belonging to the Carpathian economic region, which is characterized by the highest forest cover in Ukraine, where the local population traditionally uses wood for energy purposes for heating premises and cooking. Accordingly, there is a sufficient amount of wood biomass resources that can and should be used for energy purposes.

The Carpathian region has a significant potential of wood biomass available for energy use by attracting forest wood, wood from landscaping, wood residues from the processing, wood waste. Additional sources of wood fuel can be parks, forest protection strips, energy plantations, afforestation along motorways and railroads, as well as dry land.

<sup>1</sup> *Lyudmyla Maksymiv* – Member-Correspondent of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Dr., Associate Professor of the Department of Ecological Economics. Ukrainian National Forestry University, Gen. Chuprynyk str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38 (032) 39-27-78. E-mail: maksymivl@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5003-0249>

<sup>2</sup> *Tetiana Lutsyshyn* – Master of Environment and Natural Resource Economics. Ukrainian National Forestry University, Gen. Chuprynyk str, 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: (098) 649 64 61 E-mail: tetyana.lutsyshyn@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6988-1545>

The resource potential of energy wood in the territory of the regional agglomeration of «Drohobychyna» forms the resources of specialized enterprises, where the main suppliers of wood biomass are the State Enterprise «Drohobych forestry», Drohobych State Forestry Enterprise «Galsillis» and potentially the «Green World» Municipal Enterprise in Boryslav. In 2017, the wood increment at the enterprises under consideration was: in the state enterprise «Drohobych forestry» 113.4 thousand m<sup>3</sup>; Drohobych SFE «Galsillis» 32,2 thousand m<sup>3</sup>; Municipal Enterprise «Green World» 0.9 thousand m<sup>3</sup>.

Reserve for increasing of the efficiency of wood utilization are cuttings, the volume of which at State Enterprise «Drohobych forestry» in 2017 amounted to 7,1 thousand m<sup>3</sup>, and at Drohobych SFE «Galsillis» for the first half of 2018 – 0,5 thousand m<sup>3</sup>. Waste of forestry operations can become an additional resource of wood biomass for use in energy purposes. Another way of producing wood biomass is to grow energy plantations on infertile lands.

To determine the level of readiness of the local population to use wood for the needs of households, as well as factors influencing the energy wood use, a sociological survey of part of the population of Boryslav was conducted, in which 81 respondents participated. The study found that most residents use an individual heating system using gas or combined boilers. It was found that 40% of respondents would like to change the heating system. Under favourable conditions such as constant availability of resources, cheap loans for replacing the heating system, subsidies for solid fuels and the active promotion of wood biomass as a source of energy, part of citizens expressed their willingness to switch to heating their housing energy wood.

This paper was developed in the framework of Swiss-Ukrainian research project «Identifying of Green Energy options in the Ukrainian Carpathians» under leading of Institute of forest, snow and landscape (WSL), Switzerland, funded by the Swiss Secretariat for Research, Education and Innovation (SBFI) in the framework of the Ukrainian-Swiss Cooperation in Forest Research consists of targeting the usage of wood energy in the Ukrainian Carpathians.

**Key words:** regional agglomeration; energy wood; wood waste; energy potential; ecological and economic efficiency.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411918>  
Article received 2018.09.20  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Ihor Soloviy  
[soloviy@yahoo.co.uk](mailto:soloviy@yahoo.co.uk)  
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 502.33:630

## Лісова політика у міждисциплінарному науковому контексті: тренди та перспективи розвитку

І. П. Соловій<sup>1</sup>

*Досліджено та узагальнено характерні тренди розвитку лісової політики як наукової дисципліни. На основі аналізу процесів зміни парадигми лісової політики та економіки лісокористування, суспільних змін і глобальних проблем поглиблено розуміння теоретико-методологічної сутності та економічного змісту лісової політики, як сучасної наукової дисципліни, її взаємозв'язки з іншими дисциплінами і особливості понятійного відображення різних інтерпретацій. Систематизовані епістемологічні підходи до лісової політики та економіки лісокористування. Узагальнено наукові підходи, характерні для досліджень з лісової політики, на основі огляду наукових праць як стосовно неї, так і в ширшому контексті публікацій з екологічної та природоохоронної політики. Обґрунтовано перспективи розгортання досліджень з лісової політики, зумовлені її важливістю для вирішення актуальних проблем, на які інші науки не дають відповіді: аналіз взаємних впливів політик різних секторів та їхньої взаємодії, інституційний аналіз, вивчення ринків, соціально-економічні дослідження ставлення різних категорій і груп населення до послуг лісових екосистем, вивчення потреб зацікавлених сторін.*

**Ключові слова:** аналіз лісової політики; екологічна економіка; зміна парадигми; менеджмент сталого лісового господарства; послуги лісових екосистем.

**Вступ.** Вагомою перепоною для сталого розвитку лісового господарства і лісового сектору загалом є відсутність сформульованої мети і пріоритетів лісової політики, яка в Україні досі не оформлена законодавчо і на практиці переважно лишень реагує *post factum* на різноманітні чинники суспільного впливу. Така ситуація зумовлює потребу розробити теоретико-методологічні засади формування суспільно узгодженої лісової політики та її впровадження за допомогою системи інструментів.

Лісова політика розвивається у низці країн, щонайменше – століття, водночас як наука і як процес управління, тобто у межах двох основних вимірів – наукового (теоретичного) і прикладного (практичного). Формування національної лісової політики у контексті глобалізаційних процесів, новітніх тенденцій міжнародної та європейської лісової політики, а, водночас, і трансформаційних процесів в на-

ціональній економіці вимагає зосередження більшої уваги на лісовій політиці як науковій дисципліні.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт дослідження* – процеси формування галузевої (секторальної) політики розвитку лісового сектора економіки, тобто лісової політики. *Предмет досліджень* – теоретичні і прикладні еколого-економічні аспекти формування лісової політики та системи відповідних інструментів. *Мета роботи* – розробка теоретико-методологічних основ і концептуальних рішень проблеми формування науково обґрунтованої лісової політики та інструментів її впровадження.

Систематизація теоретичних положень і розробка на їхній основі методології формування лісової політики та її інструментального забезпечення уможливлена завдяки комплексному використанню методів емпіричного і теоретичного рівнів пізнання, включаючи загальнонаукові методи досліджень:

<sup>1</sup> Соловій Ігор Павлович – академік Лісівничої академії наук України, віце-президент ЛАН України, доктор економічних наук, професор кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-287-03-88, +38-097-284-08-81. E-mail: [soloviy@yahoo.co.uk](mailto:soloviy@yahoo.co.uk) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

системний підхід, структурно-функціональний, нормативний, порівняльний та інституційний аналіз, методи порівняння та аналогій. Для досягнення мети дослідження на різних його етапах застосовано дисциплінарний, міждисциплінарний і трансдисциплінарний пізнавально-методологічний інструментарій. На мультидисциплінарному рівні інтегровано односторонні доповнення однієї наукової дисципліни іншою. Ми виходили з того, що лісова політика та економіка лісового господарства різні, але споріднені наукові дисципліни. Спорідненість зумовлена тим, що, відповідно до міжнародних класифікацій, ці науки належать до соціальних, пов'язані з поведінкою людини і функціонуванням суспільства, мають спільну історію (про що свідчить поняття «політична економія»), а, водночас, різні основи в галузі фундаментальних для цих дисциплін політичних та економічних наук. Основні ж відмінності лісової політики та лісової економіки зумовлені їхньою спрямованістю. В економіці увагу зосереджено на аналізі поведінки економічних агентів (людей, домогосподарств, фірм, державного сектору), а також їхньої взаємодії на ринках. У політиці увага акцентується на аналізі політики, яка впливає на функціонування господарських суб'єктів і на процесах, результатом яких стає державна політика, зокрема політика щодо галузей економіки.

Дослідження ґрунтується на усвідомленні факту, що на сучасному історичному етапі взаємопов'язаного розвитку світу (природи, суспільства і людини) усі актуальні проблеми мають складний характер, що вимагає виходу за межі дисциплінарних обмежень. Методологія базувалась на ідеї, що економіка лісокористування, яку традиційно розглядають як частину економіки природних ресурсів, повинна, як і лісова політика, інтегрувати підходи трансдисциплінарного наукового напрямку екологічної економіки.

**Результати досліджень.** Ґрунтовні праці з лісової політики, в яких викристалізувались теоретичні основи її як науки, опубліковані на початку минулого століття в Німеччині (von Enders, 1905, Weber, 1926). За означенням М. Ендерса, вміщеним у першій відомій нам книзі з лісової політики, виданій в Німеччині «...лісова політика є вченням про суспільне та економічне значення лісу і лісового господарства для держави і народного господарства» (von Enders, 1905). У перевиданні книги (1922 р.) додано: «Лісова політика як наука є вченням про передумови і умови, в яких лісове господарство найповніше і найкраще виконує свої загальнонаціональні та приватні господарські завдання. Лісова політика як прикладна економічна політика і галузь практичного державного господарства охоплює громадські і приватні механізми, що мають за мету пряме чи опосередковане сприяння лісовому господарству» (von Enders, 1922). Німецький вчений цього ж періоду Н. Вебер зазначав, що «...під лісовою політикою як наукою потрібно розуміти наукове обґрунтування місця, яке відводить держава лісовому госпо-

дарству у структурі національної економіки. Лісова політика має справу з суспільною значущістю лісу та розглядає ліс і пов'язані з ним дії (лісівництво, лісовпорядкування, лісове товарознавство та ін.), як такі, що мають промислово-технічну природу. Лісова політика є частиною суспільно-економічної, особливо державно-економічної діяльності, що має справу з лісовою галуззю. Ця діяльність за своєю сутністю є частково обмежувальною, частково спрямованою на збереження лісів, а частково – на догляд за ними...» (Weber, 1926).

Від моменту започаткування лісової політики як наукової дисципліни від неї очікували виконання двох завдань: по-перше – представництва інтересів лісового господарства у суспільстві, по-друге – покращання емпіричних знань стосовно того, як лісова політична система функціонує. Ці завдання знайшли відображення у двох наукових школах лісової політики: перша – зорієнтована на *онтологічно-нормативний аспект* досліджень і спрямована, насамперед, на вирішення практичних проблем лісового господарства та політичне сприяння його розвитку, друга – на *емпірично-аналітичний аспект*, а, саме, регулювання конфліктів різних інтересів щодо лісів у суспільстві. У німецькомовному регіоні Європи яскравим представником онтологічно-нормативної школи був Victor Dieterich, який прийшов у науку з сфери виробництва, і вважав, що лісова політика – наука, яка має обслуговувати інтереси менеджерів лісового господарства, тобто бути його лобістом (Dieterich, 1953). Ця школа зфокусувала увагу на загальносуспільних функціях лісів. Зауважимо, що саме Dieterich запровадив у 1930-х роках термін «функції лісів».

На противагу цьому нова (емпірично-аналітична) школа виходила з того, що різні члени суспільства мають різні інтереси щодо лісів. На важливості їх врахування вперше наголосив Пітер Глюк (Glück, 1976, 1982), вважаючи це основною концепцією для досліджень у галузі лісової політики. Цей підхід згодом став домінувати і більшість досліджень з лісової політики у Німеччині, Австрії та Швейцарії стали базуватись на постулаті, що процес лісової політики може бути проаналізовано лише за результатами виявлення всіх суспільних інтересів щодо лісів. У руслі цього підходу Мах Кротт розглядає лісову політику як процес соціальних переговорів, що регулюють конфлікти інтересів у використанні й охороні лісів згідно з програмами лісового сектора (Krott, 2005). На понятті «конфліктів інтересів» побудоване і визначення К.-Р. Волц: «Лісова політика – це цілеспрямована діяльність з наміром впорядкувати стосунки і конфлікти інтересів між суспільством, лісом і лісовим господарством для спільного блага» (Volz, 1997).

В англomовній літературі, поряд із терміном «лісова політика» (*forest policy*), використовують термін «лісоресурсна політика» (*forest resources policy*). Саме під такою назвою вийшла у світ книга американського вченого F. Cabbage, який вважає, що «...лісоресурсну політику можна розглядати як



цільовий курс дій чи взаємодій, які здійснює особа чи група осіб, відповідно до їхнього інтересу стосовно лісових ресурсів. Лісова політика визначає як будуть використовуватись ліси (зазвичай, для досягнення певного стану). Політика також визначає, хто отримує вигоду від лісокористування і хто компенсує витрати, пов'язані із веденням лісового господарства» (Cubbage et al, 1993).

На думку А. Worrell, «Лісова політика – це певні особливі принципи стосовно використання суспільством лісових ресурсів, дотримання яких робить внесок у досягнення певних цілей цього суспільства» (Worrell, 1970, с. 26). Цей автор розрізняє політику щодо лісового господарства (*forestry policy*), сфокусовану на політичних питаннях, пов'язаних із лісогосподарською практикою (наукове обґрунтування ведення господарства в лісах для тривалого отримання продукції та послуг) і лісову політику (*forest policy*), яка охоплює і розглядає всі політичні аспекти, пов'язані з впливом на ліси (зокр., політику щодо землекористування). Р. Ellefson, досліджуючи закономірності процесу розвитку і запровадження лісової політики, розглядає її як «...загально узгоджений і цілеспрямований курс дій, що має важливі наслідки для багатьох людей і для значного числа й обсягу природних ресурсів» (Ellefson, 1992, с. 15).

В. Husch у «Вказівках з формування лісової політики», виданих FAO, вбачає у лісовій політиці водночас «загальні чи специфічні цілі, що ідентифікують інтереси та цілі уряду стосовно використання й розвитку національних лісових ресурсів; презентацію державної програми діяльності у сфері лісового господарства; опис усіх видів діяльності, що суттєво впливають на використання та менеджмент лісів, які перебувають як у державній, так і приватній власності» (Husch, 1987, с. 4).

М. Gane, аналізуючи зацитовані означення лісової політики F. Cubbage, В. Husch і А. Worrell критикує їх за те, що вони стосуються лише лісових ресурсів, а не лісового сектора загалом, цілей та використання лісів, тобто процесу, що поєднує цілі розвитку з досягненням сектором очікуваних змін. На його думку, «...національну лісову політику можна порівняти з іншими галузевими політиками, такими як сільськогосподарська, промислова чи освітня... Підходити до формування лісової політики потрібно, зосереджуючись загалом на постулатах щодо її цілей, а не на сприйнятті її процесу...» (Gane, 2007, с. 292).

Ж. R. Nascimento характеризує лісову політику як таку, що «спрямована на збільшення внеску лісових земель у суспільний добробут» (Nascimento, 2005, с. 57). Це коротке визначення змістовне в економічному сенсі, оскільки автор вийшов за вузькі межі інтересів сектора і розглядає лісові землі в цілому як джерело суспільного добробуту. Згаданий автор розрізняє види політики залежно від особливостей їх внеску в суспільний добробут і пов'язаності з приватними чи суспільними товарами та послугами.

За визначенням І. Synakevych, «Лісова політика – це сукупність принципів та інструментів, які використовують національні та наднаціональні органи, політичні партії і громадські організації для відстоювання своїх інтересів у галузі відтворення, охорони й використання лісових ресурсів» (Synakevych, 2004, с. 5). Вчений трактував лісову політику як розділ економіки лісокористування, в якому розглядають принципи лісокористування та економічні, екологічні, соціальні й технологічні інструменти, використовувані для втілення в життя цих принципів.

Ye. V. Miseshinin, розглядаючи питання формування механізму екологізації раціонального використання та збереження лісових ресурсів, розрізняє екологічно зорієнтовану лісову політику і екологічну політику в лісовому секторі економіки (називаючи її ще екологічною лісовою політикою (Miseshinin, 2004).

Лісова політика – наука, що інтенсивно розвивається, а тому динамічно змінюється і розуміння її сутності. Цю тенденцію Е. Көрф характеризує так: «Класичними питаннями лісової політики раніше були: сталість постачання лісової продукції, запобігання деградації лісів, охорона природи, і, наприклад, в Німеччині – право кожного громадянина на доступ у ліси з метою відпочинку..., тепер актуальними стають інші проблеми, такі як потреба активізувати, пробудити політиків для того, щоб вони усвідомили довготермінові аспекти лісових екосистем і лісовирощування» (Körp, 2000).

У лісовій політиці та економіці лісокористування доречно виділити такі *епістемологічні підходи*: неопозитивістський, онтологічно-нормативний, інтерпретаційний та історико-діалектичний. Вони різняться за своїми припущеннями щодо таких питань: а) що є реальним з наукових припущень? б) як трактувати суспільні цінності? в) як формувати на їхній основі лісову політику?

*Неопозитивістський підхід* (інші назви: емпірично-дедуктивний, гіпотетико-дедуктивний) наукові дослідження обмежує емпіричними спостереженнями. В рамках цього підходу об'єктивність науки базується на її зверненні до фактів, а демаркація наукового від ненаукового здійснюється методом «проб і помилок», а не шляхом перевірки гіпотез. Так звані ненаукові (нормативні) питання можуть трактуватись як гіпотези стосовно конкуруючих цінностей. Перевага надається кількісним підходам (наприклад, оцінці ефективності, дієвості). Неопозитивістський підхід розглядає лісову політику як регулювання конфліктів різних інтересів у лісокористуванні.

*Онтологічно-нормативний підхід* виходить з того, що реальне є прихованим і сутність речей полягає у відкритості для наукового осмислення («реального визначення»). Сутність політики – формування суспільного порядку задля загальногo блага. Основними цінностями вважають доступ до знань. Вчені пропонують політичні рішення, які повинні бути застосовані, щоб легітимізувати прак-

тичну політику. Відмінність між науковим і політичним баченням проблем вважається незначною. Перевага надається історичному і якісному методам досліджень. Лісова політика за такого підходу зосереджена на забезпеченні суспільної підтримки лісового господарства.

*Інтерпретаційний підхід* виходить з того, що світ побудований на соціальних або дискурсивних засадах і суспільні явища не існують поза нашою їх інтерпретацією. Можна «зрозуміти» сенс суспільних явищ, не пояснюючи їх (герменевтичний підхід). Концепція «сенсу рішень» передбачає, що наукові істини – це щось більше за результат, підтверджений емпірично експериментами і випробуваннями. Ці істини – це наукові інтерпретації чи переконання, засновані на своєрідному «сплаві» технічних і соціальних рішень. Оскільки згідно цього підходу вважається, що об’єктивний аналіз суспільних явищ неможливий, то завданням вченого є самостійні дослідження в рамках визначеного дискурсу. Роль політичного аналізу зводиться до функції модератора та консультанта. Роль вченого полягає у вивченні соціальних конструкцій шляхом розробки «нарративу» і «сюжетної лінії». У методологічному плані увага зосереджена на якісних підходах дискурсивної теорії. Визначення лісової політики як науки зосереджено на розумінні сенсу окремих форм лісокористування для суспільства.

*Історико-діалектичний підхід* (інші назви: історико-матеріалістичний, історико-критичний) – це більшою мірою ідеологізований підхід, який базується на тоталітарному баченні історичного процесу як розвитку, спрямованого на досягнення «безкласового суспільства». Основними проблемами вважаються матеріалістичні протиріччя між трудовим класом і капіталістами. Завдання науки розглядаються крізь ідеологічну призму так званого служіння трудовому класу і побудови безкласового суспільства. Завдання лісової політики бачиться,

насамперед, у забезпеченні народного господарства продукцією.

Класифікація сучасних наукових досліджень з лісової політики дає змогу виділити три основних їхніх напрями: а) дослідження в межах правового поля лісової політики, тобто з погляду юридичної перспективи; б) дослідження, які базуються на підходах політичних наук; в) дослідження економічної перспективи із застосуванням еколого-економічних підходів. Дослідження, які базуються на підходах політичних наук, сприяють вивченню передумов, що вплинули на її формування з акцентуванням уваги на впливах, а, особливо, учасниках, які визначають її пріоритети, а також безпосередній її зміст (рис.).

Для аналізу традиційних проблем лісової політики переважно застосовують принципи неklasичної економіки, які жорстко критикують представники екологічної економіки (Costanza, 1991, Daly & Farley, 2003). У межах економічної перспективи дослідження з лісової політики були зосереджені, насамперед, на деревині як лісовому ресурсі, однак впродовж останніх років спектр досліджень значно розширився.

Зростання екологічної свідомості і сприйняття немонетарних «м’яких вартостей» лісів ведуть до того, що лісова політика дедалі тісніше інтегрується з екологічною, кліматичною та енергетичною, метою яких є корегувати вади ринку, пов’язані з наявністю зовнішніх ефектів та існуванням прерогатив загальносуспільного добробуту. На наш погляд, запровадження принципів екологічної економіки в теоретичні основи лісової політики вимагатиме адаптації до трендів розвитку комерційних ринків послуг лісових екосистем та зростання вагомості їхніх соціальних функцій.

У табл. узагальнено наукові підходи, характерні для досліджень з лісової політики, на основі огляду наукових праць як стосовно неї, так і у ширшому контексті публікацій з екологічної та природоохоронної політики.

Таблиця

**Наукові підходи у дослідженнях лісової політики**

| Науковий підхід                           | Сутність досліджень   |
|---|---|
| Історичний                                | Визначення рушійних сил і подій, що спричиняють зміни політики в часі                                 |
| Прагматично-плюралістичний                | З’ясування впливу суспільних груп на політику, визначення політичної доцільності управлінських рішень |
| Міжгалузевий (міжсекторальний)            | Дослідження впливу лісового сектора на політику інших секторів економіки та їхньої взаємопов’язаності |
| Структурний підхід (політекономічний)     | Аналіз сфер впливу основних політико-економічних груп, що визначають політику                         |
| Антропології політики і влади             | Дослідження політичних позицій, поглядів та владних можливостей усіх учасників                        |
| Інструментальний / зосереджений на змісті | Аналіз і рекомендації щодо змісту політики, її інструментів і механізмів                              |

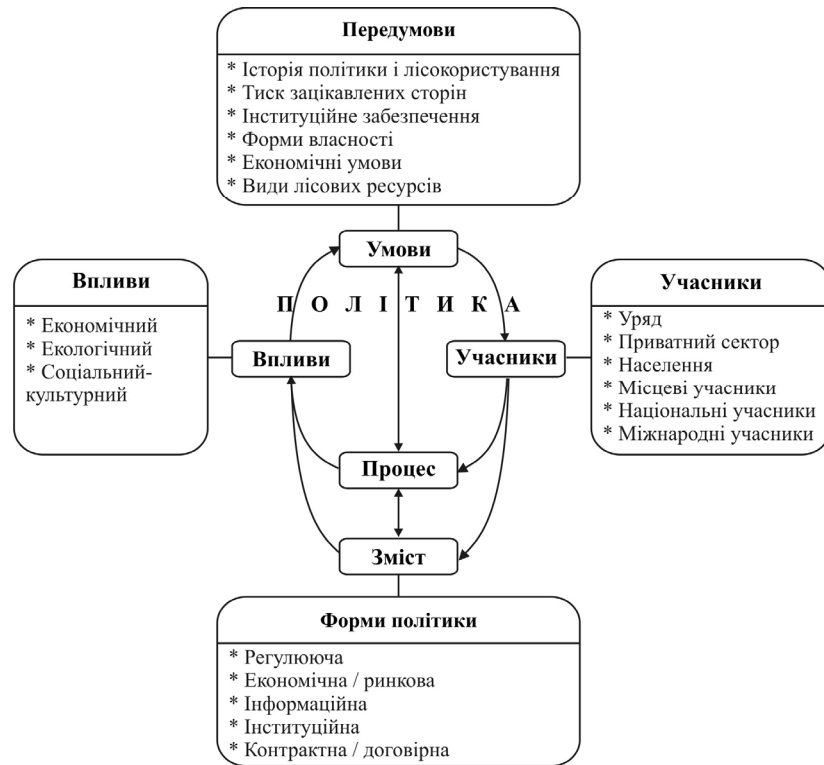


Рис. Чинники, які визначають пріоритети досліджень з лісової політики

Виконаний аналіз засвідчив, що найпоширенішими в науковій літературі є підхід раціонального вибору і підхід, зосереджений на змісті політики («*rational choice*» and «*content-focused*» analyses – англ.); значну частку займає і прагматично-плюралістичний підхід («*pragmatic pluralist*» approach – англ.). Водночас дедалі більшого значення набувають інструментальний та міжгалузевий підходи, що зумовлено потребами координації діяльності різних секторів задля вирішення таких нагальних проблем, як зміна клімату, збіднення біорізноманіття та втрата потенціалу послуг лісових екосистем.

Впродовж останніх трьох десятиліть суспільне бачення значення лісів докорінно змінилося. Ліси вже не розглядають як виключно джерело отримання деревини, а як комплексні екосистеми, які підтримують існування життя на планеті, роблять внесок у розвиток сільських територій, подолання бідності, збереження біорізноманіття та стійкості екосистем, забезпечують широкий спектр продукції та послуг. А це потребує нових підходів і до лісової політики.

Теоретично, державна політика повинна забезпечувати баланс суспільних інтересів щодо збереження лісів, їх використання і відтворення на найпроблемніших територіях. Однак у реальному житті шлях для досягнення цієї мети пролягає від з'ясування причин лісових конфліктів на місцевому рівні до аналізу процесів глобалізації ринку, потоків капіталів і технологій.

Розвиток лісової політики у ХХ ст. тісно пов'язаний з підходами, започаткованими у США, які можна охарактеризувати, як спробу забезпечити

найбільше благ для якомога більшої кількості користувачів. Ідеї першого керівника Лісової служби США Гіффорда Пінчота, засновника цього підходу, отримали розвиток у багатьох країнах. J. Fedkiv зауважив, що лісова політика дедалі більше уваги приділяє природоохоронному аспекту, що є наслідком збільшення і урізноманітнення потреб суспільства в продуктах, послугах і цінностях лісів; набуття нових наукових знань, що визначають комплексність менеджменту екосистем для різноманітних цінностей (Fedkiv, 1996).

Деякі автори характеризують цей тренд як перехід до пост-модерного менеджменту природних ресурсів. Відбулась зміна парадигм: спершу перехід від політики, базованої на державній власності та державному регулюванні до підходів, базованих на ринковій економіці, а згодом від них – до підходів, базованих на інтересах громад і концепції сталого розвитку. На наш погляд, ці парадигми не витіснили одна одну, а навпаки – спричинилися до кумулятивного ефекту, який полягає у поєднанні різноманітності політичних й управлінських альтернатив – командно-контрольних, саморегулятивних і стимулювальних, спроможних інтегруватися відповідно до політичного контексту.

Постмодернізм як теорія, що суттєво вплинула на лісову політику, в економічній діяльності полягає у переході від звичних форм власності до комплексного їх поєднання та виникнення нових категорій, від традиційної детерміністичної науки – до системи багатоцільових знань, від визнання лише державних інтересів – до поєднання інтересів різних суспільних груп.

Змінилось не лише суспільне сприйняття ролі лісів, але й підходи до управління ними. На зміну механістичному (тобто технократичному, позбавленому розуміння сутності природних процесів) підходу прийшов так званий органічний підхід, який передбачає узгодження господарських рішень із законами функціонування екосистем (Kennedy et al, 1998). Замість редуціоналізму, тобто максимально спрощеного прагматичного розуміння, набув поширення голістичний підхід, який полягає у врахуванні широкого кола функцій лісів.

Зростання потреби у соціальних і екологічних вигодах від лісів зумовлює громадський тиск на державні структури, відомства і підприємства, відповідальні за ведення лісового господарства. У минулому такі структури були ключовою, або й єдиною інстанцією на лісополітичній арені, яка поєднувала функції менеджера, власника, судді й інструктора. Наростання тиску громадськості змушує державні структури зосереджуватись на двох останніх функціях, тоді як приватний сектор і громадськість переймають на себе усі інші.

Суспільне усвідомлення соціокультурної ролі лісів спонукає до досліджень, результати яких можуть використовуватись у стратегіях лісової політики. Так, у Шотландії ліси розглядають як інструмент збереження національної ідентичності і самоорганізації громад. Тому вивчають можливості їх залучення до планування лісокористування. Особливу увагу звертають на соціальні інновації місцевих громад, як вагомий чинник їхнього добробуту (Sarkki et al., 2019).

Під час формування лісової політики потрібно брати до уваги сучасні виклики, пов'язані з станом довкілля. Найпоширенішими є два критеріальні підходи до визначення вагомості впливів довкілля і впливів на довкілля у лісовій політиці – *соціальний*, спрямований на максимізацію загальних соціальних ефектів, зокрема, врахування екологічних аспектів в економічних розрахунках та *біоцентричний* – заснований на парадигмі порушень у природних системах (Adamovich & Veeman, 1998). Згідно з першим підходом, лісогосподарське виробництво генерує ефекти поза сферою компетенції ринкової системи. Під час господарських заходів виникають зовнішні ефекти (як позитивні, так і негативні), зумовлені змінами середовища існування лісової фауни, впливом на якість вод, структуру ландшафту, рекреаційні ресурси і т. ін. З огляду на перспективу якомога повнішого використання лісових ресурсів, ці елементи розглядатимуть як цілісність, тому прибутки від лісогосподарського виробництва, чи будь-які інші позитивні ефекти аналізують з погляду їхньої вартості та будь-яких негативних ефектів, спричинених виробничою діяльністю. Так званий постулат «соціального планування» є фундаментальним для економічного аналізу суперечливих питань лісокористування. Він лежить в основі багатьох національних лісових політик і базується на потребі максимізувати суспільні вигоди від використання лісових ресурсів. До уваги беруть не лише

прибутки від економічної діяльності, але й вигоди, що пов'язані з довкіллям.

На стадії ухвалення рішень актуалізуються питання ефективності та справедливості аллокації ресурсів. Природне довкілля розглядають (поряд з капіталом та робочою силою) як складову частину ресурсів, від яких залежить забезпечення суспільства товарами та послугами. Підхід, що ґрунтується на врахуванні інтересів довкілля в лісовій політиці, застосовується достатньо давно, проте він не позбавлений суперечностей, пов'язаних зі складністю оцінки багатьох вартостей чи вигід. Проблема визначення вартостей, пов'язаних з рекреаційною діяльністю, мисливством, рибальством, недеревинними ресурсами лісу, полягає у складності самого аналізу та збору потрібної інформації.

У XXI ст. набула поширення парадигма лісової політики, яка зосереджує увагу на екологічних аспектах лісового середовища. Цей підхід базується на парадигмі природних порушень (*Natural Disturbance Paradigm*) і біоцентричному підході, заснованому на гіпотезах моделі спадковості в екосистемах із зосередженням уваги на еталонах природних ландшафтів та біорізноманітті. Такий менеджмент забезпечує впорядкованість екосистеми, однак не обов'язково забезпечує виробництво необхідних суспільству товарів та послуг.

Якщо суспільство не зорієнтоване на досягнення сталості, тоді результати підходу, заснованого на врахуванні природних порушень, та підходу, який базується на соціальній моделі, будуть однакові. Якщо ж воно захоче розподілити ризики від втрати екологічної інтегрованості на всі компоненти вартості, тоді ці підходи будуть відрізнятися. До негативних аспектів підходу менеджменту екосистем можна віднести те, що він ігнорує потребу досягнення суспільного балансу, прагнучи досягти лише екологічно-оптимальних лісових умов. Ми вважаємо, що компромісною позицією, яка поєднає менеджмент екосистем та антропоцентричний менеджмент, буде стан рівноваги, який враховуватиме більшість проблем лісового господарства та охорони довкілля.

Перспективи розгортання досліджень з лісової політики зумовлені її важливістю для вирішення проблем, на які інші науки не дають відповіді. Адже такі дослідження дають змогу відвернути конфлікти, сприяють аналізу перспектив розвитку сектора, допомагають ідентифікувати деформації, виниклі під час запровадження політики і виявити причини неефективних рішень і негативних результатів, діапазон можливостей для вдосконалення та вказати на можливі реформи (Chandrasekharan, 2002).

Аналіз взаємних впливів політик різних секторів та їхня взаємодія з лісовою політикою і того, як вони впливають на досягнення основних національних цілей, може допомогти гармонізувати як економічну, так і екологічну політику і забезпечити їхню інтеграцію.

Інституційний аналіз допомагає визначити характер і фази інституційної реструктуризації – напр.,

децентралізації. Дослідження потенційної ролі залучених у лісову політику організацій і методів їхньої діяльності дають змогу ідентифікувати потреби і можливості інституційного будівництва, партнерства, реструктуризації бюрократичної системи.

Вивчення ринків (доступність, мінливість, вплив на збереження ресурсів) важливі для визначення цілей політики щодо лісогосподарського виробництва. Інвестиції в лісове господарство і деревообробну промисловість також пов'язані із ситуацією на ринку лісопродукції.

Соціально-економічні дослідження щодо ставлення різних категорій і груп населення до послуг лісових екосистем, вивчення потреб зацікавлених сторін дасть змогу збалансувати цілі політики, впорядкувати стратегії та заходи, забезпечити чітку перспективу щодо ролі лісового сектора в подоланні соціальних проблем, викоринити прояви корупції, здійснюючи це послідовно, відповідно до принципів сталого розвитку.

**Висновки.** Лісова політика як наукова дисципліна еволюціонувала, інтегрувавши наукові підходи суміжних наукових дисциплін і продовжує розвиватися у руслі пошуку рішень нових суспільних потреб і соціальних змін, глобальних екологічних викликів, нової політичної та економічної реальності.

У лісовій політиці доречно виділити такі епістемологічні підходи, які визначають сутність наукових досліджень: неопозитивістський, онтологічно-нормативний, інтерпретаційний та історико-діалектичний.

Аналіз сучасних наукових досліджень з лісової політики дає змогу здійснити їхню класифікацію, виділивши три основних тренди: дослідження в межах правового поля лісової політики, тобто з погляду юридичної перспективи; дослідження, які базуються на підходах політичних наук; дослідження економічної перспективи лісової політики, які, зокрема, отримали розвиток унаслідок застосування еколого-економічного підходу. Запровадження принципів екологічної економіки в теоретичні основи лісової політики передбачає визначення екологічних обмежень лісочористування, охоплення комерційних ринків екосистемних послуг лісів та врахування вагомості їхніх соціальних функцій.

Сучасні моделі екологізації економіки доволі різноманітні (Dubovich et al., 2018). Зокрема відповідно до Цілей Сталого Розвитку ООН до 2030 року, все більшої політичної уваги та зацікавленості дослідників набуває концепція біоекономіки замкненого циклу. Ця нова концепція передбачає ефективніше управління відновлюваними ресурсами на біологічній основі шляхом інтеграції принципів економіки замкненого циклу в біоекономіку (Dalia, et al., 2019). Ці ідеї повинні бути осмислені на теоретичному рівні на предмет їх інтеграції у бізнес-моделі та політику сталого розвитку лісового сектору.

У дослідженнях лісової політики отримали поширення такі наукові підходи: історичний, прагматично-плюралістичний, міжгалузевий (міжсекторальний),

структурний підхід, політекономічний, інструментальний та антропології політики і влади. Дослідження процесів лісової політики сприяють виявленню перспектив розвитку лісового сектора і його плануванню.

Аналіз взаємних впливів політик різних секторів, їхньої взаємодії з лісовою політикою та аналіз того, як вони впливають на досягнення основних національних цілей розвитку, може допомогти узгодити як економічну, так і екологічну політику і забезпечити їхню інтеграцію.

Збільшення та урізноманітнення потреб суспільства у продуктах, послугах і цінностях лісів у поєднанні з усвідомленням виснаження ресурсів і погіршення стану довкілля зумовили зміну парадигми менеджменту природних ресурсів, що знайшло відображення у теоретичному розвитку лісової політики як науки.

Дослідження лісової політики є і будуть потрібними для успішного здійснення «зміни парадигми» на шляху до сталого розвитку. Втілення в життя нових концепцій лісової політики, методів управління та створення й реорганізації чинних інституцій допоможе запровадженню ефективних реформ.

#### Бібліографічні посилання

- Adamovich, W.L., & Veeman, T.S. (1998). Forest Policy and the Environment: Changing Paradigms. Canadian Public Policy – Analyse de Politiques, Vol. XXIV Supplement / Numero Special 2, p. 52-61.
- Cabbage, F.W., & Newman, D.H. (1993). *Forest Resource Policy*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Chandrasekharan, C. (2002). The Need for Forest Policy Research and Articulation. Paper presented at the IUFRO Science/Policy Interface Task Force regional meeting held in Chennai, India at the M.S. Swaminathan Research Foundation, 16-18 July 2002. – 14 p.
- Costanza, R., Daly, H. E., & Bartholomew, J.A. (1991). Goals, Agenda and Policy Recommendations for Ecological Economics. Ecological Economics: the science and management of sustainability / edited by Robert Costanza. – New York, Columbia University Press, p. 1-21.
- Daly, H. E., & Farley, J. (2003). *Ecological Economics: Principles and Applications*. Island Press.
- Dalia, D., Veijonahoa, S., & Toppinen, A. (2019). Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs. *Forest Policy and Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.12.004>
- Dietrich, V. (1953). *Forstwirtschaftspolitik*. Hamburg und Berlin.
- Dubovich, I., Adamovsky, A., Vasylyshyn, K., Soloviy, V. (2018). Contemporary models for greening of economics: concepts, unity, contradictions and directions for interaction. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 158-164. <https://doi.org/10.15421/411831> (in Ukrainian).

- Ellefson, P. V. (1992). Forest resources policy: process, participants, and programs. McGraw-Hill, Inc., pp. 15-16.
- Fedkiw, J. (1998). *Managing Multiple Uses on National Forests 1905-1995. A 90-year Learning Experience and Isn't Finished Yet.* – Washington DC: USDA-Forest Service.
- Gane, M. (2007). *Forest strategy. Strategic Management and Sustainable Development for the Forest Sector.* Dordrecht: Springer.
- Glück, P. (1976). *Die Rolle der Verbände in der theoretischen Forst- und Holzwirtschaftspolitik, Habilitationsschrift Universität für Bodenkultur.* Wien.
- Glück, P. (1982). Contribution of forest spatial planning to a regional spatial policy. *Allgemeine Forstzeitung*, 93, 1-8 (in Deutsch).
- Husch, B. (1987). Guidelines for forest policy formulation. FAO Forestry Paper 81, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Kennedy, J. J., Dombeck, M. P., Koch, N. E. (1998). Values, beliefs and management of Public Forests in the Western world at the close to the twentieth century. *Unasylva*, 192 (49), 16-26.
- Kopf, E. U. (1995). Socio-Economic Considerations in Changes to Forest Management Practices. International Forestry Seminar «Exploring Multiple Use and Ecosystem Management: From Policy to Operational Practices». FAO/ECE/ILO Proceedings, British Columbia, Canada; September 9-15, pp. 141-148.
- Krott, M. (2005). *Forest policy analysis.* Dordrecht: Springer.
- Miseshinin, Ye. V. (2004). Ecological economic preconditions for transformation of forest ownership. *Scientific works of the DonNTU, series Economic*, 69, 131-136 (In Ukrainian).
- Nascimento, J. R. (2005). *Forest Vocation Lands and Forest Policy: When Simpler is Better. RUR-05-03.* Washington, D.C.: Inter-American Development Bank.
- Sarkki, S.; Ficko, A.; Miller, D. R.; Barlagne, C.; Melnykovich, M.; Jokinen, M.; Soloviy, I.; & Nijnik, M. (2019) Human values as catalysts and consequences of social innovations. *Forest Policy and Economics*, 104, 33-44.
- Synakevych, I. M. (2004). *Forest policy.* Lviv: IZMN (In Ukrainian).
- Von Enders Max (1922). *Handbuch der Forstpolitik mit besonderr Berück Sichtung der Gesetsyebung und Statistik. Zweite, newbearbeitete Auflage.* Berlin: Verlag Von Julius Springer,
- Weber, H. (1926). *Forstpolitik.* Berlin: Verlag Von Paul Parey.
- Worrell, A. C. (1970). *Principles of Forest Policy.* New York: McGraw-Hill book company.
- Volz, K.-R. (1997). Forest use concepts and their forestry assessment. *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, 116, 291-300 (in Deutsch).

## Лесная политика в междисциплинарном научном контексте: тренды и перспективы развития

И. П. Соловий<sup>1</sup>

На основании анализа процессов изменения парадигмы экологической и лесной политики, экономики лесопользования, общественных изменений и глобальных проблем углублено теоретико-методологическую сущность и экономическое содержание лесной политики, как современной научной дисциплины, ее взаимосвязи с другими дисциплинами и особенности понятийного отражения разных интерпретаций. Систематизированы эпистемологические подходы к лесной политике и экономике, научные подходы к исследованиям в сфере лесной политики, предложена их классификация. Обобщены подходы к исследованиям, которые имеют отношение к исследованиям в области лесной политики, основанные на обзоре научных работ как в этой сфере, так и в более широком контексте публикаций по вопросам экологической и природоохранной политики. Обоснованы перспективы развёртывания исследований по лесной политике в связи с ее важностью для решения насущных проблем, на которые другие науки не дают ответов: анализ взаимного влияния политики в различных секторах экономики и их взаимодействия, институциональный анализ, исследование рынков, социально-экономические исследования отношения различных категорий и групп населения к услугам лесных экосистем, изучение других потребностей заинтересованных сторон в лесах и их продукции.

**Ключевые слова:** анализ лесной политики; экологическая экономика; изменение парадигмы; менеджмент устойчивого лесного хозяйства; услуги лесных экосистем.

<sup>1</sup> Соловий Игорь Павлович – академик Лесной академии наук Украины, вице-президент ЛАН Украины, доктор экономических наук, профессор кафедры экологической экономики. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-287-03-88, +38-097-284-08-81. E-mail: soloviy@yahoo.co.uk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>



## Forest Policy in the Interdisciplinary Scientific Context: Trends and Development Prospects

I. Soloviy<sup>1</sup>

The article explores and generalizes the characteristic trends of forest policy development as scientific discipline. Taking into account tendencies of the processes of environmental and forest policy and forest economics paradigm shift, social changes and global problems, the understanding of theoretical essence and economic content of forest policy as a modern scientific discipline and its interrelations with other disciplines, epistemological approaches to forest policy studies systemized. Main research fields in forest policy are overviewed and their classification proposed. The approaches that are relevant to forest policy studies are generalized on the basis of relevant scientific papers review and in the wider context of publications on environmental and conservation policies. The prospects for forest policy studies development are explained due to its importance for solving the urgent

problems that other sciences do not give answers: the analysis of mutual influences of policies in different sectors and their interaction, institutional analysis, the study of markets, socio-economic research of the needs in forest products and attitudes towards forest ecosystem services of the different categories and groups of stakeholders.

Analysis of modern scientific research on forest policy allows us to make their categorization, highlighting the three main trends: research within the legal field of forest policy, that is the point of view of the legal prospects; research that are based on political sciences perspective; a study of the economic prospects of the forest policy, in particular such studies base on the application of ecological economics approach. The introduction of the principles of ecological economics into theoretical fundamentals of forest policy call for determination of ecological boundaries (restrictions, limitations) of forest exploitation, coverage of commercial markets for ecosystem services and taking into account the role of their social functions. In line with the SDGs of the UN 2030 Agenda, the circular bioeconomy concept is considered as gaining greater policy research interest. This new concept implies a more efficient resource management of bio-based renewable resources by integrating circular economy principles. Therefore its ideas have to be conceptualized at theoretical level for forest sector business models and policies.

**Key words:** forest policy analysis; ecological economics; paradigm shift; Sustainable Forest Management; forest ecosystem services.

---

<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 of the Department of Ecological Economics, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-287-03-88, +38-097-284-08-81. E-mail: soloviy@yahoo.co.uk ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411919>  
Article received 2018.09.18  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Vasyl Yukhnovskiy  
[yukhnov@ukr.net](mailto:yukhnov@ukr.net)

General Rodimtsev str., 19, Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 502-025.17:711.4

## Оцінка екосистемних послуг у генеральному плануванні міських територій

В. Ю. Юхновський<sup>1</sup>, О. В. Зібцева<sup>2</sup>

На основі аналізу літературних джерел і генеральних планів розвитку міст з'ясовано сучасний стан та рівень впровадження концепції екосистемних послуг у містобудівному плануванні України й окреслено перспективи його інтеграції та розвитку. Обґрунтовано координованість генерального планування із динамікою трансформації землекористування міських територій і вартістю їх екосистемних послуг. Зазначено, що оцінювання екосистемних послуг здійснюється за трьома напрямками: екологічним, економічним і соціальним. Для кожної з груп екосистемних послуг застосовують свої методи оцінювання. Так, забезпечувальні екосистемні послуги найчастіше оцінюють за їх ринковою вартістю, регулятивні – методами «запобігання та заміщення витрат», культурні – методом «витрат на подорож». За результатами аналізу динаміки вартості послуг глобальної екосистеми впродовж 1995-2015 рр. виявлено втрату \$1,21 млрд, що свідчить про найбільшу уразливість екорегіонів, у складі яких домінують екостабілізаційні угіддя: ліси, луки, пасовища, води. Обґрунтовано необхідність гармонізації національного екологічного законодавства з європейськими стандартами, впровадження екосистемного підходу в територіальний менеджмент, деоцінювання екосистемних послуг має стати невід'ємним атрибутом територіального планування. Враховуючи, що серед індикаторів сталого розвитку ООН є низка показників, пов'язаних із екологічною стійкістю природних комплексів і співвіднесених із екосистемними послугами (наприклад, лісистість), обґрунтовано атрибутивність введення альтернативного нормативного показника для генерального планування міських територій – рівня озеленення міста як містобудівного обмеження.

**Ключові слова:** сталий розвиток; вартість екосистемних послуг; зелений простір; озеленення.

**Вступ.** Сталий розвиток – це стабільний соціально-економічний розвиток, що не руйнує своєї природної основи. Згідно з концепцією сталого розвитку пропонують використовувати економічний механізм врегулювання взаємовідносин людини і природи у вигляді оцінювання екосистемних послуг (ЕП) (Rozenberh, 2014). Сформульоване майже три десятиліття тому поняття оцінки ЕП передбачало забезпечення основи вирішення проблем охорони природи і збереження біорізноманіття (Vodrov et al., 2016). На світовому рівні актуалізуються питання,

пов'язані з ефективним управлінням ЕП, які ґрунтуються на їхньому об'єктивному економічному оцінюванні (Sotnyk & Mogilenets, 2011). Активно сприяють проведенню наукових досліджень у сфері економічного оцінювання ЕП такі міжнародні організації, як Організація Об'єднаних Націй, Світовий Банк, Всесвітній Фонд Дикої Природи.

У контексті вирішення завдань переходу до сталого розвитку в Україні, як і в інших країнах, останнім часом також приділяють певну увагу запровадженню концепції ЕП, а саме: оцінюванню,

<sup>1</sup> Юхновський Василь Юрійович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри відтворення лісів та лісових меліорацій. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Генерала Родимцева, 19, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-067-720-32-16. E-mail: [yukhnov@ukr.net](mailto:yukhnov@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3182-4347>

<sup>2</sup> Зібцева Ольга Василівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ландшафтно-архітектурної та садово-паркового будівництва. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Генерала Родимцева, 19, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-050-835-77-74. E-mail: [stplut2017@gmail.com](mailto:stplut2017@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0706-0738>

визначенню величини потенціалу, формуванню й реалізації стратегії держави на внутрішньому і зовнішньому ринках ЕП (Bodrov et al, 2016). Українське законодавство передбачає імplementацію підходу ЕП до 2020 року. ЕП згадуються в Законі України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики до 2020 року», спрямованому на гармонізацію українського екологічного законодавства з ЄС і впровадження екосистемного підходу в управлінську практику (Kruhlov, 2018). «Національний план дій з охорони навколишнього природного середовища на 2011-2015 роки» передбачав розробку офіційної методології визначення та класифікації ЕП. Однак наразі обізнаність щодо ЕП низька і не набула поширення навіть у наукових колах. Дотепер немає офіційної методики здійснення оцінювання ЕП та її інтеграції у територіальне планування.

Згідно з чинним законодавством, Україна перебуває у процесі розроблення офіційних підходів і методик класифікації та монетарної оцінки ЕП. Наукових робіт з цієї тематики обмаль й досі не запропоновано офіційної методики щодо визначення можливих типів ЕП на підставі інвентаризацій і оцінок (Kruhlov, 2018). Втім, як визнає автор, підхід ЕП має стати стандартним компонентом територіального планування.

У більшості країн Європи концепція ЕП є основою стратегічних планів національної політики збереження та відновлення природних ресурсів (Rakhomov et al, 2018), а перехід суспільства на екологічну парадигму розвитку є важливою умовою реалізації природовідтворення.

Незважаючи на те, що Україна є стороною понад 50 двосторонніх угод і 40 глобальних та регіональних конвенцій, протоколів екологічного спрямування, рівень збалансованості розвитку в Україні дуже низький. Наразі правові засади територіального планування в Україні формуються в полі дії понад ста законодавчих актів й загалом законодавчу базу в сфері територіального планування та містобудівної діяльності можна вважати сформованою, хоча вона має багато недоліків.

У всіх країнах ЄС планувалося провести картографування та оцінювання ЕП до 2014 року. Натомість Україна досі не має офіційно затвердженої Концепції, Стратегії і Плану дій щодо переходу до сталого розвитку і впровадження його принципів у практику, що, на думку Копonenko (2013), свідчить про невисоку ефективність національної екологічної політики. Найкращі приклади успішного сталого розвитку демонструють Естонія, Чехія, Словаччина, натомість Україна, на жаль, – найгірший, незважаючи на розробку та введення в дію 137 національних, державних, міжнародних, галузевих і регіональних програм, безпосередньо пов'язаних із сталим розвитком. Копonenko (2013) вважає, що Україна є зовнішньо орієнтованою у сфері політики сталого розвитку та регіональної екологічної політики і констатує повільність переходу на модель сталого розвитку внаслідок недостатнього інститу-

ційного забезпечення та низької ефективності механізму державного управління загалом.

Наразі практичний облік ЕП ведеться в багатьох країнах (Koniushkov, 2015). Понад 50 країн прийняли зобов'язання використовувати вартісні оцінки природного капіталу в системах національних рахунків (Titova, 2015). Так, у 2011 р. у Великобританії було завершено оцінювання національних екосистем, в ході якого встановлено тенденції зміни екосистем у ретроспективі за кілька десятиліть. У 2012 р. було завершено загальне оцінювання національних екосистем у скандинавських країнах (Фінляндії, Швеції, Норвегії, Данії, включаючи Гренландію, Ісландію), метою яких було виявлення найкритичніших екосистем та індикацію можливостей використання оцінок ЕП у державних системах охорони природи. Європейська стратегія біорізноманіття вимагає від усіх країн-учасниць ЄС до 2020 р. встановити й оцінити на національному рівні екосистеми та їхні послуги, а також інтегрувати отримані результати в загальну систему еколого-економічних розрахунків. План дій передбачає розробку методики класифікації та оцінювання ЕП.

В Україні до 2020 р. екосистемний підхід має бути впроваджено у територіальний менеджмент, а українське екологічне законодавство – гармонізоване з європейськими стандартами. Втім Україна у питанні системного обліку ЕП перебуває на самому початку процесу: на відміну від більшості країн, в Україні немає Національної стратегії біорізноманіття, термінологія та методики у сфері екології формувалися ще за радянських та пострадянських часів й наразі не завжди гармоніюють із західними підходами та концептами. Доволі обмеженою є база вихідних даних, що, на наш погляд, є першочерговою проблемою у здійсненні підрахунків вартості ЕП.

Концепція ЕП отримала визнання в національній екологічній політиці та законодавстві багатьох країн, але не в Україні, хоча серед пріоритетних стратегічних завдань екологічної політики нашої держави визначено «формування до 2015 року та подальше застосування вартісного оцінювання ЕП» (Soloviy, 2016).

Сталий розвиток міських територій є основною метою стратегічного планування. Наразі міська система озеленення, зазвичай, планується з використанням рекреаційних стандартів, незважаючи на зростання уваги до ЕП. Актуалізація ЕП – не лише чинник забезпечення стійкості, екологічної збалансованості та збереження екосистем, але й убезпечення життєдіяльності людини. З огляду на це, оцінка стійкого розвитку природничого потенціалу екосистеми міста стає дедалі необхіднішою.

**Об'єкти і методика дослідження.** Дослідження здійснено на основі аналізу літературних джерел за допомогою пошукової системи Web of Science (<http://webofscience.com>) за ключовим словосполученням «city ecosystem services», де були відібрані лише публікації за 2017-2019 рр. Також проаналізовано аналогічні джерела у довільному російськомовному та українськомовному пошуку

Google за останнє десятиріччя. У дослідженні використано системний підхід, порівняльний аналіз та узагальнення.

*Предметом досліджень* є концепція ЕП, методологія оцінювання та її використання у системі територіального міського планування, зокрема в українських реаліях. *Мета дослідження* полягає у з'ясуванні реальної ситуації щодо впровадження концепції ЕП у генеральне планування міських територій в Україні.

Загалом оцінювання ЕП здійснюють за трьома напрямками: екологічним, економічним і соціальним (Koniushev, 2015). Еколого-економічні підходи покликані посилити роль ринкових механізмів у справі захисту навколишнього середовища. При цьому для кожної із груп ЕП використовують свої методи вартісного оцінювання. Забезпечувальні ЕП, частка яких у сукупній вартості ЕП відносно невелика, часто оцінюють за їх ринковою вартістю; регулятивні – методами «запобігання витратам» і «заміщення витрат», культурні – методом «витрат на подорож» та іншими. В основу неринкового оцінювання, зазвичай, покладена готовність сплачувати за певні ЕП, при цьому обов'язковим під час оцінювання ЕП на місцевому рівні вважають системний підхід.

Отже, для кожної групи ЕП існують свої методи вартісного оцінювання. Найпростіші – методи ринкового оцінювання (market price methods), які використовують для відчужуваних забезпечувальних ЕП. Методи оцінювання не ринкових ЕП (переважно регулятивних і культурних), засновані на низці припущень і зазвичай вимагають серйозної статистичної роботи й усвідомлення обмеження цих способів (Costanza et al., 2006).

Для оцінювання ЕП, які не мають реальної ринкової ціни, застосовують метод відновної вартості. Серед інших, можливе також використання для розрахунків експертних оцінок. Метод транспортно-дорожніх витрат або витрат на подорож використовують для визначення вартості рекреаційних послуг лісу. Метод умовної вартості використовують, зокрема, для визначення вартості збереження лісами біорізноманіття. Метод перенесення (трансферу) вартості дає змогу здійснювати дослідження в умовах повної відсутності даних, що, на наш погляд, особливо актуально для українських малих міст, де дані з інвентаризації зелених насаджень, зазвичай, відсутні.

Група ТЕЕВ (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) (Sukhdev et al, 2010) визнає, що можна по-різному оцінювати природні блага і використовувати різні методи визначення вартості. Вартісне оцінювання природи залежить від місцевих біофізичних і екологічних умов, а також від соціального, економічного та культурного середовища. Для формування повної економічної картини, крім матеріальних цінностей, потрібно враховувати нематеріальні блага, які можуть виражатися в готовності суспільства платити за збереження рідкісних видів чи ландшафтів, або за захист загальних ресурсів. За-

значено, що вартісне оцінювання – це інструмент, що допомагає переналаштувати несправний економічний компас, який призвів до рішень, згубних як для поточного добробуту, так і для добробуту майбутніх поколінь.

**Аналіз проблеми та обговорення.** Millennium Ecosystem Assessment (МЕА) визначає ЕП як вигоди, які люди отримують від екосистем. За класифікацію, запропоновану у звіті МЕА (2005), підготовленому під егідою ООН, ідентифікують чотири групи ЕП: забезпечувальні (*provisioning services*) – послуги від продукції, яку надають екосистеми: продовольство, вода, деревина, волокно, паливо, генетичні ресурси, питна вода; регулятивні (*regulating services*) – послуги регулюючих екосистемних процесів: формування клімату, захист від повеней та інших стихійних лих, контроль захворювань, поглинання відходів людської життєдіяльності, очищення води і повітря, боротьба зі шкідниками; культурні (*cultural services*) – вклад екосистем у збагачення культурних, духовних та естетичних аспектів людського добробуту: емоції від спілкування з природою, відчуття місцевості, звичаїв і традицій; підтримувальні (*supporting services*) – послуги, які забезпечують основні екосистемні процеси: формування ґрунту, первинна продуктивність, базові біогеохімічні процеси (кругообіг поживних речовин, фотосинтез), середовище перебування. Втім, за дослідженнями Common International Classification of Ecosystem Services (Grunewald & Bastian, 2014, Haines-Young & Potschin, 2017), підтримувальні послуги введені до складу регулятивних, а залишені три класи відповідають категоріям стійкого розвитку: економічній, екологічній і соціальній (Bodrov et al., 2016).

У 1997 р. глобальну вартість ЕП оцінено в середньому в \$33 трлн/рік у цінах 1995 р. (або \$46 трлн/рік у цінах 2007 р.), що значно перевищувало вартість валового світового продукту в 2000 р. (Costanza, 2014). Вартість глобальних ЕП у 2011 р. становила вже \$125-145 трлн/рік у цінах 2007 року. Причому зниження вартості ЕП внаслідок зміни землекористування за 1997-2011 рр. оцінено у \$4,3–20,2 трлн/рік. Визначена вартість глобальних ЕП майже в 4,5 рази перевищує вартість валового світового продукту в 2000 р. при глобальному ВВП у \$75 трлн/рік і вартості ЕП \$347 трлн/рік.

За результатами аналізу динаміки вартості послуг глобальної екосистеми впродовж 1995-2015 рр. (Sannigrahi et al., 2018) виявлено втрату \$1,21 млрд, яка свідчить, що лісові землі, водноболотні угіддя та водні об'єкти є найуразливішими екорегіонами (табл.).

Способи вартісного оцінювання ЕП та їх класифікація є сталими, проте критерії визначення набору оцінюваних ЕП залежно від типу природокористування території дотепер не вироблені й залежать найчастіше від наявних даних, хоча насамперед мало б враховуватися основне функціональне призначення території (Bodrov, 2016).

## Динаміка вартості послуг глобальної екосистеми (Sannigrahi et al., 2018)

| Тип землекористування (земельного покриття) | Загальна вартість ЕП на роки, трлн дол. |       |         |
|---|---|-------|---------|
|   | 1995                                    | 2015  | різниця |
| Загальна вартість ЕП, у т.ч.:               | 58,97                                   | 57,76 | -1,21   |
| орні землі                                  | 4,80                                    | 4,90  | +0,10   |
| міське покриття                             | 0,30                                    | 0,59  | +0,29   |
| ліси  | 17,59                                   | 17,42 | -0,17   |
| луки  | 9,10                                    | 8,90  | -0,20   |
| водно-болотні угіддя                        | 22,19                                   | 21,11 | -1,08   |
| водні об'єкти                               | 5,29                                    | 5,27  | -0,02   |

Найпростіший спосіб визначення вартості сумарних ЕП території може бути зведений до визначення її частки в загальній площі Землі і, пропорційно, в \$33 трлн (Rozenberh, 2014). Крім глобального оцінювання ЕП, є приклади прямих регіональних оцінювань.

Республіка Білорусь, яка у рейтингу країн за індексом екологічної ефективності за останні роки піднялася на 41 позицію й посіла 32 місце серед 178 держав (Trusova, 2016). Проте її екологічний слід становить 4,1 га на особу, що в 1,5 раза перевищує середньосвітове значення. Серед напрямів досліджень ЕП, що отримали розвиток у Білорусі, виділяють дослідження ЕП природних (природно-техногенних) комплексів в умовах міст і в приміських зонах. З метою визначення монетарної вартості ЕП для прийняття управлінських рішень в екологічній сфері, в Білорусі розроблено нормативний документ «Методика визначення вартісного оцінювання екосистемних послуг і біологічного різноманіття».

Натомість екологічна ситуація в Росії, на думку Rozenberh (2014), вийшла з-під контролю й потребує рішучої екомодернізації держави та суспільства в інтересах екологічно стійкого розвитку країни та забезпечення екологічного благополуччя населення. Характерним є досить самобутній підхід до трактування результатів досліджень російськими вченими з наголосом на винятковій забезпеченості власної країни природним капіталом. Зазначено, що екологічний слід Росії становить 4,0 га на людину, тоді як доступна біомісткість становить 6,6 (з цієї позиції запас доступної біомісткості мають Росія, Естонія, Литва, Латвія, Казахстан, Киргизстан) і розглядають можливість використання показників біомісткості та екологічного сліду для оцінювання інвестиційної привабливості регіонів. Наразі визнано, що в Росії ставлення громадян до екологічного боргу перед майбутнім перебуває на дуже низькому рівні (Rozenberh, 2014), але залежність якості життя та економіки від «природного капіталу» вимагає його збереження, зокрема оцінювання і формування системи взаємин між людиною і природою. Загалом визнано декілька незалежних підходів у визначенні цінностей природних ресурсів, хоча всі вони мають високий сту-

пінь невизначеності. Наразі застосовувані в Росії методики ґрунтуються на визначенні економічного збитку від дії забруднення на конкретні види реципієнтів шляхом підсумку складових втрат у грошовому вигляді. Такі методики активно застосовують й у західних країнах, де вони базуються на статистичному підході, методі контрольних районів і методах соціологічних обстежень, що не дає змоги отримати узагальнені оцінки для територій.

Під час розрахунків Costanza et al. (1997) припускають постійну одиницю вартості на гектар певного типу екосистеми і множать це значення на площу кожного типу для досягнення сукупних підсумків. Підрахунок можна дещо поліпшити коригуванням значень за допомогою експертної оцінки місцевих умов (Batker et al, 2008) й перевести в долари США на основі паритету купівельної спроможності (ВСП). Значення на 1 га у середньому у вісім разів перевищують еквівалент оцінки Costanza et al. (1997). Такий підхід використовували у розрахунках загальної вартості ЕП й іншими дослідниками, у тому числі для міських територій (Cen et al., 2015), розподілених на чотири типи землекористування: забудовані землі (з нульовою вартістю ЕП), води, ліси, сільськогосподарські угіддя. За аналогічним експертним оцінюванням ЕП трансферним методом оцінено вартість ЕП біоми басейну р. Дніпро та біоми Київської області станом на 2011 рік. Встановлено, що вартість ЕП Київської області майже вдвічі перевищує створюваний річний валовий продукт (Veklych, 2018).

Оцінено загальну економічну вартість ЕП з 1 га землі (Strokov & Poleshkina, 2016). Зазначено, що наразі ще не вироблено єдиного підходу до оцінювання вартості ЕП різних екосистем і тому досить складно точно оцінити збитки, які несе людство від трансформації природних екосистем у культурні. Потребує вдосконалення й методика еколого-економічного оцінювання біорізноманіття лісів.

Minin (2014) повідомляє, що затверджених методик оцінювання ЕП у містах немає, в основному все зводиться до оцінювання збитків для різних компонентів природного середовища від окремих видів впливів, однак розпочато розробку наукового обґрунтування щодо проведення оцінювання ЕП зелених насаджень м. Москви.

Землекористування (земельне покриття) у містах змінюється внаслідок міської експансії, економічного розвитку та швидкого зростання населення (Lin, 2018). Кількісний аналіз цих змін важливий для вивчення впливу на вартість ЕП, що допомагає у прийнятті правильних рішень та збереженні екосистем. Виявлено безперервне зниження загальної вартості ЕП за період 1992-2018 рр., зумовлене значною втратою сільськогосподарських та лісових земель. Встановлено, що перехід до іншого типу землекористування 1% землі може призвести до змін у 0,28-0,50% вартості ЕП упродовж десятилітнього терміну, що необхідно враховувати в управлінні земельними ресурсами та в розробленні стратегії щодо збереження рівня ЕП.

За опублікованими даними (Zhang, 2018), серед ЕП найчутливішим до зростання урбанізації є збереження біорізноманіття, за яким слідує відпочинок на свіжому повітрі, стік води, продуктивність зерна, зберігання вуглецю та запобігання ерозії. Просторове вивчення взаємозв'язків між ЕП та урбанізацією дає змогу розробити практичні рекомендації щодо планування міського розвитку та охорони навколишнього середовища.

Антропогенний вплив на території, схильні до зміни землекористування, позначається і на обсягах ЕП (Erokhova & Vasenev, 2018). Основною проблемою зміни типу землекористування, а як наслідок – і обсягів ЕП, є відсутність структурованої методики проведення досліджень для прогнозування сценаріїв розвитку, за яких відбувається збереження і збільшення обсягів ЕП. Автори розглянули основні категорії ЕП та обґрунтували основні методи оцінювання різних ЕП для міських територій. Наведено принцип вибору територій для організації міського сільського господарства, який ґрунтується на аналізі сучасних тенденцій урбанізації. Доведено, що створення зон міського сільського господарства є одним із найефективніших варіантів збереження обсягів ЕП у містах. Зазначено, що для сталого розвитку міських екосистем необхідно враховувати їх особливості на стадії планування забудови міських територій. Крім того, оцінка ЕП в містах повинна враховувати багатфункціональність землекористування і ступінь сумісності конкуруючих за територію видів землекористування. Водночас потрібно враховувати типи і категорії будь-якого міського зеленого простору (Yukhnovskiy & Zibtseva, 2018a), що, насамперед, потребує осучаснення класифікації міських зелених насаджень (Yukhnovskiy & Zibtseva, 2018b) та впровадження нормативів з позицій отримання максимальної кількості ЕП.

Результати досліджень щодо розрахунку сумарної вартості ЕП українських міст нам не траплялись, хоча вчені зазначають необхідність урахування того, що в міських умовах ЕП надають не лише зелені насадження, але й певні урболандшафти. Boulton et al. (2018) вважають, що тенденція розквіту паркового та зеленого просторів впродовж останніх двох десятиліть може відображати сут-

тєве зростання кількості міського населення та супутний тиск на земельні ресурси, включаючи зелені простори. Причому міське зелене середовище, зазвичай, планується з використанням рекреаційних стандартів, незважаючи на збільшення вимог до функцій, ЕП та переваг екосистем. Sulkarnaeva (2018) зауважує, що і зарубіжні, і російські методики оцінювання ЕП для всього міста є складно застосовуваними й для них необхідні докладні дані про структуру зелених насаджень, їх вік, стан, періоди вегетації, стан ґрунтового покриву. Визначення того, як закономірності постачання ЕП пов'язані із структурою та складом рослинності в міських зелених насадженнях, може сприяти збільшенню обсягів ЕП (Graça et al., 2018). Вони дослідили вплив різних типів міських зелених насаджень на ЕП в місті Порту та визначили залежність змін від соціально-економічного градієнта.

Загалом сформувався декілька напрямів практичного застосування оцінювання ЕП (Titova, 2015), основними з яких є використання результатів: у національних системах комплексного еколого-економічного обліку; під час розроблення національної екологічної політики та довгострокових програм і планів охорони навколишнього середовища і природокористування (вибір напрямків екологічного безпечного розвитку і зниження рівня екологічних загроз); для встановлення платежів за ЕП; під час формування ринків ЕП. Значного прогресу досягнуто у визначенні, кількісному оцінюванні ЕП міських екосистем (Graça et al., 2018), але ці знання залишаються майже не реалізованими в міському плануванні та в управлінні.

Серед індикаторів сталого розвитку ООН лісистість вважають показником, пов'язаним із екологічною стійкістю, який може бути співвіднесений із ЕП. Зелена інфраструктура є чинником забезпечення сталого розвитку міста, а показники озеленення (забезпеченість насадженнями, стан і стійкість насаджень до міського середовища) входять у групу індикаторів стійкого розвитку (Mogozova & Debelaya, 2018). Головною функцією зеленої інфраструктури (або екологічного каркасу міста) є максимальне зниження впливу антропогенного чинника і посилення впливу природного потенціалу міста, завдяки чому вона акцентує увагу на екологічному значенні території, розглядає весь спектр ландшафтних змін і слугує основою для формування і розвитку Генерального плану міста. Розрахунок динаміки вартості ЕП, спряженої із динамікою землекористувань, дало б змогу запобігти прийняттю не екобалансованих рішень щодо перспективного розвитку міської території. Дієвим практичним заходом видається суворе регламентація загальновідомого містобудівного показника – рівня озеленення як додаткового містобудівельного обмеження, що сприяло б збереженню наявних екостабілізаційних просторів.

Зазначено, що певний ризик для ефективного впровадження підходу ЕП у територіальне планування створює міжвідомчий характер проблеми:



регулювання діяльності з ідентифікації та оцінювання ЕП Міністерством екології, тоді як територіальне планування контролюється Міністерством регіонального розвитку (Kruhlov, 2014).

**Висновки і перспективи.** За результатами аналізу впровадження оцінювання ЕП в Україні з'ясовано, що розуміння того, як зміни в землекористуванні впливають на ЕП, не досконале. Перехід від екологічних основ оцінювання впливу до економічних розрахунків потребує не тільки ретельного контролю, але й, насамперед, відповідної бази даних. З огляду на останнє та з позицій зручності виконання розрахунків, вважаємо за доцільне на першому етапі інтеграції підходу оцінювання ЕП міських екосистем у генеральному плануванні міст використовувати трансферний метод з розрахунком загальної вартості ЕП для різних типів землекористування. Однаковий підхід дасть змогу отримати порівнювані результати й відстежувати відповідні зміни, що слугуватиме підґрунтям для уточнення перспективних містобудівних планів. Джерелами даних можуть бути матеріали генеральних планів міст (за умови їх актуальності та достатньої якості), стандартні статистичні землевпорядні форми щодо розподілу земель територіально-адміністративних одиниць та доступні супутникові дані.

У містобудівне проектування України необхідно інтегрувати ландшафтне планування, яке слугуватиме підосновою планування сталого розвитку. Для містобудування пріоритетним має бути питання збереження природних ландшафтів та їх властивостей. Вважаємо за доцільне, за аналогією з лісистістю, використання показника «рівень озеленення міста» для обґрунтування екологічної компоненти містобудування під час генерального планування міських територій.

Впровадження концепції екосистемних послуг у територіальне планування забезпечить ефективну міжвідомчу координацію між екологічними і містобудівними установами.

### Бібліографічні посилання

- Batker, D., Batker, D., Swedeen, P., Costanza, R., de la Torre, I., Boumans, R.,... Bagstad, K. (2008). A New View of the Puget Sound Economy: The Economic Value of Nature's Services in the Puget Sound Basin. *Earth Economics, Tacoma, WA*, 90.
- Bodrov, K., Yakovlev, A., & Semeniuk, O. (2016). Assessment of ecosystem services of specially protected and park areas. *Use and protection of natural resources in Russia*, 2, 62-68 (in Russian).
- Boulton, C., Dedekorkut-Howes, A., & Byrne, J. (2018). Factors shaping urban green space provision: A systematic review of the literature. *Landscape and Urban Planning*, 178, 82-101. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan>
- Cen, X., Wu, C., Xing, X., Fang, M., Garang, Z., & Wu, Y. (2015). Coupling Intensive Land Use and Landscape Ecological Security for Urban Sustainability: An Integrated Socioeconomic Data and Spatial Metrics Analysis in Hangzhou City. *Sustainability*, 7, 1459-1482.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., ...Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Costanza, R., Groot, R., Sutton, P., Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., ...Turner, R. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha>
- Erokhova, V., & Vasenev, V. (2018). Prospects of use of ecosystem services for estimation of scenarios of urban development. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*, 13 (2), 113-120. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2018-13-2-113-120> (in Russian).
- Graça, M., Alves, P., Gonçalves, J., Nowak, D. J., Hoehn, R., Farinha-Marquesa, P., ...Cunha, M. (2018). Assessing how green space types affect ecosystem services delivery in Porto, Portugal. *Landscape and Urban Planning*, 170, 195-208. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan>
- Grunewald, K., & Bastian, O. (2014). Bewertung von ÖSD in Naturschutzgebieten und Agrarlandschaften – Methodik und Fallbeispiele. *Erfassung und Bewertung von Ökosystem dienstleistungen*. Bonn, 238-263.
- Haines-Young, R., & Potschin, M. B. (2017). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. Available from [www.cices.eu](http://www.cices.eu)
- Koniushkov, D. (2015). Formation and development of the concept of ecosystem services: a review of foreign publications. *Bul. Soil Inst.*, 80, 26-49 (in Russian).
- Kononenko, O. (2013). Human-geographical bases of formation and development of «green economy» in Ukraine. *Economic and social geography*, 1 (66), 106-114 (in Ukrainian).
- Kruhlov, I. (2018). Prospects for the implementation of an ecosystem services approach in territorial planning in Ukraine. *Sustainable development – XXI century: management, technology, models*. Kyiv Polytechnic Institute. 341-353 (in Russian).
- Lin, X. J., Xu, M., Cao, C. X., Singh, R., Chen, W., & Ju, H. R. (2018). Land-Use/Land-Cover Changes and Their Influence on the Ecosystem in Chengdu City, China during the Period of 1992-2018. *Sustainability*, 10 (10), 3580. <https://doi.org/10.3390/su10103580>
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Multiscale Assessment*. Millennium Ecosystem Assessment Series, 4, Washington DC: Island Press. Google Books.
- Minin, A. (2014). Sustainable development of Moscow and ecosystem services of its natural territories. *Bulletin «On the way to sustainable development of Russia»*, 69, 9 (in Russian).
- Morozova, G., & Debelaya, I. (2018). Green Infrastructure as a Factor for Sustainable

- Development of Khabarovsk. *Economics of region*, 14 (2), 562-574. <https://doi.org/10.17059/2018-2-18> (in Russian).
- Pakhomov, A., Bulakhov, V., Pysarenko, P., Zhukov, O., Kunakh, O., Goloborodko, K., ... Brygadyrenko, V. (2018). Ecosystem services in the context of global climate change and sustainable development of Ukraine's natural potential. [http://www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/files/referat\\_roboti\\_4.pdf](http://www.kdpu-nt.gov.ua/sites/default/files/referat_roboti_4.pdf) (in Ukrainian).
- Rozenberh, A. (2014). Assessment of ecosystem services for the territory of the Samara region. *Volga ecological journal*, 1, 139-145 (in Russian).
- Sannigrahi, S., Bhatt, S., Rahmat, S., Paul, S.K., & Sen, S. (2018). Estimating global ecosystem service values and its response to land surface dynamics during 1995-2015. *Journal of environmental management*, 223, 115-131. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.091>
- Soloviy, I. (2016). Evaluation of forest ecosystem services provided by forests of Ukraine and proposals on PES mechanisms. [https://www.ioer.de/fileadmin/internet/IOERProjekte/PDF/FB\\_L/OESD/TEEB-proces\\_v\\_Ukrajini.pdf](https://www.ioer.de/fileadmin/internet/IOERProjekte/PDF/FB_L/OESD/TEEB-proces_v_Ukrajini.pdf) (in Ukrainian).
- Sotnyk, I., & Mogilenets, T. (2011). Analysis of approaches to the economic valuation of ecosystem services. *Mechanism of regulation economics*, 2, 152-158. (in Russian).
- Strokov, A., & Poleshkina, I. (2016). Economic evaluation of ecosystem services in Tavushskaya oblast' of Armenia. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 2 (1), 110-131. Available at: [www.arejournal.com](http://www.arejournal.com) (in Russian).
- Sukhdev, P., Wittmer, H., Schröter-Schlaack, C., Nesshöver, C., Bishop, J., Brink, P., ... Simmons, B. (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature. *A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*, 39.
- Sulkarnaeva, L. (2018). Adaptation of the concept of ecosystem services for Russian cities. *Successes of modern natural science*, 12 (1), 207-210. <https://doi.org/10.17513/use.36998> (in Russian).
- Titova, H. (2015). Ecosystem services valuation: a potential application in practice. *Proceedings of the Trans-Baikal State University*, 3 (118), 179-191 (in Russian).
- Trusova, V. (2016). Ecosystem services in the transition to a «green economy». *Proceedings of Belarus State University*, 8, 227-230. [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/43599/1/kie\\_2016\\_01\\_52.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/43599/1/kie_2016_01_52.pdf) (in Russian).
- Veklych, O. (2018). The urgency of taking into account the value appraisal of ecosystem services of the territory. *Sustainable development – XXI century: management, technology, models*. Kyiv Polytechnic Institute, 518-526 (in Ukrainian).
- Zhang, Y., Liu, Y.F., Zhang, Y., Liu, Y., Zhang, G. X., & Chen, Y.Y. (2018). On the spatial relationship between ecosystem services and urbanization: A case study in Wuhan, China. *Science of the total environment*, 637, 780-790. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv>
- Yukhnovskyi, V., & Zibtseva, O. (2018a). Comparative analysis of classification of plantations of settlements of Ukraine and post-Soviet countries. *Proceedings of the Forest Academy of Sciences of Ukraine*, 16, 90-98. <https://doi.org/10.15421/411810> (in Ukrainian).
- Yukhnovskyi, V., & Zibtseva, O. (2018b). Typology and classification as methods of categorization of green space categorization. *Proceedings of the Forest Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 53-62. <https://doi.org/10.15421/411820> (in Ukrainian).

### Оценка экосистемных услуг в генеральном планировании городских территорий

В. Ю. Юхновский<sup>1</sup>, О. В. Зибцева<sup>2</sup>

На основе анализа литературных источников и генеральных планов развития городов выявлено современное состояние и уровень внедрения концепции экосистемных услуг в градостроительном планировании Украины и намечены перспективы его интеграции и развития. Обоснована координация генерального планирования с динамикой трансформации землепользования городских территорий и стоимостью их экосистемных услуг.

Отмечено, что оценки экологических услуг проводятся в трех направлениях: экологическом, экономическом и социальном. Для каждой группы экосистемных услуг применяют свои методы экономической оценки. Так, обеспечивающие экосистемные услуги оценивают преимущественно по их рыночной стоимости, регулирующие – методами «предотвращения и замещения расходов», культурные – методом «расходов на путешествие» и другими.

По результатам анализа динамики стоимости услуг глобальной экосистемы за период 1995-2015 гг. установлена потеря \$ 1,21 млрд, что свидетельствует о чрезвычайной уязвимости экорегионов, в составе которых доминируют

<sup>1</sup> Юхновский Василий Юрьевич – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры возобновления лесов и лесных мелиораций. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Генерала Родимцева, 19, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-067-720-32-16. E-mail: [yukhnov@ukr.net](mailto:yukhnov@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3182-4347>

<sup>2</sup> Зибцева Ольга Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Генерала Родимцева, 19, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-050-835-77-74. E-mail: [stplut2017@gmail.com](mailto:stplut2017@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0706-0738>

экостабилизирующие уголья – леса, луга, пастбища, воды.

Украина по вопросам оценки и учета экосистемных услуг находится в самом начале процесса: в отличие от большинства стран, в Украине нет Национальной стратегии биоразнообразия, терминология и методики в сфере экологии формировались еще в советское и постсоветское время и пока что не всегда гармонируют с западными подходами и концептами. Довольно ограничена база исходных данных, что является первоочередной проблемой в осуществлении расчетов стоимости экосистемных услуг.

По результатам анализа уровня внедрения оценки экосистемных услуг в Украине установлено, что понимание того, как изменения в землепользовании влияют на экосистемные услуги, далеко не совершенно. Переход от экологических основ оценки воздействия к экономическим расчетам требует не только тщательного контроля, но и, прежде всего, соответствующей базы данных. Учитывая последнее и с позиций удобства выполнения расчетов, считаем целесообразным на первом этапе интеграции подхода оценки экосистемных услуг городских экосистем в генеральное планирование городов использование трансферного метода с расчетом общей стоимости экосистемных услуг для различных типов землепользования. Одинаковый подход позволит получить сопоставимые результаты и отслеживать динамику изменений, что создаст почву для усовершенствования перспективных градостроительных планов. Источниками данных могут служить материалы генеральных планов городов, стандартные статистические землеустроительные формы по распределению земель территориально-административных единиц и доступные спутниковые данные. В градостроительное проектирование Украины необходимо интегрировать ландшафтное планирование, что послужит подосновой планирования устойчивого развития. Особо целесообразным для градостроительства является решение в рамках городского планирования вопросов сохранения природных ландшафтов и их свойств.

Обоснована необходимость гармонизации национального экологического законодательства с европейскими стандартами, внедрение экосистемного подхода в территориальный менеджмент, где оценка стоимости экосистемных услуг должна стать неотъемлемым атрибутом территориального планирования. Учитывая, что среди индикаторов устойчивого развития ООН есть ряд показателей, связанных с экологической устойчивостью природных комплексов, соотношенных с экосистемными услугами (лесистость), обосновано атрибутивность введения уровня озеленения города как альтернативного нормативного показателя и градостроительного ограничения для генерального планирования городских территорий.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие; стоимость экосистемных услуг; зеленое пространство; озеленение.

## Assessment of ecosystem services within the framework of general planning of urban areas

V. Yukhnovskiy<sup>1</sup>, O. Zibtseva<sup>2</sup>

Based on the analysis of literary sources and master plans for cities development, the current state and level of the concept of ecosystem services implementation in the urban planning in Ukraine is revealed, and prospects for its integration and development are outlined. The coordination of general planning with the dynamics of the land use transformation in urban areas and the value of ecosystem services has been substantiated.

It is noted that the assessment of ecosystem services are conducted in three fields: environmental, economic and social. For each group of ecosystem services, appropriate economic valuation methods applied. Thus, provisioning services are valued primarily by their market value, and those that regulate them – by means of «prevention and replacement of costs», and cultural ones – by the method of «travel costs».

Assessment of the dynamics of the global value of ecosystem services for the period 1995-2015 showed a loss of \$ 1.21 billion, which indicates the greatest vulnerability of ecoregions, which are dominated by ecologically stabilizing lands: forests, meadows, pastures, and water.

Ukraine is at the very beginning of the process on the issue of implementing system for accounting of ecosystem services. Unlike most countries, the terminology and methodologies in the field of ecology were formed in Soviet and post-Soviet times and are not always in harmony with western approaches and concepts. A rather limited is the baseline data base, which is the primary problem in the implementation of ecosystem services calculations.

An analysis of the implementation of the evaluation of ecosystem services in Ukraine showed that understanding how changes in land use affect ecosystem services is not perfect. The transition from the environmental bases of impact assessment to economic calculations requires not only careful monitoring, but, above all, an appropriate database. Considering the latter, and from the standpoint of ease of calculation, we consider it's appropriate at the first stage of integrating the ecosystem services assessment

<sup>1</sup> *Vasyl Yukhnovskiy* – a full Member of the Forest Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the department of forests restoration and forest meliorations. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, st. General Rodimtsev, 19, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-067-720-32-16. E-mail: yukhnov@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3182-4347>

<sup>2</sup> *Olga Zibtseva* – Candidate of Agricultural Sciences, Assistant professor of the department of landscape architecture and gardening. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, st. General Rodimtsev, 19, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: + 38-050-835-77-74. E-mail: stplut2017@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0706-0738>

approach of urban ecosystems into urban master planning using the transfer method with the calculation of the total assessment of ecosystem services for various types of land use. The same approach will provide comparable results and track the dynamics of change, which will create the ground for editing promising urban planning plans. Data sources may include materials of master plans for cities, standard statistical land use forms for the distribution of land of territorial-administrative units and satellite data are available. Ukraine needs to integrate landscape planning into town planning design, which will serve as a basis for sustainable development planning. For urban planning, it is particularly appropriate to address issues of preserving natural landscapes and their properties within the framework of urban planning.

The necessity of harmonization of national environmental legislation with European standards, the introduction of the ecosystem approach in territorial management, where the definition of ecosystem services should become an integral attribute of spatial planning, is substantiated. Considering that among the UN sustainable development indicators there are a number of indicators related to the environmental sustainability of natural complexes (forest cover), correlated with ecosystem services, the attribute is justified to introduce an alternative standard indicator for general planning of urban areas – the level of greening the city.

**Key words:** sustainable development; cost of ecosystem services; green space; greening.

## 8. ЛІСОВА ІНЖЕНЕРІЯ: ТЕХНІКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ДОВКІЛЛЯ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411920>  
Article received 2018.09.14  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr Korzhov  
vl.korzhov@ukr.net

Hrushevskoho st., 31, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine

УДК 630\*116.6:631.6.02

### Лісотехнічна меліорація трелювальних волоків в гірських лісах з використанням екскаватора

В.Л. Коржов<sup>1</sup>, В.С. Кудра<sup>2</sup>

Під час проведення лісозаготівлі в гірських лісах Українських Карпат основним трелювальним механізмом були і залишаються гусеничні та колісні трактори, із застосуванням яких заготовляють понад 90% деревини. Такий технологічний аспект, за відсутності належної транспортної інфраструктури, зумовлює необхідність влаштування густої мережі трелювальних волоків, внаслідок чого знімається та відсипається у відвал значний обсяг родючого ґрунту. З часом на таких ділянках активізуються ерозійні процеси і волок стає руслом для поверхневого стоку води. Особливо вразливими в ерозійному відношенні є магістральні волоки, які, зазвичай, експлуатуються тривалий період часу.

Тому актуальним завдання лісогосподарської діяльності є відновлення порушених земель під час первинного транспортування деревини. З огляду на це, розпочато відпрацювання раціональних методів лісотехнічної меліорації частини волоків, які не передбачаються для подальшого використання чи характеризуються інтенсивними ерозійними процесами.

Встановлено, що на волоках, де здійснені меліоративні роботи із застосуванням гусеничного екскаватора, проходять активні лісовідновні процеси. Через два роки на меліорованих волоках, в середньому, налічується 85,4 тис. шт./га підросту різних деревних видів. При цьому на підвищених ділянках відзначено суттєву перевагу (69,7%) густоти підросту. Проективне вкриття трав'яних видів на волоках характеризується як рідке (коефіцієнт 0,32). Найчастіше трапляються *Rubus serpens* Weihe (92%) та *Carex pilosa* Scop. (83%).

Результати досліджень дали змогу встановити позитивні і негативні сторони розглядуваного методу лісотехнічної меліорації трелювальних волоків і зробити узагальнення щодо можливості його застосування.

**Ключові слова:** гірські умови; лісозаготівля; наземне трелювання; волоки; відновлення порушених земель; природне поновлення.

<sup>1</sup> Коржов Володимир Леонідович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, перший заступник директора. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. Тел.: 03422-53-02-36, +38-067-380-25-08. E-mail: vl.korzhov@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3201-1199>

<sup>2</sup> Кудра Василь Степанович – старший науковий співробітник лабораторії лісових природозберігаючих технологій і транспорту. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76018, Україна. Тел.: 03422-53-02-36, +38-096-694-20-22. E-mail: vs.kudra@ukr.net

**Вступ.** Здійснення лісозаготівель у гірській місцевості, порівняно з рівнинною, характеризується низкою труднощів, що пов'язані зі складними кліматичними, ґрунтово-гідрологічними і рельєфними умовами. В Українських Карпатах вищезгадані чинники поглиблюються недостатнім розвитком транспортної інфраструктури, що призводить до переважного застосування суцільних способів рубок та необхідності будівництва значної кількості примітивних проїздів для автомобілів та шляхів первинного транспортування деревини, яке у більшості випадків здійснюється наземним способом. У зв'язку з цим, у гірських лісах широко розповсюджені трелювальні волоки, які влаштовують для виконання лісосічних робіт при застосуванні не тільки колісних і гусеничних тракторів, але й гужового транспорту (Korzhov, 2011). На первинне транспортування деревини припадає 25-30% трудовитрат по лісосічних роботах і 10-12% загалом по комплексу лісозаготівельного виробництва. У гірських лісах України волоки, зазвичай, будують для руху трелювальних тракторів і мають достатньо великі поздовжні ухили. На них, як звичайно, відсутні штучні споруди і елементи водовідводу (Shkirya, 2003).

Встановлено, що найбільшої шкоди поверхні зрубів завдає тракторне трелювання, із застосуванням якого в Українських Карпатах заготовляють понад 90% деревини. На гірських лісосіках волоки, зазвичай, прокладають впоперек схилу, внаслідок чого знімається та відсипається у відвал значний обсяг ґрунту, в тому числі і його поверхневого шару. З часом на таких ділянках активізуються ерозійні процеси, і волок, як один із найважливіших технологічних елементів рубки, на тривалий час стає штучно створеним руслом для поверхневого стоку води. Особливо вразливими в ерозійному відношенні є магістральні трелювальні волоки, що проходять переважно вздовж схилу і які за низької густоти автодоріг експлуатуються тривалий час. У гірських умовах волоки на лісосіці займають, в середньому, 8% її загальної площі, а обсяг ерозійних процесів на них сягає 70% від загального на лісосіці. Із врахуванням ерозії на волоках, середній об'єм переміщеного ґрунту при використанні трелювальних тракторів становить 240-260, а в окремих випадках цей показник може досягати і 500 м<sup>3</sup>/га (Bybluk, Styranivsky, Korzhov, & Kudra, 2008, Korzhov, 2015).

Під час проведення лісосічних робіт рушії колісних і гусеничних лісових машин вертикальним та горизонтальним силовим впливом на ґрунтову поверхню суттєво порушують її структуру, спричиняючи за багаторазових проходів по одному сліду інтенсивне колісформування. Інтенсивне руйнування ґрунту та подрібнення поверхневого шару спричинює суттєву зміну його фізико-механічних та водно-фізичних властивостей, а також ущільнення нижніх шарів. Крім того, пошкоджуються дерева і підріст, внаслідок чого зменшується їхня кількість, знижується інтенсивність їх росту. Такий негативний вплив поширюється на відстань 5-7 м від волоку.

З метою опрацювання методів мінімізації вищезгаданих проявів, у низці країн Європи і Азії здійснені дослідження з вивчення впливу наземного трелювання деревини на гірських схилах на лісове середовище, зміну величини поверхневого стоку та обсяги знесеного ґрунту внаслідок влаштування волоків та виконаної на них вантажної роботи (Hřib, & Dvorscák, 1998, Solgia, Najafib, & Sadeghic, 2014, Tomašic, 1998, Williamson, & Neilsen, 2000). Kolka, & Smidt (2004) здійснили широкий аналіз досліджень, присвячених впливу мережі трелювальних волоків на окремі елементи лісового середовища, а також пропозицій, спрямованих на вирішення проблеми підвищення ефективності лісозаготівлі і зниження негативного впливу первинного транспортування деревини. Ними також подана інформація щодо впливу методів меліорації лісових шляхів на насипну щільність ґрунту, поверхневий стік, перенесення наносів, вологість ґрунту та лісовідновні процеси.

Особливо актуальним завданням лісогосподарської діяльності є відновлення порушених земель під час первинного транспортування деревини. Дослідження в цьому напрямку здійснили низка вчених (Ilstedt, Malmer, Nordgren, & Liau, 2004, Stone, 2002), які вивчали процеси відновлення лісових ґрунтів, порушених внаслідок тракторного трелювання, та способи мінімізації впливу на ґрунт під час лісозаготівлі. Також необхідно відмітити наявність численних публікацій, які стосуються кращих методів практичного вирішення розглядуваної проблеми. Їх систематизацію та аналіз здійснили Aust, Bolding, & Barrett (2015). На важливість проведення робіт з меліорації волоків вказує те, що в США під час класифікації стану якості лісових водозборів значну увагу приділяють наявності, особливостям розташування і стану лісотранспортної мережі. Цей показник є одним із дванадцяти прийнятих індикаторів якості водозбору. Його вагомість, поряд з іншим індикатором, що характеризує ґрунти і ерозійні процеси, становить 30% (Potyondy, & Geier, 2011). Меліорація порушених лісовими машинами земель відповідає сучасним світовим тенденціям із відновлення лісових ландшафтів, завдяки чому створюються умови для сталого ведення лісового господарства та екосистемного підходу в порушених ландшафтах. Головною їхньою метою має бути зміцнення стійкості ландшафтів і, таким чином, відкриття майбутніх можливостей лісоуправління. Така діяльність є важливою не тільки для досягнення екологічної рівноваги, отримання ресурсу відновлюваної енергії, але й економічного розвитку лісових регіонів та підвищення рівня життя населення. При цьому, відновлення лісових ландшафтів дасть змогу знизити ступінь впливу кліматичних змін (Lamb, & Gilmour, 2003, Maginnis, Rietbergen-McCracken, & Sarre, 2007).

Отже, наземні шляхи первинного транспортування деревини є основними чинниками негативного впливу на лісове середовище. За різних параметрів їх протяжності та глибини трелювальні волоки,



особливо на ділянках стрімких схилів, впродовж багатьох років залишаються потенційно небезпечними з позицій розвитку на них ерозійних процесів. Тому, відповідно до чинних в Україні вимог, трелювальні волоки після закінчення термінів лісозаготівлі повинні би бути рекультивовані чи меліоровані (Regulations of main cutting in mountain forests of Ukrainian Carpathian, 2008). Однак, наразі в гірських лісах Карпат, де основним трелювальним механізмом були і залишаються гусеничні та колісні трактори, сформувалась густа мережа трелювальних волоків. З огляду на це, постало актуальне питання відпрацювання раціональних методів лісотехнічної меліорації частини волоків, які не передбачаються для подальшого використання чи характеризуються інтенсивними ерозійними процесами.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт дослідження* – тракторні трелювальні волоки на гірських схилах. *Предмет досліджень* – процеси лісотехнічної меліорації трелювальних волоків із застосуванням екскаватора. *Мета роботи* – виявити вплив меліорації волоків на розвиток деревної і трав'яної рослинності.

Польові дослідження проводили в Перечинському лісництві ДП «Перечинське лісове господарство», лісовий фонд якого розташований у західній частині Полонинського хребта та знаходиться під впливом помірно-континентального вологого клімату з прохолодним літом і м'якою зимою. Середньорічна температура повітря становить +8,9°C, максимальна +39°C, мінімальна -33°C. У середньому за рік тут випадає близько 911 мм атмосферних опадів, при цьому, 60% їх припадає на теплий період. Влітку дощі випадають часто, у вигляді злив та мають затяжний характер. Територія Перечинського лісництва за характером рельєфу представляє собою гірську систему з висотами над рівнем моря від 200 до 800 м, де ухили схилів знаходяться в межах 5-35° і навіть більше. Для місцевості характерними є три типи ґрунтів: бурі гірські лісові, бурі лісові та дернові. Бурі гірсько-лісові ґрунти сформовані під наметом грабово-букових і букових насаджень. Бурі лісові ґрунти розташовані на рівних і нижніх частинах схилів до висоти 400 м н.р.м. під буковими, з домішкою граба, лісами. Дернові ґрунти, наймолодші за віком, сформовані на алювіально-делювіальних відкладах у долинах гірських потоків. Ерозійні процеси не мають значного розвитку і приурочені, в основному, до мережі доріг і трелювальних волоків. Лісові угіддя представлені природними буковими деревостанами за участю граба, явора, ясена, берези та інших порід. Переважаючими типами лісу є волога грабова бучина, рідше – свіжа грабова суббучина, свіжа грабова бучина, чиста бучина.

На початковому етапі досліджень в урочищі Стрільбище (кв. 27) у 2016 р. здійснена лісотехнічна меліорація дев'яти трелювальних волоків загальною довжиною понад 2 км. Ці волоки розташовані на ділянці з покатами схилами південно-східної

і південно-західної експозицій, де ростуть середньовікові грабово-букові деревостани. Висота над рівнем моря становить 200-250 м. Технологія виконання земляних робіт під час проведення меліорації волоків полягала в наступному. Земляні роботи здійснювали гусеничним екскаватором, який, рухаючись заднім ходом по волоку, здійснював періодичну виїмку, незначне переміщення та відсіпку ґрунту за напрямком руху. У результаті на поверхні волока формувались заглибини і підвищення, внаслідок чого після закінчення робіт його поздовжній профіль набирав специфічного вигляду з послідовним чергуванням вищезгаданих елементів. Процес роботи та первинний стан меліорованого волока показано на рис. 1. Глибина заглибин залежала від поздовжнього ухилу волока і складала в середньому 0,38 м.



Рис. 1. Процес меліорації трелювального волока гусеничним екскаватором

На чотирьох меліорованих волоках, які розташовані в різних ділянках території досліджень, навесні 2018 р. закладена серія постійних дослідних майданчиків (по три на кожному волоку). Загальний вигляд території, де проводили дослідження, місця розташування волоків, на яких здійснена лісотехнічна меліорація, а також місця закладки дослідних майданчиків подано на рис. 2. Довші границі майданчиків розташовані на гребнях підвищень і проходять поперек волоку від одного до другого краю його проїзної частини. Таким чином, усі дослідні майданчики, окрім двох підвищень, включають в себе одну заглибину. Параметри кожного з елементів майданчика та конфігурація поверхні ґрунту на них встановлювали за допомогою мірної стрічки, а координати місця розташування – за GPS. Довжина дослідних майданчиків є різною і рівна ширині проїзної частини волока, тоді як ширина орієнтовно складає 3,5 м.

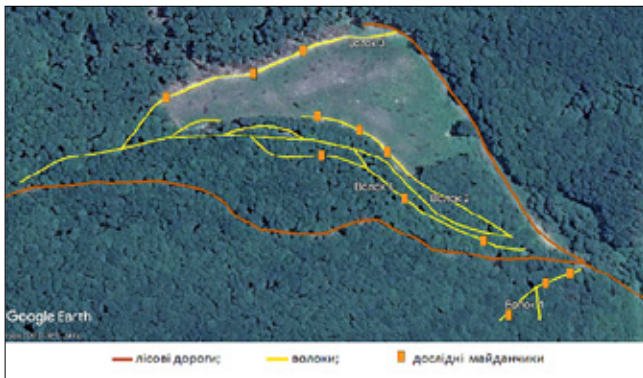


Рис. 2. Загальний вигляд території проведення досліджень

З метою встановлення лісівничо-екологічної ефективності робіт з меліорації трелювальних волоків на кожному дослідному майданчику відмічали ступінь розвитку процесів водної лінійної ерозії і встановлювали породний та кількісний склад самосіву і підросту деревних порід, а також його висоту. При цьому прийнята така градація висот: до 0,5 м; 0,51-1,5 м; 1,51 м і більше. Крім того, ви-

значали густоту трав'яного покриття і його видову різноманітність. За наявністю трав'яне покриття поділяли на чотири категорії: відсутнє, рідке (проективне покриття до 0,3), середньої густоти (0,4-0,7) і густе (0,8-1,0) (Yusupovych, 1993). Для встановлення видової наявності рослин використовували визначник рослин Українських Карпат (Choryuk, Kotov & Protopopova, 1997).

**Результати досліджень.** Параметри дослідних майданчиків, які певною мірою характеризують величину трансформації поверхні проїзної частини волоків під час проведення лісотехнічної меліорації, подані в табл. 1. Здійснені заміри показали, що відстань між центрами підвищень коливалася в межах 2,7-3,8 м за середнього значення 3,4 м. Ширина трелювального волока (довжина майданчика) також була різною і змінювалась в межах 3,4-7,1 м за середнього значення 4,7 м. Висота підвищень і глибина заглибин зазвичай були однаковими і становили від 0,28 до 0,53 м. Необхідно відмітити, що на всіх меліорованих волоках відсутні прояви лінійної водної ерозії. В окремих заглибинах спостерігається перезволоження ґрунту та застій води.

Таблиця 1

**Параметри дослідних майданчиків**

| Номер волока     | Номер майданчика | Параметричні характеристики майданчика |           |            |                                 |                                  |
|------------------|------------------|--|-----------|------------|---------------------------------|----------------------------------|
|                  |                  | довжина, м                             | ширина, м | глибина, м | площа заглибини, м <sup>2</sup> | площа підвищення, м <sup>2</sup> |
| 1                | 1                | 4,70                                   | 3,70      | 0,40       | 6,1                             | 11,3                             |
|                  | 2                | 5,70                                   | 3,30      | 0,38       | 5,1                             | 13,7                             |
|                  | 3                | 3,50                                   | 3,30      | 0,40       | 4,9                             | 6,6                              |
| 2                | 1                | 3,40                                   | 2,70      | 0,28       | 4,1                             | 5,1                              |
|                  | 2                | 4,40                                   | 3,30      | 0,35       | 7,9                             | 6,6                              |
|                  | 3                | 6,90                                   | 3,40      | 0,53       | 8,3                             | 15,2                             |
| 3                | 1                | 4,30                                   | 3,50      | 0,33       | 6,0                             | 9,0                              |
|                  | 2                | 4,00                                   | 3,70      | 0,35       | 6,4                             | 8,4                              |
|                  | 3                | 4,40                                   | 3,80      | 0,38       | 7,5                             | 9,2                              |
| 4                | 1                | 4,50                                   | 3,60      | 0,35       | 7,2                             | 9,0                              |
|                  | 2                | 7,10                                   | 3,40      | 0,40       | 11,4                            | 12,8                             |
|                  | 3                | 4,00                                   | 3,40      | 0,35       | 6,0                             | 7,6                              |
| Середнє значення |                  | 4,74                                   | 3,43      | 0,38       | 6,7                             | 9,5                              |

Меліорація трелювальних волоків сприяє процесам лісовідновлення на займаних ними ділянках, особливо, якщо такі волоки розташовані під наметом стиглого деревостану. Цей аспект підтверджують результати лісівничо-екологічних досліджень на модельній території, де через два роки після проведення меліорації обліковано, в середньому, 85,4 тис. шт./га підросту різних деревних видів. Загальна кількісна характеристика природного поновлення на меліорованих волоках у розрізі порід наведена в табл. 2.

Спектр деревних порід при цьому представлений досить широко, однак 94,8% за кількістю припадає на бук та граб. Домінуюче положення (85,2%)

на волоках займає підріст бука, якого налічується 72,8 тис. особин на 1 га. Помітна істотна перевага дрібного підросту різних порід (98,6%), що пояснюється дворічним періодом після завершення меліоративних робіт. Незначна частка (1,2%) підросту належить до середньої категорії. Поодинокі великі екземпляри букового підросту трапляються лише поблизу меж волоків. Серед другорядних порід у незначній кількості (0,1-0,7 тис. шт./га) наявні осика, береза, верба та акація. Загальний стан природного поновлення характеризується нормальною життєвістю без видимих ознак пригнічення (рис. 3).

У процесі польових досліджень звернута увага на особливості відновних процесів у заглиби-



нах та насипній частині меліорованих волоків. Встановлено наявність певних відмінностей, які полягають у значній перевазі численності підросу на насипній частині порівняно із заглибинами (рис. 4). Так, на підвищеннях загалом обліковано 59,5 тис. шт./га (69,7% від загальної кількості) підросу. У той же час у заглибинах його кількість

складає 25,9 тис. шт./га (30,3%). Певною мірою нижча відновна здатність деревних видів у заглибинах пояснюється нагромадженням у них опаду, шар якого суттєво гальмує появу самосіву, насамперед – бука лісового. Крім того, на дні окремих заглибин спостерігається застій води, що також не сприяє проходженню лісовідновних процесів.

Таблиця 2

**Кількість природного поновлення на волоках**

| Висота підросу, м | Розподіл підросу за породами, тис. шт./га |            |            |            |            |            |            |            | Всього підросу, тис. шт./га / % |
|-------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|---------------------------------|
|                   | бук                                       | явір       | граб       | дуб        | осика      | береза     | верба      | акація     |                                 |
| до 0,5            | 72,0                                      | 3,2        | 8,1        | од.        | 0,3        | 0,1        | 0,4        | 0,1        | 84,2 / 98,6                     |
| 0,51-1,5          | 0,8                                       | –          | –          | –          | 0,4        | –          | од.        | –          | 1,2 / 1,4                       |
| більше 1,51       | од.                                       | –          | –          | –          | –          | –          | –          | –          | од.                             |
| <b>Разом</b>      | <b>72,8</b>                               | <b>3,2</b> | <b>8,1</b> | <b>од.</b> | <b>0,7</b> | <b>0,1</b> | <b>0,4</b> | <b>0,1</b> | <b>85,4</b>                     |
| <b>%</b>          | <b>85,2</b>                               | <b>3,7</b> | <b>9,6</b> | <b>од.</b> | <b>0,8</b> | <b>0,1</b> | <b>0,5</b> | <b>0,1</b> | <b>100,0</b>                    |



Рис. 3. Загальний вигляд природного поновлення на меліорованому волоку

Ступінь відновних процесів на меліорованих волоках також характеризується наявністю трав'яної рослинності, яка суттєво гальмує розвиток водної ерозії. Дослідженнями встановлено ступінь проективного вкриття за чотирма категоріями та зустріч-

ність того чи іншого виду. Загалом за результатами досліджень, воно характеризується як рідке із коефіцієнтом 0,32. Разом з тим, трав'яне вкриття представлено багатьма видами, перелік і зустрічність яких на волоках наведена в табл. 3.

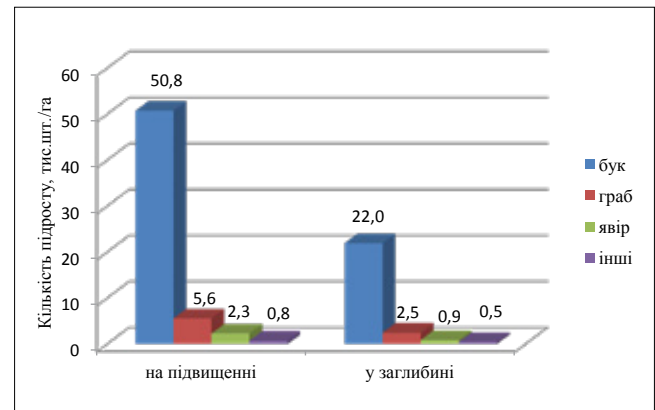


Рис. 4. Численність підросу за породами на різних ділянках меліорованого волока

Таблиця 3

**Видовий склад трав'яного вкриття на меліорованих волоках**

| № з.п. | Назва рослини                     | Зустрічність, % | № з.п. | Назва рослини                    | Зустрічність, % |
|--------|-----------------------------------|-----------------|--------|----------------------------------|-----------------|
| 1      | <i>Sambucus ebulus</i> L.         | 33              | 10     | <i>Carex pilosa</i> Scop.        | 83              |
| 2      | <i>Ranunculus lanuginosus</i> L.  | 25              | 11     | <i>Sedum acre</i> L.             | 8               |
| 3      | <i>Caleodolon luteum</i> Huds     | 33              | 12     | <i>Rubus serpens</i> Weihe       | 92              |
| 4      | <i>Hypericum perforatum</i> L.    | 17              | 13     | <i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) | 8               |
| 5      | <i>Asarum europaeum</i> L.        | 17              | 14     | <i>Galium scabrum</i> L.         | 17              |
| 6      | <i>Euphorbia virgultosa</i> Klok. | 17              | 15     | <i>Hedera helix</i> L.           | 25              |
| 7      | <i>Tussilago farfara</i> L.       | 8               | 16     | <i>Swida sanguinea</i> (L.)      | 25              |
| 8      | <i>Rubus</i> L.                   | 33              | 17     | <i>Juncus filiformis</i> L.      | 17              |
| 9      | <i>Pulmonaria obscura</i> Dum.    | 8               |        |                                  |                 |

Спостерігається часта зустрічність видів *Rubus serpens* Weihe (92%) та *Carex pilosa* Scop. (83%). Остання, зазвичай, зосереджена у перезволожених місцях тракторних волоків.

**Висновки.** З огляду на характер залісення тракторних трелювальних волоків за розглянутого методу їх лісотехнічної меліорації, можна констатувати, що його застосування цілком забезпечує природне поновлення на цих ерозійно порушених при первинному транспортуванні деревини ділянках. Через два роки на меліорованих волоках налічується, в середньому, 85,4 тис. шт./га підросту різних деревних видів. При цьому на підвищених ділянках, порівняно із заглибинами, відзначено суттєву перевагу (69,7%) густоти підросту. Проективне вкриття трав'яних видів на волоках загалом характеризується як рідке (коефіцієнт 0,32).

Існують як позитивні, так і негативні сторони лісотехнічної меліорації. До позитивних сторін потрібно віднести:

- вагомий протиерозійний ефект, за якого створюються умови для запобігання подальших ерозійних процесів, що суттєво послаблює руйнування ґрунтового покриву волока поверхневими водами;

- відчутний гідрологічний ефект, який полягає в затримці поверхневих вод на гірських схилах і збільшенні часу їх поступлення до водотоків;

- висока здатність заростання травами і залісення мінералізованої площі деревними видами за наявності поблизу намету стиглого лісу;

- забезпечення можливостей для високої приживлюваності створених на волоку лісових культур;

- використання сучасної високопродуктивної техніки, яка забезпечує повну машинізацію землерийних робіт і виключає застосування ручної праці, а також створює умови для швидкого виконання робіт.

До негативних сторін належать:

- капіталоємність і порівняно висока вартість виконання меліоративних робіт;

- неможливість подальшого використання меліорованих волоків за необхідності проведення наступних прийомів рубок;

- підвищена вологість ґрунту у поглиблених частинах волока.

### Бібліографічні посилання

Aust, W.M., Bolding M.C., & Barrett S.M. (2015). Best Management Practices for Low-Volume Forest Roads in the Piedmont Region. Summary and Implications of Research. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2472, 51-55.

Bybluk, N., Styranivsky, O., Korzhov, V., & Kudra, V. (2008). Timber harvesting in the Carpathians: Ecological problems and methods to solve them. *Journal of Forest Science*, 56 (7), 333-340.

Hříb, M., & Dvorscák, P. (1998). Research and design of erosion control and sanitation methods on forest roads and slopes. *Proceedings of the seminar on environmentally sound forest roads and wood transport*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/X0622E/x0622e0t.htm>

Ilstedt, U., Malmer, A., Nordgren, A., & Liao, P. (2004). Soil rehabilitation following tractor logging: early results on amendments and tilling in a second rotation *Acacia mangium* plantation in Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 194, 215-222.

Korzhov, V.L. (2015). Some Peculiarities of Hydrological Role of Mountain Forest Areas during Floods Formation. *Scientific bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 25.3, 9-16 (in Ukrainian).

Korzhov, V.L. (2011). Improvement of forest resource management as factor of climate change mitigation. *Scientific works of the Forestry Academy of Science of Ukraine: collection of scientific works*, 9, 189-193 (in Ukrainian).

Lamb, D., & Gilmour, D. (2003). *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland.

Maginnis, S., Rietbergen-McCracken, J., & Sarre, A. (2007). *The forest landscape restoration handbook*. London, GB: Earthscan.

Potyondy, J.P., & Geier, T.W. (2011). *Watershed Condition Classification Technical Guide*. FS-978. United States Department of Agriculture Forest Service

Regulations of main cutting in mountain forests of Carpathian (2008). Edition is official. Kyiv: State Forestry Committee of Ukraine (in Ukrainian).

Shkiryia, T.M. (2003). *Technology and machinery for logging operations*. Lviv: Triada plus (in Ukrainian).

Solgia, A., Najafib, A., & Sadeghic, S.H. (2014). Effects of traffic frequency and skid trail slope on surface runoff and sediment yield. *International Journal of Forest Engineering*, 25 (2), 171-178. <https://doi.org/10.1080/14942119.2014.955699>

Stone, D.M. (2002). Logging options to minimize soil disturbance in the northern Lake States. *Northern Journal of Applied Forestry*, 19, 115-121. <https://doi.org/10.1093/njaf/19.3.115>

Tomasic, Z. 1996. Soil erosion on several longitudinal slopes of a trial skid trail over a four-year period (1992-1996). *Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport*. FAO of the UN, Sinaia, Romania. 322-334.

Williamson, J. R., & Neilsen, W.A. (2000). The influence of forest site on rate and extent of soil compaction and profile disturbance of skid trails during ground-based harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, 30, 1196-1205. <https://doi.org/10.1139/x2012-034>

Yusypovych, I.M. (1993) *Types of felling areas and reforestation in Beskydy (Ukrainian Carpathians)*. Lviv: Forestry technical institute (in Ukrainian).

Chopyk, V. I., Kotov, M. I., & Protopopova, V. V. (1997). *Determinant of plants of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Scientific thought (in Ukrainian).

## Лесотехническая мелиорация трелевочных волоков в горных лесах с использованием экскаватора

В. Л. Коржов<sup>1</sup>, В. С. Кудра<sup>2</sup>

При проведении лесозаготовок в горных лесах Украинских Карпат основным трелевочным механизмом были и остаются гусеничные и колесные тракторы, с использованием которых заготавливается более 90% древесины. Такое положение, при отсутствии в лесах надлежащей транспортной инфраструктуры, вызывает необходимость устройства густой сети трелевочных волоков, в результате чего снимается и отсыпается в отвал значительный объем грунта. Со временем на таких участках активизируются эрозионные процессы и волок становится руслом для поверхностного стока воды. Особенно уязвимыми в плане развития эрозионных процессов являются магистральные волоки, которые обычно эксплуатируются длительное время.

Актуальной задачей лесохозяйственной деятельности является восстановление нарушенных земель при первичной транспортировке древесины. Учитывая это, начата отработка рациональных методов лесотехнической мелиорации части волоков, которые не планируются для дальнейшего использования или на которых наблюдается эрозия. В государственном предприятии «Перечинское лесное хозяйство» проведены опытные работы по мелиорации девяти волоков, общая длина которых составляет более 2 км. Технология выполнения земляных работ по мелиорации волоков заключалась в следующем. Гусеничный экскаватор, двигаясь задним ходом по волоку, осуществляет ковшем периодическую выемку, незначительное перемещение и отсыпку грунта по направлению движения. В результате на поверхности волока формируются углубления и возвышения. После окончания работ его продольный профиль представляет собой

последовательное чередование вышеупомянутых элементов.

Установлено, что на расположенных под пологом древостоя волоках, где проведены мелиоративные работы, проходят активные лесовосстановительные процессы. Через два года на мелиорированных площадях в среднем насчитывается 85,4 тыс. шт./га подроста различных древесных пород. Доминирующее положение (85,2%) занимает буковый подрост, что отвечает лесорастительным условиям. При этом на участках возвышений отмечаются лучшие условия лесовозобновления (69,7% от всего количества подроста). Наблюдается существенное преобладание мелкого подроста разных пород (98,6%), что объясняется двухлетним периодом после завершения мелиоративных работ. Проективное покрытие травяных видов на волоках характеризуется как редкое (коэффициент 0,32). Наиболее часто встречаются виды *Rubus serpens* Weihe (92%) и *Carex pilosa* Scop. (83%). Причем последняя, как правило, сосредоточена в местах возникших углублений. Необходимо отметить, что на всех мелиорированных волоках отсутствуют проявления линейной водной эрозии.

Результаты исследований позволили установить положительные и отрицательные стороны рассматриваемого метода лесотехнической мелиорации волоков и сделать важный вывод о целесообразности его применения.

**Ключевые слова:** горные условия; лесозаготовки; наземная трелевка; волоки; восстановление нарушенных земель; естественное возобновление.

## Forestry amelioration of the skid trails in mountain forests using an excavator

V. Korzhov<sup>1</sup>, V. Kudra<sup>2</sup>

Tracked and wheeled tractors remains the main skidding mechanism that have been and used for logging in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians.. They are applied in more than 90% of wood to be logged. The lack of adequate transport infrastructure in the forests caused the necessity of construction of a dense network of skidding trails that let a significant amount of soil de removed and dumped.

<sup>1</sup> Коржов Владимир Леонидович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, первый заместитель директора. Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства им. П. С. Пастернака, ул. Грушевского, 31, г. Ивано-Франковск, 76018, Украина. Тел.: 03422-53-02-36, +38-067-380-25-08. E-mail: vl.korzhov@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3201-1199>

<sup>2</sup> Кудра Василий Степанович – старший научный сотрудник лаборатории лесных природосберегающих технологий и транспорта. Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства им. П. С. Пастернака, ул. Грушевского, 31, г. Ивано-Франковск, 76018, Украина. Тел.: 03422-53-02-36, +38-096-694-20-22. E-mail: vs.kudra@ukr.net

<sup>1</sup> Volodymyr Korzhov – corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD in Technical Sciences, Senior researcher, First deputy director for Science of the Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry named after P. Pasternak, Hrushevskoho st., 31, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. Tel.: 03422-53-02-36, +38-067-380-25-08. E-mail: vl.korzhov@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3201-1199>

<sup>2</sup> Vasyil Kudra – senior researcher of the laboratory of forest environmental technology and transport, Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry named after P. Pasternak, Hrushevskoho st., 31, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine. Tel.: 03422-53-02-36, +38-096-694-20-22. E-mail: vs.kudra@ukr.net

Over time, such areas suffer from the erosion processes and the skidding trail becomes a channel for surface water flow. The main skidding trails which are usually operated for a long time are especially vulnerable to the development of erosion processes.

The actual task of forestry is the restoration of land disturbed during the primary transportation of wood. With this in mind, we have started to apply rational methods of forestry melioration on the skid trails that are not planned for further use or on where erosion is observed. The experimental works on the melioration of nine skid trails with the total length of more than 2 km have been held at the state enterprise «Perechyn forestry». The technology of excavation works on the melioration of skid trails was the following. The tracked excavator moving backwards along the track line carried out periodic excavation with a bucket, slight displacement, and soil pilling in the direction of the movement. As a result, grooves and elevations on the surface were formed. After the completion of works its longitudinal profile looks like sequential alternation of the above elements.

It has been found within the studies that active forest regeneration processes took place on the skid trails under the forest canopy, where melioration works

have been carried out. Two years later, there were average of 85.4 thousand pieces / ha of undergrowth of various tree species on the ameliorated areas. The dominant position (85.2%) was occupied by beech undergrowth which meets forest conditions. At the same time, the best conditions for reforestation were noticed in areas of elevation (69.7% of the total number of undergrowth). There was a significant predominance of small undergrowth of different species (98.6%) that can be explained by a two-year period passed after the completion of melioration works. The projective cover by grass species on the skid trails is characterized as rare (coefficient 0.32). *Rubus serpens* Weihe (92%) and *Carex pilosa* Scop (83%) are the most common. Meanwhile, the latter is usually concentrated in the places of arisen grooves. It should be mentioned that there was no occurrence of linear water erosion on all the skid trails. The findings of the study allowed setting out the advantages and disadvantages of the considered method of forest melioration of skid trails and make conclusions about the possibility of its application.

**Key words:** mountain conditions; logging; ground skidding; skid trails; restoration of disturbed lands; natural renewal.



## 9. РЕСУРСООЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ



Forestry Academy of Sciences  
of Ukraine

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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411921>  
Article received 2018.09.24  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Pavlo Bekhta  
bekhta@ukr.net

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.815

### Вплив пінополістиролу на процес прогрівання стружково-полімерного пакета

П. А. Бехта<sup>1</sup>, Л. Р. Байзова<sup>2</sup>

*Досліджено вплив пінополістиролу на процес прогрівання стружково-полімерного пакета в процесі пресування легких стружкових плит. Для фіксації температури, до якої прогрівається внутрішній шар стружково-полімерного пакета, використано мультиметр з приєднаною до нього термопарою, яку було розміщено всередині пакета. Пресування здійснювалося за питомого тиску пресування 2,4 МПа і температури плит преса 200 °С. Пресували легкі стружкові плити (без пінополістиролу та з вмістом пінополістиролу 4, 7, 10%) розмірами 300×300×18 мм і щільністю 350, 450 і 550 кг/м<sup>3</sup>, личковані луццем шпоном. Встановлено, що тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета легких стружкових плит зменшується за збільшення в них вмісту пінополістиролу до 7%, після чого починає зростати. Додавання пінополістиролу до стружки спричиняє заповнення пористості з одночасним зростанням кількості контактів між стружкою, через яку передається тепло від периферії до центру стружково-полімерного пакета. Зростання вмісту пінополістиролу в стружково-полімерному пакеті більше 7% зумовлює сповільнення його прогрівання через те, що об'єм пінополістиролу є більшим, ніж стружки, а теплопровідність пінополістиролу є меншою порівняно з деревиною. Зі збільшенням щільності плит з 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета зменшується. Більша маса стружки в одиниці об'єму пакета зменшує його пористість, збільшує теплопровідність і, як наслідок, спричиняє швидше його прогрівання. Значення тривалості прогрівання середнього шару пакета легких стружкових плит до 100 °С із вмістом пінополістиролу 7% є меншим на 12-33%, ніж плит без пінополістиролу. Отримані результати дають змогу підвищити ефективність процесу пресування легких стружкових плит з вмістом пінополістиролу.*

**Ключові слова:** легкі стружкові плити; пінополістирол; луцений шпон; деревинна стружка; карбамідоформальдегідний клей; теплопровідність; градієнт температури.

<sup>1</sup> Бехта Павло Антонович – академік Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-99. E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>.

<sup>2</sup> Байзова Любов Русланівна – аспірант кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-99, +38-093-622-18-08. E-mail: kozak\_l@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4650-2108>.

**Вступ.** Стружкові плити – це композитний матеріал, виробництво якого щорічно зростає на 2-4% і на який припадає 29% загального виробництва деревинних композиційних матеріалів (FAO, 2015). Через надмірну експлуатацію лісів на цей час багато досліджень зосереджені на тому, щоб зменшити кількість деревинної сировини у плитних композитах, замінивши її альтернативними матеріалами та зменшити затрати на виробництво, не погіршуючи механічних властивостей цих композитів (Barbu et al., 1995, Bekhta & Salabaj, 2000, Heller, 1980). Одним із можливих напрямів зменшення затрат сировини є зменшення ваги плитних композитів. Це дозволить зменшити вагу виробів і транспортні затрати, покращити умови експлуатації фурнітури тощо (Gibson & Ashby, 2016, Michanickl, 2016). На даний час вироби з легких плит користуються значним попитом у виробників меблів і споживачів (Shalhafan et al., 2012). За даними Thomen (2008) у Центральній Європі кожний другий євро витрачений на меблі в даний час використовується для купівлі легких меблів з бамбуку або інших подібних матеріалів. Однак, зі зменшенням ваги плит значно зростає частка дрібних пор і пор у таких плитах, що ускладнює їх обробку. Тому для заповнення цих пор і кращої оброблюваності крайок доцільно використовувати легкі наповнювачі (Dix et al., 2009, Weinkotz, 2012). Зокрема, відома технологія Kaurit® Light від BASF, в якій у плитах використовується спінений пінополістирол і кукурудзяний крохмаль. Такі плити за однакової товщини на 20-30% легші, ніж традиційні стружкові плити і водночас еквівалентні за міцністю (Ritter & Kharazipour, 2009, Nolte Holzwerkstoff, n.d.). На даний час ця технологія на стадії оптимізації (Kaurit Light, n.d.). Ще одним способом зменшення ваги плит є використання рослинної сировини (Srivarо et al., 2014, Dziurka et al., 2013, Xu et al., 2003). Зокрема, Dziurka та ін. (2013) для виготовлення легких плит використовують солом'яні частинки та пінополістирол у середньому шарі плити.

Для зменшення ваги стружкових плит запропоновано виготовляти їх тришарової конструкції, в якій у внутрішній шар до деревинної стружки додається пінополістирол, а зовнішні шари складаються з лушеного шпону (Kozak et al., 2016). Однак, для виготовлення плит зазначеної конструкції, відсутні знання про тривалість прогрівання деревинно-полімерного пакета до температури, яка необхідна для затвердіння клею. А це один із основних параметрів режиму пресування плит.

Існує низка досліджень щодо режиму пресування та властивостей плитних матеріалів (Suchsland, 1967, Oudjehane et al., 1998, Dai & Steiner, 1993, Thoemen & Humprey, 1999, 2001, 2003, Dai et al., 2000, Thoemen, 2000). Наприклад, Kamke & Casey (1988) досліджували вплив температури преса і початкового вмісту вологи на тиск і температуру всередині композиційних плит. Fukino et al. (2000) також повідомили, що скорочення часу пре-

сування зменшило товщину набрякання OSB плит. Kusumah et al. (2017) досліджували тривалість пресування стружкових плит із солодкого сорго.

Однак, серед великої кількості досліджень, що були проведені для встановлення режимів пресування плитних матеріалів, не було досліджено тривалості прогрівання стружково-полімерного пакета зі зовнішніми шарами з лушеного шпону. Тому тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета в процесі пресування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу потребує додаткових досліджень.

**Матеріали та методика досліджень.** *Об'єкт дослідження* – процес пресування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. *Предмет дослідження* – тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета в процесі пресування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу. *Мета дослідження* – встановити тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета в процесі пресування легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу.

В експериментах використовували стружку, виготовлену в промислових умовах за таким співвідношенням: 60% листяних і 40% хвойних порід. Деревинну стружку додатково висушували в сушильній шафі за температури 85°C до вологості 2±1%. Суху стружку зберігали у герметичних пластикових пакетах. Для зовнішніх шарів використовували лушений березовий шпон товщиною 1,5 мм і вологістю 6±2%. Пінополістирол з діаметром гранул 4-8 мм був придбаний в спеціалізованому магазині. Для приготування клею використовували карбамідоформальдегідну смолу марки Dukol, парафінову емульсію та нітрат амонію.

*Виготовлення зразків плит.* Легкі стружкові плити розміром 300×300×18 мм та щільністю 350, 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> виготовляли без пінополістиролу та з вмістом пінополістиролу 4, 7 і 10%. Витрата клею становила 10% від сумарної маси абсолютно сухої стружки та пінополістиролу. Змішування деревинних частинок, пінополістиролу та клею для внутрішнього шару здійснювали впродовж 15 хв у лабораторному змішувальному барабані. Формування стружкового пакета відбувалося пошарово у формі, яка була встановлена на металевий піддон. Спочатку на металевий піддон укладали лист лушеного шпону (нижній зворотній шар) з нанесеним клейовим шаром, потім на нього насипали перемішані компоненти внутрішнього шару, насамкінець на насипаний внутрішній шар укладали лист лушеного шпону (верхній лицевий шар) з нанесеним клейовим шаром. Підпресування сформованого пакета здійснювали в холодному пресі впродовж 10 хв. Пресування й личкування здійснювали одночасно в гарячому пресі з використанням дистанційних прокладок. Плити пресували за питомого тиску пресування 2,4 МПа і температури плит преса 200°C.

*Визначення тривалості прогрівання деревинно-полімерного пакета.* Під час формування стружкового пакета в середньому його шарі на горизонталь-

ній осі розміщували термопару TP-01A, яку підключали до цифрового мультиметра UT33C (рис. 1). Після розміщення стружкового пакета в гарячому пресі в момент зімкнення плит преса включали секундомір. Температуру всередині пакета фіксували кожні 5 с до того часу, поки вона не досягла 105 °С. Верхню межу значень температури всередині пакета встановлено на основі даних про інтенсивність фізико-хімічних процесів структуроутворення плит під час гарячого пресування (Bekhta, 1994, 2004). Отримані значення зміни температури в середині стружкового пакета від тривалості його прогрівання обробляли методом статистичного аналізу.

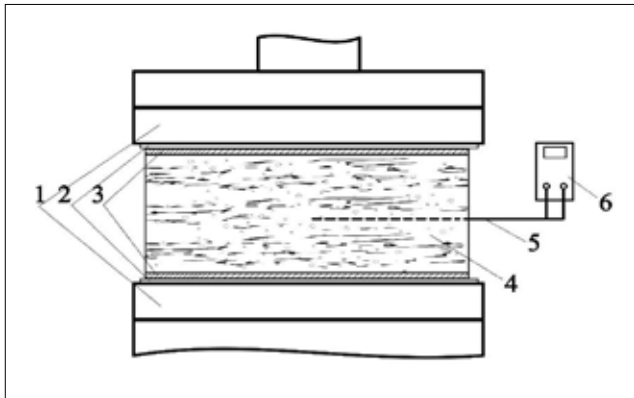


Рис. 1. Схема заміру температури всередині стружково-полімерного пакета за допомогою термопар і цифрового мультиметра: 1 – плити преса; 2 – металеві піддони; 3 – лушений шпон; 4 – стружково-полімерний пакет; 5 – термопара TP-01A; 6 – цифровий мультиметр UT33C

**Результати та їх обговорення.** На основі здійснених експериментальних досліджень визначено залежності температури в середині стружково-полімерного пакета від часу його прогрівання для стружкових плит із щільністю 350, 450 і 550 кг/м<sup>3</sup> без пінополістиролу та з вмістом пінополістиролу 4, 7 і 10%, які наведені на рис. 2-4.

Згідно наведених кривих (див. рис. 2-4), найшвидше прогривається стружково-полімерний пакет з вмістом пінополістиролу 7%, а найповільніше – без пінополістиролу. За вмісту пінополістиролу в стружково-полімерному пакеті 4 і 10% швидкість його прогрівання відрізняється незначно. Очевидно, що швидкість прогрівання залежить від кількості контактів між стружкою і пінополістиролом. У стружковому пакеті без пінополістиролу наявна значна частка пустот, які погано проводять тепло. Додавання пінополістиролу до стружки спричиняє заповнення цих пустот з одночасним зростанням кількості контактів між стружкою, через яку передається тепло від периферії до центру стружково-полімерного пакета. Однак, зростання вмісту пінополістиролу в стружково-полімерному пакеті більше 7% зумовлює сповільнення його прогрівання. Це пояснюється тим, що за вмісту пінополістиролу в пакеті 10% його об'єм є більшим, ніж стружки, а теплопровідність пінополістиролу є

меншою порівняно з деревиною. Отже, для зменшення тривалості пресування легких стружкових плит з вмістом пінополістиролу доцільним є його вміст в них близько 7%.

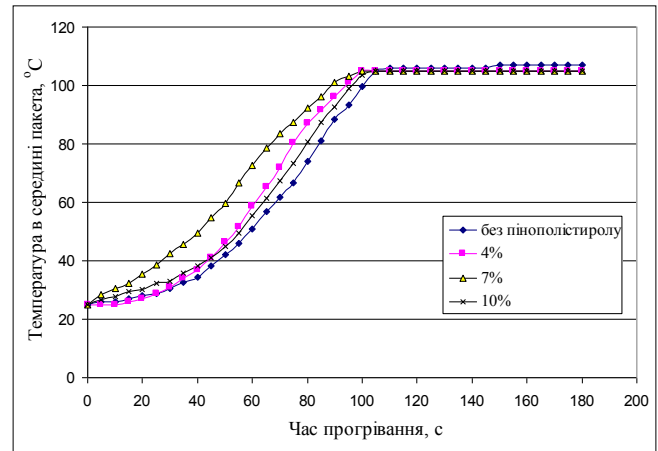


Рис. 2. Залежність температури всередині пакета від часу прогрівання стружково-полімерного пакета за щільності плити 350 кг/м<sup>3</sup>

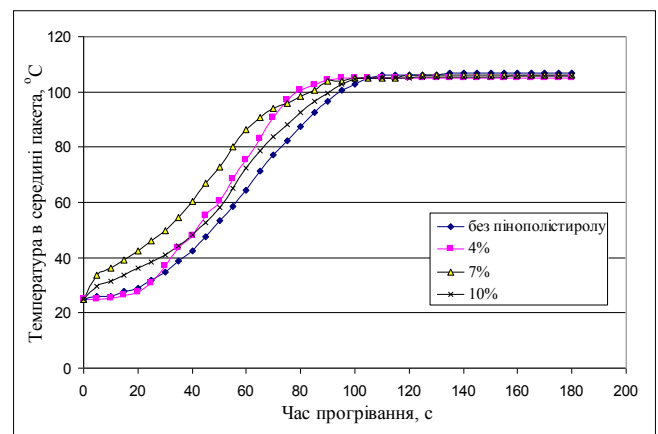


Рис. 3. Залежність температури всередині пакета від часу прогрівання стружково-полімерного пакета за щільності плити 450 кг/м<sup>3</sup>

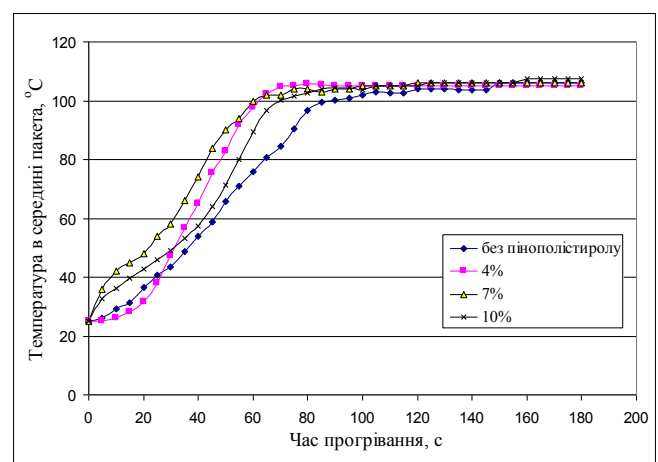


Рис. 4. Залежність температури всередині пакета від часу прогрівання стружково-полімерного пакета за щільності плити 550 кг/м<sup>3</sup>

За збільшення щільності легких стружкових плит з вмістом пінополістиролу з 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета зменшується. Пояснення полягає в тому, що більша маса стружки в одиниці об'єму пакета зменшує його пористість, збільшує теплопровідність і, як наслідок, спричиняє швидше його прогрівання. Однак, за великої щільності плит зростає їх вага, що суперечить тенденції зменшення матеріаломісткості плит.

Крім того, визначено також тривалості прогрівання середини стружково-полімерного пакета личкованих лущеним шпоном легких стружкових плит з різним вмістом пінополістиролу до температури 100 °C (табл.).

Таблиця

**Тривалість прогрівання (в секундах) середини стружково-полімерного пакета до температури 100°C за температури плит преса 200°C**

| Вміст пінополістиролу в плитах, % | Щільність плит, кг/м <sup>3</sup> |     |     |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----|-----|
|                                   | 350                               | 450 | 550 |
| Без пінополістиролу               | 100                               | 93  | 90  |
| 4                                 | 93                                | 78  | 63  |
| 7                                 | 88                                | 83  | 60  |
| 10                                | 98                                | 93  | 70  |

Встановлено, що тривалість прогрівання середини стружково-полімерного пакета до температури 100 °C в досліджуваних діапазонах змінних і сталих факторів змінюється від 1 до 1,7 хв. Одержані дані добре узгоджуються з даними тривалості прогрівання до 100 °C середнього шару пакета стружкових плит, яка для товщини плит 18 мм, температури пресування 200 °C, щільності стружкових плит 550 кг/м<sup>3</sup> становить 1,5 хв (Bekhta, 1994).

**Висновки.** Встановлено закономірності впливу пінополістиролу на процес прогрівання стружково-полімерного пакета в процесі пресування легких стружкових плит. Тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу зменшується за збільшення в них вмісту пінополістиролу до 7%, після чого починає зростати. Зі збільшенням щільності плит з 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> тривалість прогрівання стружково-полімерного пакета зменшується. Значення тривалості прогрівання до 100°C середнього шару пакета легких стружкових плит із вмістом пінополістиролу 7% на 12-33% є меншим, ніж плит без пінополістиролу. Отримані результати дають змогу підвищити ефективність процесу пресування легких стружкових плит з вмістом пінополістиролу.

**Бібліографічні посилання**

Barbu, M., & Troger, F. (1995). Flaxfibre reinforced particleboard. In: Wood Modification, *Proceedings*

of the 10<sup>th</sup> Symposium. Poznan, 2-4 August 1995, Poland, 137-148.

Bekhta, P.A. (1994). *Technology and machinery of the particleboard production*. Kyiv: Institute for System Studies of Education (in Ukrainian).

Bekhta, P.A. (2004). *Technology of wood-based panels and laminates*. Kyiv: Osнова (in Ukrainian).

Bekhta, P.A., & Salabaj, R.G. (2000). Agro-raw material - a significant reserve for the production of composite materials. *Scientific herald of the National Agrarian University: Collection of scientific works*, 27, 340-346 (in Ukrainian).

Dai, C., & Steiner, P.R. (1993). Compression behavior of randomly formed wood flake mats. *Wood Fiber Sci*, 25, 349-358.

Dai, C., Yu, C., & Hubert, P. (2000). Modelling vertical density in wood composites during hot pressing. *Proceedings of the 5th Pacific Rim Bio-based Composites Symposium*. Canberra, Australia, pp. 220-226.

Dix, B., Meinschmidt, P., & Thole, V. (2008). Lightweight particleboards made from annual and perennial plants. *International Panel Products symposium*, Espoo, Finland

Dziurka, D., Mirski, R., & Trojanski, A. (2013). Characteristics of lightweight particleboards with the core layer supplemented with rape straw and expanded polystyrene. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 82, 250-254.

FAO (2015). Forest product statistic: 2014 global forest products: facts and figures. Forest Economic, Policy and product Division, Forest Department, Rome.

Fukino, M., Horie, H., Sato, T., & Ogawa, N. (2000). Production technology for strand-particle board (SPB). II. Effect of initial pressure during hot pressing on thickness swelling. *Mokuzai Gakkaishi*, 46, 581-586.

Gibson, L.J., & Ashby, M.F. (2016). Cellular solids: structure and properties. *Cambridge University Press, Cambridge Wood Prod.*, 74, 15-22.

Heller, W. (1980). The production of chipboard from unconventional raw materials. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 38, 393-396.

Kamke, F.A., & Casey, L.J. (1988). Fundamentals of flakeboard manufacture: internal-mat conditions. *For. Prod. J.*, 38 (6), 38-44.

Kaurit® Light (n.d.). Retrieved from <http://www.kauritlight.com>.

Kozak, L., Bekhta, P., & Sedliačik, J. (2016). Preliminary study on the properties of lightweight particleboard made using polystyrene. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 95, 110-113.

Kusumah, S.S., Umemura, K., Guswenrivo, I., Yoshimura, T., & Kanayama, K. (2017). Utilization of sweet sorghum bagasse and citric acid for manufacturing of particleboard II: influences of pressing temperature and time on particleboard

properties. *J Wood Sci*, 63, 161-172. <https://doi.org/10.1007/s10086-016-1605-0>.

- Michanickl, A. (2016). Development of a new light wood-based panel. *Proceedings of the 5th European Wood-Based Panel Symposium, Hannover, Germany, Wood Prod.*, 74, 15-22.
- Nolte Holzwerkstoff (n.d.). Our wood materials. Retrieved from <http://www.rheinspan.de>.
- Oudjehane, A., Lam, F., & Avramidis, S. (1998). A continuum model of the interaction between manufacturing variables and consolidation of wood composite mats. *Wood Sci Technol*, 32, 381-391. <https://doi.org/10.1007/BF00702795>
- Ritter, N., & Kharazipour, A. (2009). Development of three-layered popcorn based particleboards by a combination of maize and wood. *Kharazipour A (ed) Review of forests, wood products and wood biotechnology of Iran and Germany – part III*, Universität Göttingen, 1-10.
- Shalban, A., Mark, A., Dietsberger, & Welling, J. (2012). Fire performances of foam core particleboards continuously produced in a one-step process. *Wood Prod.* 71, 49–59.
- Srivaro, S., Matan, N., Chaowana, P., & Kyokong, B. (2014). Investigation of physical and mechanical properties of oil palm wood core sandwich panels overlaid with a rubberwood veneer face. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 571-581. <https://doi.org/10.1007/s00107-014-0817-5>.
- Suchsland, O. (1967). Behavior of a particleboard mat during the press cycle. *For. Prod. J.*, 17 (2), 51-57.
- Thomen, H. (2008). Lightweight panels for the European furniture industry: some recent developments. *Medved S (ed) Workshop proceedings: lightweight wood-based composites; production, properties and usage*, Bled, Slovenia, 1-13.
- Thoemen, H., & Humphrey, P.E. (2001). Hot-pressing of wood-based composites: selected aspects of physics investigated by means of simulation. *Proceedings of 5th European Panel Products Symposium*. Llandudno, North Wales, UK, 38-49.
- Thoemen, H., & Humprey, P.E. (2003). Modeling the continuous pressing process for wood-based composites. *Wood Fiber Sci*, 35, 456-468.
- Thoemen, H. (2000). Modeling the physical processes in natural fiber composites during batch and continuous pressing. *Ph.D. Thesis, Oregon State University, Corvallis, OR*.
- Thoemen, H., & Humprey, P.E. (1999). The continuous pressing process for wood-based panels: an analytical model. *Proceedings of the third European Panel Products Symposium*. Llandudno, Wales, UK, 18-30.
- Weinkötz, S. (2012). Kaurit Light for lightweight wood-based panels. *Proceedings of the second symposium on lightweight furniture*. Lemgo, Germany, 23-24.
- Xu, J., Han, G., Wong, E.D., & Kawai, S. (2003). Development of binderless particleboard from kenaf core using steam-injection pressing. *Journal of Wood Science*, 49, 327-332.

## Влияние пенополистирола на процесс прогрева стружечно-полимерного пакета

П. А. Бэхта<sup>1</sup>, Л. Р. Байзова<sup>2</sup>

Исследовано влияние пенополистирола на процесс прогрева стружечно-полимерного пакета в процессе прессования легких стружечных плит. Для фиксации температуры, до которой прогревается внутренний слой стружечно-полимерного пакета, использовано мультиметр с присоединенной к нему термопарой, которая размещалась в середине пакета. Прессование осуществлялось при удельном давлении прессования 2,4 МПа и температуре плит пресса 200°С. Прессовали легкие стружечные плиты (без пенополистирола и с содержанием пенополистирола 4, 7, 10%) размерами 300×300×18 мм и плотностью 350, 450 и 550 кг/м<sup>3</sup>, облицованные лущеным шпоном. Как связующее использовался карбамидоформальдегидный клей на основе смолы Dikol, парафиновой эмульсии и нитрата аммония с расходом 10% от суммарной массы абсолютно сухой стружки и пенополистирола. На основе проведенных экспериментальных исследований определены зависимости температуры внутри стружечно-полимерного пакета от времени его прогрева. Установлено, что продолжительность прогрева стружечно-полимерного пакета легких стружечных плит уменьшается при увеличении содержания в них пенополистирола до 7%, после чего начинает расти. Добавление пенополистирола к стружке способствует заполнению пустот с одновременным ростом числа контактов между стружкой, по которой передается тепло от периферии к центру стружечно-полимерного пакета. Увеличение содержания пенополистирола в стружечно-полимерном пакете более 7% вызывает замедление его прогрева из-за того, что объем пенополистирола становится большим, чем объем стружки, а теплопроводность пенополистирола меньше по сравнению с теплопроводностью древесины. С увеличением плотности плит с 350 до 550 кг/м<sup>3</sup> продолжительность прогрева стружечно-полимерного пакета уменьшается. Большая масса стружки в единице объема пакета уменьшает его пористость, увеличивает теплопро-

<sup>1</sup> Бэхта Павло Антонович – академик Лесной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>.

<sup>2</sup> Байзова Любов Руслановна – аспирант кафедры технологий древесных композиционных материалов, целлюлозы и бумаги. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-99, + 38-093-622-18-08. E-mail: kozak\_l@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4650-2108>.

водность и, как следствие, вызывает ускорение его прогрева. Установлено, что продолжительность прогрева середины стружечно-полимерного пакета до температуры 100 °С в исследуемых диапазонах переменных и постоянных факторов меняется от 1 до 1,7 мин. Продолжительность прогрева среднего слоя пакета легких стружечных плит до 100 °С с содержанием пенополистирола 7% меньше на 12-33%, чем плит без пенополистирола. Полученные результаты позволяют повысить эффективность процесса прессования легких стружечных плит с содержанием пенополистирола.

**Ключевые слова:** легкие стружечные плиты; пенополистирол; лущеный шпон; древесная стружка; карбамидоформальдегидный клей; теплопроводность градиент температуры.

### The effect of expanded polystyrene on the heating of particle-polymer package

P. Bekhta<sup>1</sup>, L. Bajzova<sup>2</sup>

This paper is devoted to the study of the influence of expanded polystyrene on the heating of the particle-polymer package during the hot pressing of lightweight

particleboards. To fix the temperature, to which the middle layer of the particle-polymer package is warmed, a thermocouple was placed in the middle of the package. The hot pressing was made at a temperature and specific pressure levels of 200 °C and 2,4 MPa, respectively. The lightweight particleboards (without expanded polystyrene and containing expanded polystyrene 4, 7, 10%) overlaid by rotary-cut veneer were manufactured with dimensions of 300×300×18 mm and density of 350, 450 and 550 kg/m<sup>3</sup>. It was established that duration of the heating of the particle-polymer package of lightweight particleboards decreases with an increase of the amount of expanded polystyrene to 7%, and then begins to grow. Adding expanded polystyrene to particles causes the filling of voids with the simultaneous increasing the number of contacts between the particles through them the heat is transferred from the periphery to the middle of the particle-polymer package. An increasing the content of expanded polystyrene in a particle-polymer package of more than 7% leads to a slowing down of its heating due to the fact that the volume of expanded polystyrene is higher than volume of particles, and the thermal conductivity of the expanded polystyrene is lower than that of wood. With an increase in the density of the boards from 350 to 550 kg/m<sup>3</sup>, the duration of heating of the particle-polymer package decreases. Most of the mass of particles per unit package volume reduces its porosity, increases thermal conductivity and, as a result, causes it to warm up faster. The values of the time of heating of the middle layer of lightweight particleboards with a content of expanded polystyrene of 7% to 100 °C is lower by 12-33%, than those without expanded polystyrene. The application of the study results allow to increase the efficiency of the hot pressing of lightweight particleboards containing expanded polystyrene.

**Key words:** lightweight particleboards; expanded polystyrene; rotary-cut veneer; wood particles; urea formaldehyde adhesive; thermal conductivity; temperature gradient.

<sup>1</sup> *Pavlo Bekhta* – full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-99, E-mail: bekhta@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4320-5247>.

<sup>2</sup> *Liubov Bajzova* – post-graduate student in the Department of Wood-Based Composites, Cellulose and Paper. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynyk st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-99, + 38-093-622-18-08. E-mail: kozak\_l@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4650-2108>.





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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/411922>  
Article received 2018.10.13  
Article accepted 2019.03.28

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr Mayevskyy  
[volodymyr\\_mayevskyy@nltu.edu.ua](mailto:volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua)  
General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.214

## Технологічні аспекти регулювання витрат деревинної сировини під час виготовлення віконних блоків з тришарового клеєного бруса

В. О. Маєвський<sup>1</sup>, З. П. Копинець<sup>2</sup>, В. М. Ковбасюк<sup>3</sup>, Є. М. Миськів<sup>4</sup>, М. М. Якуба<sup>5</sup>

*На підставі аналізу літературних джерел та власних експериментальних досліджень встановлено, що під час виготовлення віконних блоків з тришарового клеєного бруса зі склопакетами значний обсяг відходів деревини утворюється під час профілювання бруса. Аналіз профілів конструкційних елементів віконних блоків і технологічного процесу їхнього виготовлення дав змогу розробити конструкції тришарових профільних клеєних брусів складного перетину.*

*Здійснено розрахунки балансів деревинної сировини (сухих обрізних пиломатеріалів) під час виготовлення чотирьох конструкцій віконних блоків розміром 1000×1000 мм з тришарового клеєного бруса прямокутного перетину та тришарового профільного клеєного бруса складного перетину. За результатами аналізу балансів деревинної сировини під час виготовлення різних конструкцій віконних блоків з'ясовано, що частка виходу деталей віконних блоків при використанні тришарового профільного клеєного бруса складного перетину, порівняно з тришаровим клеєним брусом прямокутного перетину, збільшується, зокрема для глухого віконного блоку – від 27,31 до 32,73%; для віконного блоку, розділеного імпостом на глуху і поворотну стулку – від 22,99 до 29,87%; для віконного блоку з двома поворотними стулками – від 21,65 до 28,66%; для віконного блоку, розділеного імпостом і двома поворотними стулками – від 20,95 до 29,15%.*

*Загалом використання тришарового профільного клеєного бруса складного перетину для виготовлення віконних блоків дасть змогу економити до 25,56% сухих обрізних пиломатеріалів з деревини сосни.*

**Ключові слова:** тришаровий профільний клеєний брус складного перетину; тришаровий клеєний брус прямокутного перетину; баланс деревинної сировини; витрата сухих обрізних пиломатеріалів; вихід деталей віконних блоків.

<sup>1</sup> *Маєвський Володимир Олександрович* – доктор технічних наук, професор, директор навчально-наукового інституту деревообробних та комп'ютерних 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. Тел.: 032-238-44-96, +38-067-670-38-87. E-mail: [volodymyr\\_mayevskyy@nltu.edu.ua](mailto:volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5820-9454>.

<sup>2</sup> *Копинець Зоя Павлівна* – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-670-20-58. E-mail: [zoia\\_kopynets@nltu.edu.ua](mailto:zoia_kopynets@nltu.edu.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>.

<sup>3</sup> *Ковбасюк Володимир Михайлович* – заступник технічного директора. ТОВ фірма «Будсервіс» ЛТД, вул. Бродівська, 48, м. Тернопіль, 46019, Україна. Тел.: +38-098-829-40-35. E-mail: [haose1990@gmail.com](mailto:haose1990@gmail.com).

<sup>4</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. Тел.: +38-067-406-03-96. E-mail: [myskivs@i.ua](mailto:myskivs@i.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>.

<sup>5</sup> *Якуба Мирослава Михайлівна* – старший викладач кафедри економіки підприємства. Національний лісотехнічний університет України, вул. генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-267-91-88. E-mail: [myroslavaya@gmail.com](mailto:myroslavaya@gmail.com) ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8871-2392>.

**Вступ.** Вибір віконних блоків, виготовлених з деревини або полівінілхлориду (ПВХ), та їхнє порівняння за різними ознаками, є дискусійним питанням впродовж останніх десятиліть. Дерев'яні віконні блоки мають низку переваг над віконними блоками з ПВХ. До таких основних переваг відносять естетичність, оскільки якісно відтворити неповторну природну красу деревини штучним способом досі не вдалося, та екологічність – деревина екологічно чистий відновлюваний матеріал, а вплив хімічних речовин для оброблення деревини – мізерний, тому утилізація дерев'яних віконних блоків після завершення терміну їхньої експлуатації не викликає труднощів. Натомість найближчим часом постане гостра проблема утилізації віконних блоків з ПВХ, позаяк на цей час немає ефективних і безпечних способів утилізації ПВХ, а процес його спалювання супроводжується викидами небезпечних хімічних речовин у навколишнє середовище (Thompson, 2005).

Для виготовлення сучасних дерев'яних віконних блоків використовують тришарові клеєні бруси (термін «брус» умовний, позаяк поперечний перетин цих брусів, зазвичай, менше 100×100 мм). Основними причинами виготовлення віконних блоків саме з тришарових клеєних брусів, а не з цільних, є те, що забезпечити якісне сушіння тонких пиломатеріалів (заготовок) технологічно простіше, ніж товстих. Окрім цього, для видимої поверхні завжди можна відібрати якісніші заготовки, а ті, що з допустимими вадами, – використати для середнього шару. Заготовки можна сортувати за низкою критеріїв, тому неважко добитися, щоб і виготовлені з них віконні блоки були однорідної якості (Report on research work, 2006, Myskiv et al., 2007). Клеєні бруси порівняно з цільною деревиною, за дотримання технології їхнього виготовлення та належної експлуатації, мають вищу міцність (Kurowska & Kozakiewicz, 2010, Koshyrets & Gryciuk, 2010) та формостійкість (Pardaev, 2008).

Розвиток виробництва віконних блоків з ПВХ в Україні призвів до зростання конкуренції на ринку віконних блоків (Official site State Statistics Service of Ukraine). Вітчизняним виробникам віконних блоків з тришарових клеєних брусів зі склопакетами для зміцнення своїх позицій на ринку потрібно шукати шляхи здешевлення своєї продукції.

Поперечний перетин елементів сучасних віконних блоків має складний профіль (Ferents & Maksymiv, 2011, Brauzevetter & Brauzevetter, 2005), який найчастіше отримують шляхом фрезерування тришарових клеєних брусів прямокутного перетину (Report on research work, 2006, Ferents & Maksymiv, 2011), тому витрати деревини на виготовлення віконних блоків встановлюють для умов використання саме таких брусів (Guiding technical and economic materials, 1988, Maksymiv et al., 2009). Проте у нормативних документах (DSTU B V.2.6-24-2001) та закордонних джерелах (Volynskii & Plastinin, 2005) пропонують для зменшення витрати деревини використовувати профільні бруси L, T та Z перетинів, розміри яких відповідають поперечно-

му перетину профілів елементів віконних блоків з припусками на механічну обробку.

Недоліками під час використання тришарових клеєних брусів прямокутного перетину для виготовлення елементів віконних блоків є витрати деревини у стружку (22,70...69,12%) (Mayevskyy et al., 2017), значні витрати енергії, перенавантаження інструмента і шпindelних вузлів стругальних верстатів під час профілювання. Використання брусів L, T та Z перетинів усуває зазначені недоліки повністю (Korunets et al., 2017).

Отже, актуальним напрямком досліджень є розроблення та впровадження у виробництво нових перспективних конструкцій тришарових клеєних брусів, зокрема профільних, які враховують форму елементів віконних блоків.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт дослідження* – віконні блоки з тришарових клеєних брусів. *Предмет дослідження* – технологічний процес виготовлення тришарових профільних клеєних брусів складного перетину та розрахунок і аналіз балансів деревинної сировини під час виготовлення віконних блоків з тришарових клеєних брусів. *Метою роботи* є розроблення напрямів економії деревинної сировини під час виготовлення віконних блоків з тришарових клеєних брусів.

Для досягнення поставленої мети проведено низку експериментальних досліджень у виробничих умовах (Mayevskyy et al., 2017), результати яких засвідчили, що значні обсяги відходів деревини утворюються під час профілювання бруса, коли високоякісна деревина переводиться у стружку. Для економії деревинної сировини розроблено конструкції тришарових профільних клеєних брусів складного перетину для виготовлення віконних блоків із склопакетами (Korunets et al., 2017).

Аналіз профілів конструкційних елементів віконних блоків та технологічного процесу на ТОВ фірма «Будсервіс» ЛТД (м. Тернопіль) дав змогу розробити конструкції тришарових профільних клеєних брусів складного перетину для їх виготовлення в умовах цього підприємства. Запропоновано виготовляти заготовки різної ширини і склеювати їх в такі бруси (рис. 1) (Korunets et al., 2017).

Під час формування тришарових профільних клеєних брусів складного перетину для їх фіксації в упорах потрібно виготовити шаблони. Для забезпечення якісного склеювання цих брусів, враховуючи граничні відхилення під час виготовлення заготовок, шаблони доцільно виготовляти з еластичного матеріалу – листа гуми завтовшки 10 мм (рис. 2). Варіант комплекту заготовок для профілю ступки наведено на рис. 3.

Варто акцентувати увагу на відмінностях технологій виготовлення віконних блоків з тришарових клеєних брусів прямокутного та профільних складних перетинів. Пакет для пресування тришарових профільних брусів складних перетинів формували так: поміщали найширшу заготовку між упори фронтальної фіксації вайми; далі на одну пластів середньої заготовки наносили клей і поміщали її

між упори фронтальної фіксації вайми, базуючи за допомогою шаблона; далі на одну пластів третьої заготовки наносили клей і поміщали її між упори

фронтальної фіксації вайми, базуючи за допомогою шаблона (рис. 4 і 5). Сформовані бруси затискали у ваймі і починали процес пресування.

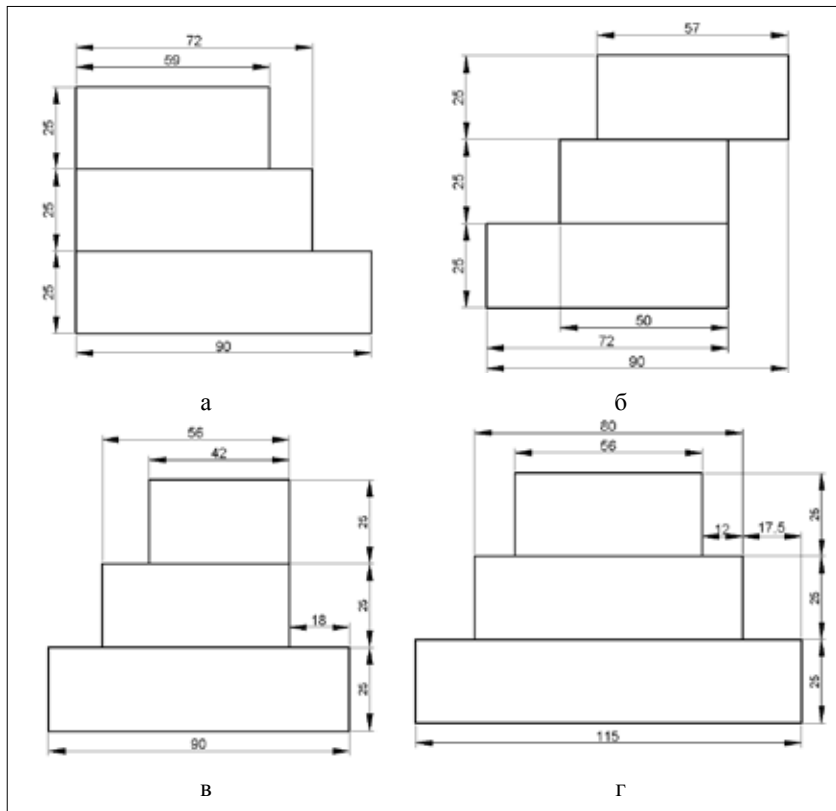


Рис. 1. Поперечний перетин тришарових профільних клеєних брусів складного перетину: а – для коробки; б – для стулки; в – для імпоста; г – для імпоста широкішого



Рис. 2. Зразки гумових шаблонів



Рис. 3. Заготовки для профілю стулки



Рис. 4. Процес формування тришарового профільного клеєного бруса складного перетину



Рис. 5. Тришаровий профільний клеєний брус складного перетину для стулки

**Результати дослідження.** На підставі здійснених експериментів та результатів їхньої обробки, для прикладу, розраховано та наведено баланси деревинної сировини (соснових сухих обрізних пиломатеріалів) для чотирьох конструкцій віконних блоків розміром 1000×1000 мм (табл. 1). Конструкції віконних блоків, для яких проводили розрахунки, наведено на рис. 6.

У глухому віконному блоці (№ 1) склопакет закріплено в коробці із внутрішнім профілем як у стулки. У віконному блоці, розділеному імпостом на глуху і поворотну стулку (№ 2), склопакет у глухій стулці знизу і зверху додатково закріплено за допомогою фіксуючого бруска та заповнюючої рейки відповідно.

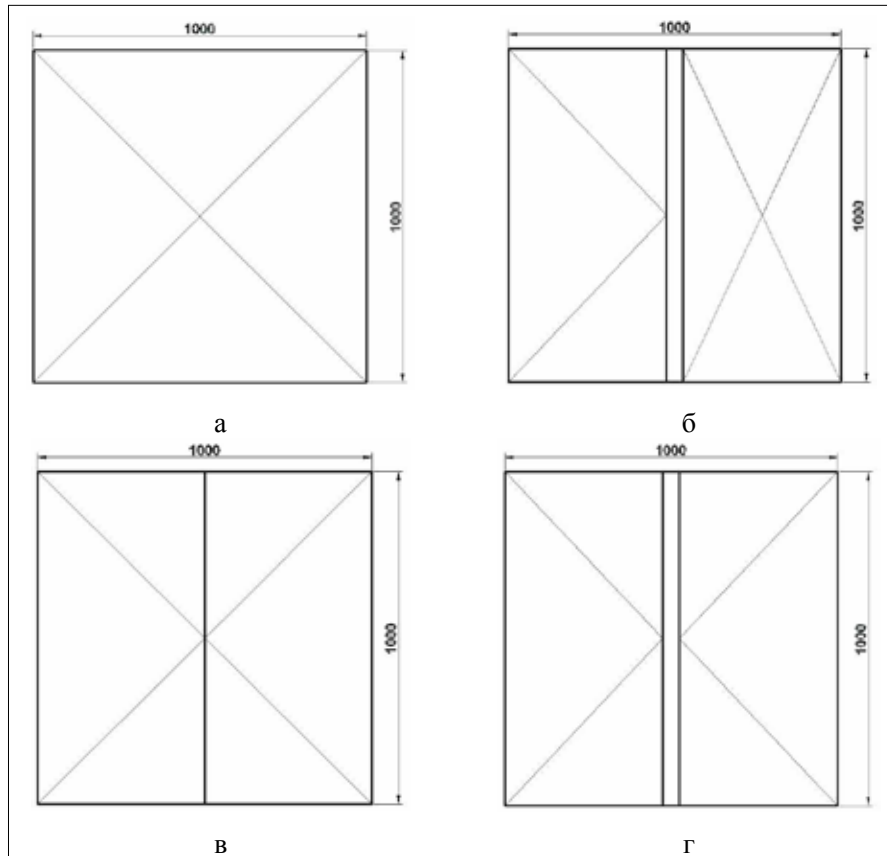


Рис. 6. Конструкції віконних блоків, для яких проводили розрахунки: а – № 1 (глухий віконний блок); б – № 2 (віконний блок, розділений імпостом на глуху і поворотну стулку); в – № 3 (віконний блок з двома поворотними стулками); г – № 4 (віконний блок, розділений імпостом і двома поворотними стулками)

Таблиця 1

**Баланси деревинної сировини (соснових сухих обрізних пиломатеріалів) під час виготовлення віконних блоків з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину**

| № з/п | Стаття балансу                                | № віконного блоку |                                 |       |                                 |       |                                 |       |                                 |
|-------|---|-------------------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|-------|---------------------------------|
|       |   | 1                 |                                 | 2     |                                 | 3     |                                 | 4     |                                 |
|       |   | Кількість         |                                 |       |                                 |       |                                 |       |                                 |
|       |   | %                 | м <sup>3</sup> на віконний блок | %     | м <sup>3</sup> на віконний блок | %     | м <sup>3</sup> на віконний блок | %     | м <sup>3</sup> на віконний блок |
| 1     | Віконний блок                                 | 27,31             | 0,015141                        | 22,99 | 0,024455                        | 21,65 | 0,027399                        | 20,95 | 0,029829                        |
| 2     | Тирса   | 2,87              | 0,001590                        | 2,87  | 0,003060                        | 2,87  | 0,003630                        | 2,87  | 0,004080                        |
| 3     | Кускові відходи                               | 28,11             | 0,015580                        | 28,11 | 0,029910                        | 28,11 | 0,035600                        | 28,11 | 0,040020                        |
| 4     | Стружка                                       | 41,68             | 0,023110                        | 46,01 | 0,048950                        | 47,35 | 0,059950                        | 48,05 | 0,068400                        |
| 5     | Шліфувальний порошок                          | 0,03              | 0,000015                        | 0,02  | 0,000024                        | 0,02  | 0,000029                        | 0,02  | 0,000023                        |
|       | Сировина (соснові сухі обрізні пиломатеріали) | 100               | 0,055436                        | 100   | 0,106399                        | 100   | 0,126608                        | 100   | 0,142352                        |

Як випливає із наведених в табл. 1 даних, відсоткове співвідношення статей балансу залежить від конструкції віконного блоку. Відсоткове співвідношення статей балансу також буде змінюватися за зміни розмірів віконних блоків.

Порівняння балансів деревинної сировини (соснових сухих обрізних пиломатеріалів) під час виготовлення вказаних типів віконних блоків з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину наведено на рис. 7.

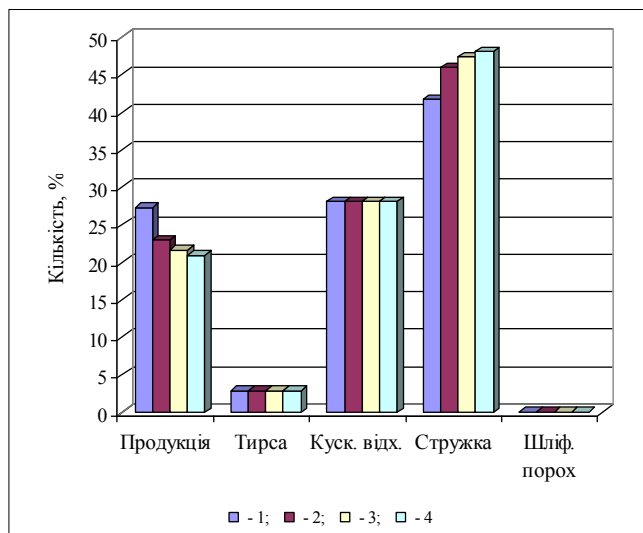


Рис. 7. Порівняння балансів деревинної сировини під час виготовлення віконних блоків з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину: 1 – для типу віконного блоку № 1; 2 – для типу віконного блоку № 2; 3 – для типу віконного блоку № 3; 4 – для типу віконного блоку № 4

Результати аналізу балансів деревинної сировини для різних конструкцій віконних блоків свідчать, що зі збільшенням кількості конструкційних елементів зростають витрати в стружку.

Розрахунки балансів деревинної сировини для чотирьох конструкцій віконних блоків розміром

1000×1000 мм з тришарових профільних клеєних брусів, наведених на рис. 6, зведено в табл. 2.

Порівняння балансів деревинної сировини під час виготовлення різних конструкцій віконних блоків з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину та тришарових клеєних брусів прямокутного перетину наведено на рис. 8-11.

Результати аналізу балансів деревинної сировини (сухих обрізних пиломатеріалів) під час виготовлення різних конструкцій віконних блоків свідчать, що відсоток виходу деталей віконних блоків у разі застосування тришарових профільних клеєних брусів складного перетину, порівняно з тришаровими клеєними брусами прямокутного перетину збільшується, зокрема для віконного блоку № 1 – від 27,31 до 32,73% (див. рис. 8), для віконного блоку № 2 – від 22,99 до 29,87% (див. рис. 9), для віконного блоку № 3 – від 21,65 до 28,66% (див. рис. 10), для віконного блоку № 4 – від 20,95 до 29,15% (див. рис. 11).

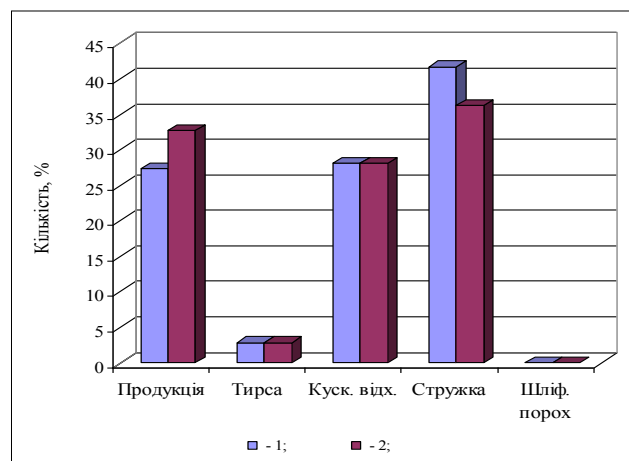


Рис. 8. Порівняння балансів деревинної сировини під час виготовлення віконного блоку № 1:

1 – з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину; 2 – з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину

Таблиця 2

**Баланси деревинної сировини (соснових сухих обрізних пиломатеріалів) під час виготовлення віконних блоків з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину**

| № з/п | Стаття балансу                                | № віконного блоку |                                 |           |                                 |           |                                 |           |                                 |
|-------|---|-------------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|-----------|---------------------------------|
|       |   | 1                 |                                 | 2         |                                 | 3         |                                 | 4         |                                 |
|       |   | Кількість         |                                 | Кількість |                                 | Кількість |                                 | Кількість |                                 |
|       |   | %                 | м <sup>3</sup> на віконний блок | %         | м <sup>3</sup> на віконний блок | %         | м <sup>3</sup> на віконний блок | %         | м <sup>3</sup> на віконний блок |
| 1     | Віконний блок                                 | 32,73             | 0,015141                        | 29,87     | 0,024455                        | 28,66     | 0,027399                        | 28,15     | 0,029829                        |
| 2     | Тирса   | 2,87              | 0,001330                        | 2,87      | 0,002350                        | 2,87      | 0,002740                        | 2,87      | 0,003040                        |
| 3     | Кускові відходи                               | 28,11             | 0,013000                        | 28,11     | 0,023020                        | 28,11     | 0,026870                        | 28,11     | 0,029790                        |
| 4     | Стружка                                       | 36,26             | 0,016770                        | 39,12     | 0,032030                        | 40,33     | 0,038550                        | 40,84     | 0,043270                        |
| 5     | Шліфувальний порох                            | 0,03              | 0,000014                        | 0,03      | 0,000025                        | 0,03      | 0,000029                        | 0,03      | 0,000032                        |
|       | Сировина (соснові сухі обрізні пиломатеріали) | 100               | 0,046260                        | 100       | 0,081880                        | 100       | 0,095590                        | 100       | 0,105960                        |



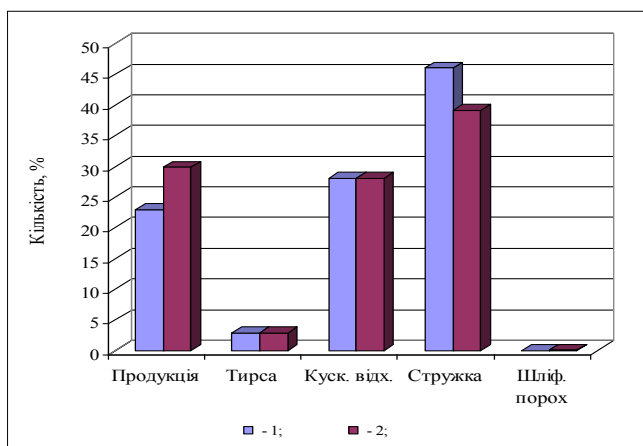


Рис. 9. Порівняння балансів деревинної сировини під час виготовлення віконного блоку № 2: 1 – з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину; 2 – з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину

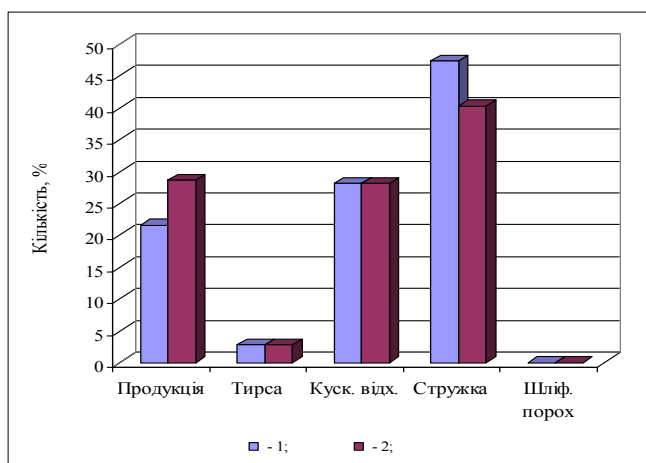


Рис. 10. Порівняння балансів деревинної сировини під час виготовлення віконного блоку № 3: 1 – з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину; 2 – з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину

Порівняння витрати сухих обрізних пиломатеріалів на виготовлення 1000 шт. віконних блоків розміром 1000×1000 мм чотирьох аналізованих конструкцій за умови використання тришарових профільних клеєних брусів складного перетину та тришарових клеєних брусів прямокутного перетину наведено на рис. 12.

На 1000 шт. віконних блоків № 1 у разі використання тришарових клеєних брусів прямокутного перетину потрібно 55,44 м<sup>3</sup> сухих обрізних пиломатеріалів, а за використання тришарових профільних клеєних брусів складного перетину – 46,25 м<sup>3</sup>, економія становить 16,58%; для віконних блоків № 2 – відповідно 106,40 та 81,89 м<sup>3</sup>, економія – 23,04%; для віконних блоків № 3 – відповідно 126,61 та 95,59 м<sup>3</sup>, економія – 24,50%; а для віконних блоків № 4 – відповідно 142,35 та 105,96 м<sup>3</sup>, економія – 25,56%.

**Висновки.** Запропоновано варіант технології виготовлення тришарових профільних клеєних

брусів складного перетину, який апробовано у виробничих умовах. Реалізація такого варіанту дасть змогу усунути зайві витрати високоякісної деревини під час профілювання тришарових клеєних брусів прямокутного перетину.

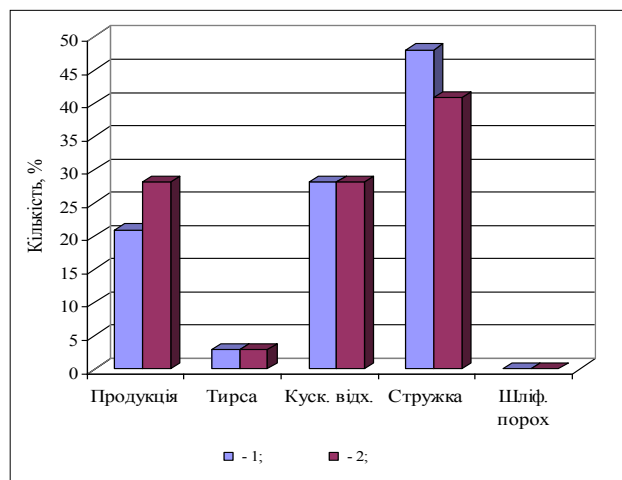


Рис. 11. Порівняння балансів деревинної сировини під час виготовлення віконного блоку № 4: 1 – з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину; 2 – з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину

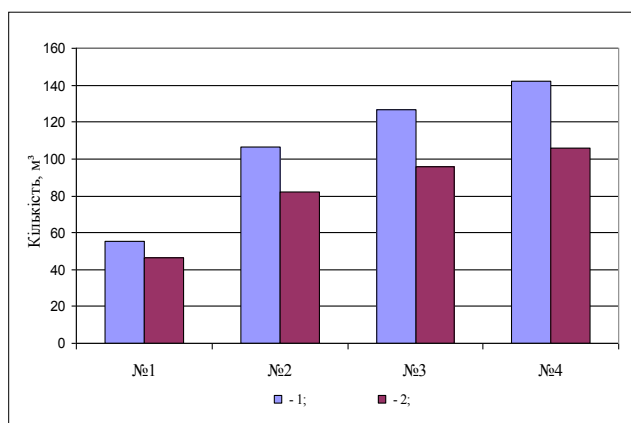


Рис. 12. Порівняння витрати сухих обрізних пиломатеріалів на виготовлення 1000 шт. віконних блоків 1000×1000 мм чотирьох конструкцій: 1 – з тришарових клеєних брусів прямокутного перетину; 2 – з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину

Розраховано баланси деревинної сировини (сировини сухих обрізних пиломатеріалів) під час виготовлення чотирьох конструкцій віконних блоків з тришарових профільних клеєних брусів складного перетину та тришарових клеєних брусів прямокутного перетину. За результатами порівняльного аналізу цих балансів з'ясовано, що відсоток виходу деталей віконних блоків при застосуванні тришарових профільних клеєних брусів складного перетину порівняно з тришаровими клеєними брусами прямокутного перетину, збільшується, зокрема: для глухого віконного блоку – від 27,31 до 32,73%; для віконного блоку, розділеного імпостом на глуху і поворотну ступку – від 22,99 до 29,87%; для віконного



блоку з двома поворотними стулками – від 21,65 до 28,66%; для віконного блоку, розділеного імпо́стом і двома поворотними стулками – від 20,95 до 29,15%.

### Бібліографічні посилання

- Brauzevetter, Yu., & Brauzevetter, N. (2005). *Wooden windows: arguments and facts*. In *Wooden Eurowindows*. Thematic newsletter to the newspaper «Derevoobrobnyk» (pp. 2-5). Lviv, Ukraine: «Editorial office of the newspaper» Derevoobrobnyk», LLC (in Ukrainian).
- DSTU B V.2.6-24-2001 (GOST 24700-99) (2001) *Constructions of building and structures. Windows of wood with glassing units. Specifications*. Edition is official. Kyiv: State Committee for Construction, Architecture and Residential Policy of Ukraine (in Ukrainian, in Russian).
- Ferents, O. B., & Maksymiv, V. M. (2011). *Technology of joiner's products*. Lviv: Ukrainian National Forestry University (in Ukrainian).
- Guiding technical and economic materials on the standardization of the consumption of materials in the manufacture of joinery-building products* (1988). Balabanovo, USSR: USPA «Soyuznauchstandartdom» USSR Forestry Ministry (in Russian).
- Kopynets, Z. P., Kovbasiuk, V. M., Bezkorovainyi, A. H., Mayevskyy, V. O., & Ferents, O. B. (2017). *Structures of three-layer shaped bars for the manufacture of windows with glassing units*. Patent № 119868 of Ukraine (In Ukrainian).
- Koshyrets, S. I., & Gryciuk, Yu. I. (2010). Analysis of technologies of making of pur-veyances of the glued squared beam is for necessities of joiner's production. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University, 20.2*, 87-92 (in Ukrainian).
- Kurowska, A., & Kozakiewicz, P. (2010). Density and shear strength as solid wood and glued laminated timber suitability criterion for window woodwork manufacturing. *Forestry and Wood Technology, 71*, 429-434.
- Maksymiv, V. M., Ferents, O. B., & Kopynets, Z. P. (2009). *Improving the efficiency of the use of forest resources in the production of joinery-building products*, vol. 2, (pp. 250-253). Minsk, Belarus: BSTU (in Russian).
- Mayevskyy, V. O., Kopynets, Z. P., Myskiv, Y. M., & Kovbasiuk, V. M. (2017). Estimation of wood waste amount in the manufacture of window unit from a three-layer glued bar. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, 43*, 46-52 (in Ukrainian).
- Myskiv, Ye. M., Mayevskyy, V. O., & Maksymiv, V. M. (2007). Basic directions of researches of technological process of making of the glued squared beam. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University, 17.1*, 118-122 (in Ukrainian).
- Official site of the State Statistics Service of Ukraine*. Retrieved from [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/pr/vr\\_rea\\_ovpp/vr\\_rea\\_ovpp\\_u/arh\\_vppv\\_u.html](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/pr/vr_rea_ovpp/vr_rea_ovpp_u/arh_vppv_u.html)
- Pardaev, A. S. (2008). *Ensuring the shape stability of inhomogeneous solid wood, taking into account the cylindrical anisotropy of its elements during drying and swelling* (Doctoral dissertation, Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus). Retrieved from <http://dep.nlb.by/jspui/handle/nlb/23926> (in Russian).
- Report on research work «To develop science-based norms of wood consumption in the manufacture of joinery-building products»* (2006). (Contract No. 08. 24-10-06). Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University (in Ukrainian).
- Thompson, C. (2005). *Window of opportunity. The environmental and economic benefits of specifying timber window frames*. WWF-UK, July, 27.
- Volynskii, V. N., & Plastinin, S. N. (2005). *Primary processing of sawn timber at sawmills*. Moscow: Riel-press (in Russian).

### Технологические аспекты регулирования расхода древесного сырья при изготовлении оконных блоков из трехслойного клееного бруса

В. О. Маевский<sup>1</sup>, З. П. Копинець<sup>2</sup>, В. М. Ковбасюк<sup>3</sup>,  
Е. М. Мыськів<sup>4</sup>, М. М. Якуба<sup>5</sup>

На основании литературных источников и собственных экспериментальных исследований установлено, что при изготовлении оконных блоков

<sup>1</sup> *Маевский Володымыр Олександрович* – доктор технических наук, профессор, директор учебно-научного института деревообрабатывающих и компьютерных технологий и дизайна, профессор кафедры технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-238-44-96, +38-067-670-38-87. E-mail: volodymyr\_mayevskyy@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5820-9454>.

<sup>2</sup> *Копинець Зоя Павловна* – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoya\_kopynets@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>.

<sup>3</sup> *Ковбасюк Володымыр Михайлович* – заместитель технического директора. ООО фирма «Будсервис» ЛПД, ул. Бродивська, 48, г. Тернополь, 46019, Украина. Тел.: +38-098-829-40-35. E-mail: haose1990@gmail.com.

<sup>4</sup> *Мыськів Евстахий Михайлович* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-406-03-96. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>.

<sup>5</sup> *Якуба Мирослава Михайловна* – старший преподаватель кафедры экономики предприятия. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-267-91-88. E-mail: myroslavaya@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8871-2392>.

из трехслойного клееного бруса со стеклопакетами значительный объем отходов древесины образуется при профилировании бруса. Анализ профилей конструктивных элементов оконных блоков и технологического процесса их изготовления позволил разработать конструкции трехслойных профильных брусьев сложного сечения. Разработаны конструкции трехслойных профильных клееных брусьев сложного сечения для изготовления брусков коробки, створки и импостов.

Существуют незначительные различия технологий изготовления трехслойных клееных брусьев прямоугольного и профильного сложных сечений. В частности, при формировании трехслойных профильных клееных брусьев сложного сечения для их фиксации в упорах целесообразно изготавливать шаблоны из эластичного материала. Это важно для обеспечения качественного склеивания этих брусьев, учитывая предельные отклонения при изготовлении заготовок.

На основании проведенных экспериментальных исследований и результатов их обработки, как пример, выполнены расчеты балансов древесины (сухих обрезных пиломатериалов) при изготовлении четырех конструкций оконных блоков размером 1000×1000 мм с трехслойного клееного бруса прямоугольного сечения и трехслойного профильного клееного бруса сложного сечения.

Расчеты проведены для таких конструкций: глухой оконный блок; оконный блок, разделенный импостом на глухую и поворотную створку; оконный блок с двумя поворотными створками; оконный блок, разделенный импостом и двумя поворотными створками. В глухом оконном блоке стеклопакет закреплен в коробке с внутренним профилем как в створке. В оконном блоке, разделенном импостом на глухую и поворотную створку, стеклопакет в глухой створке снизу и сверху дополнительно закреплен с помощью фиксирующего бруска и заполняющей рейки соответственно.

По результатам анализа балансов древесины (сухих обрезных пиломатериалов) при изготовлении различных конструкций оконных блоков установлено, что процент выхода деталей оконных блоков с использованием трехслойного профильного клееного бруса сложного сечения, по сравнению с трехслойным клееным брусом прямоугольного сечения, увеличивается, в частности: для глухого оконного блока – от 27,31 до 32,73 %; для оконного блока, разделенного импостом на глухую и поворотную створку – от 22,99 до 29,87 %; для оконного блока с двумя поворотными створками – от 21,65 до 28,66 %; для оконного блока, разделенного импостом и двумя поворотными створками – от 20,95 до 29,15 %.

В общем, использование трехслойного профильного клееного бруса сложного сечения для изготовления оконных блоков позволит экономить до 25,56% сухих обрезных пиломатериалов из древесины сосны.

**Ключевые слова:** трехслойный профильный клееный брус сложного сечения; трехслойный клееный брус прямоугольного сечения; баланс древесного сырья; расход сухих обрезных пиломатериалов; выход деталей оконных блоков.

## Technological aspects of raw wood material consumption regulation in the manufacture of window units from three-layer glued bars

V. Mayevskyy<sup>1</sup>, Z. Kopynets<sup>2</sup>, V. Kovbasyuk<sup>3</sup>,  
Ye. Myskiv<sup>4</sup>, M. Yakuba<sup>5</sup>

On the basis of literature sources analysis and our experimental studies it was found that during the manufacture of window units from three-layer glued bars with double-glazed windows, a significant amount of wood waste is produced during the bar shaping. The analysis of the profiles of structural elements of window units and the technological process of their manufacture made it possible to develop the structure of three-layer shaped bar of complex cross-section. Designs of three-layer shaped glued bars of complex cross-section for the manufacture of the window frame, window leafs and transom-bars have been developed.

There are insignificant differences in the manufacturing techniques of three-layer glued bars of rectangular and shaped complex cross-sections. In particular, when forming three-layer shaped glued bars of a complex cross-section, to hold them in the stops, it is necessary to make templates from elastic material.

<sup>1</sup> *Volodymyr Mayevskyy* – Doctor of Sciences, Professor, Director of Educational-Scientific Institute of Woodworking and Computer Technologies and Design, Professor of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University.103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-96, +38-067-670-38-87. E-mail: volodymyr\_mayevskyy@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5820-9454>.

<sup>2</sup> *Zoya Kopynets* – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University.103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoya\_kopynets@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>.

<sup>3</sup> *Volodymyr Kovbasyuk* – Deputy Technical Director. Limited Liability Company BUDSERVIS LTD, Brodivska st, 48, Ternopil, 46019, Ukraine. Tel.: +38-098-829-40-35. E-mail: haose1990@gmail.com.

<sup>4</sup> *Yevstakhii Myskiv* – PhD in Technical Sciences, Senior teacher of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University.103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-406-03-96. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>.

<sup>5</sup> *Myroslava Yakuba* – Senior teacher of Department Economy of the Enterprise. Ukrainian National Forestry University.103 General Chuprynka st., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-267-91-88. E-mail: myroslavaya@gmail.com ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8871-2392>.

This is important for ensuring good adhesion of these bars, taking into consideration the tolerances during the manufacture of the blanks.

On the basis of the conducted experimental studies and the results of their processing, as an example, calculations of wood-waste balances (dry edged sawn timber) were carried out in the manufacture of four window units measuring 1,000×1,000 mm from a three-layer glued bar of rectangular cross-section and from a three-layer shaped glued bar of complex cross-section.

The calculations were carried out for such structures: blank window unit; the window unit divided by transom-bar on a fixed leaf and a pivotal leaf; the window unit with two pivotal leaves; the window unit divided by transom-bar and two pivotal leaves. In a blind window unit, the glazing unit is fixed in a box with an internal profile as in the leaf. In the window unit, divided by transom-bar into a fixed leaf and a pivotal leaf, a double-glazed window in the fixed leaf at the bottom and top is additionally fixed with the help of a fixing bar and a filling rail, respectively.

The analysis of wood-waste balances (dry edged sawn timber) in the manufacture of window units of various designs showed that the percentage of the output of window unit parts from a three-layer shaped glued bar of complex cross-section, as compared to three-layer glued bar of rectangular cross-section, increases, in particular, for a blank window unit from 27.31 to 32.73%, for a window unit divided by transom-bar into a fixed leaf and a pivotal leaf – from 22.99 to 29.87%, for a window unit with two pivotal leaves – from 21.65 up to 28.66%, for a window unit divided by transom-bar and two pivotal leaves – from 20.95 to 29.15.

In general, the use of a three-layer shaped glued bar of complex cross-section for the manufacture of window units will save up to 25.56% of dry edged pine lumber.

**Key words:** three-layer shaped glued bar of complex cross-section; three-layer glued bar of rectangular cross-section; wood-waste balance; consumption of dry edged lumber; output of window unit parts.

## 10. РЕЦЕНЗІЇ ТА ВІДГУКИ НА ДІЯЛЬНІСТЬ УЧЕНИХ

УДК 630\*(092)

### На шляху до вершин лісівничої науки (3 нагоди 75-річчя академіка Лісівничої академії наук України, професора Григорія Криницького)<sup>1</sup>

Ю. Ю. Туниця, С. І. Миклуш, Ю. М. Дебринюк, В. В. Павлюк

*Григорій Томкович Криницький – доктор біологічних наук, професор, знаний в Україні та за її межами як фахівець у галузі лісівництва, фізіології деревних рослин і лісової селекції. Наукові праці присвячені дослідженню електрофізіологічних процесів у деревних рослин, розкриттю закономірностей сукцесійного розвитку молодняків на зрубках, вивченню фізіолого-біохімічних аспектів життєдіяльності дерев, виявленню в них індивідуальних особливостей насіннювання. Ним розроблено теоретичні і методичні основи морфофізіологічного напрямку у лісовій селекції, біоелектричний метод дослідження життєвості дерев, опрацьована шкала виявлення високопродуктивних дерев за фізіолого-біохімічними показниками. Розвинуто уявлення про молодий ліс як незрівноважену систему, що швидко розвивається, обґрунтовано системні принципи його структурно-функціональної організації.*

Григорій Томкович Криницький – відомий учений у галузі лісівництва, фізіології деревних рослин і лісової селекції. Наукові праці вченого присвячені дослідженню електрофізіологічних процесів у деревних рослин, розкриттю закономірностей сукцесійного розвитку молодняків на зрубках, вивченню фізіолого-біохімічних аспектів життєдіяльності деревних рослин, виявленню індивідуальних особливостей насіннювання дерев.

Докторську дисертацію на тему «Морфофізіологічні основи селекції деревних рослин» Г. Т. Криницьким було захищено у 1993 р. в Українській сільськогосподарській академії (тепер – Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ). У роботі вченим розроблені теоретичні і методичні основи нового морфофізіологічного напрямку в лісовій селекції, біоелектричний метод дослідження життєвості дерев, опрацьована морфофізіологічна концепція триступеневого селекційного відбору дерев, розроблена шкала виявлення високопродуктивних дерев за фізіолого-біохімічними показниками.

Визначальним у розвитку теорії і практики лісівництва, на думку вченого, повинно залишатись розуміння лісу як дуже складної, загальнопланетарної екологічної системи, яка постійно розвивається у просторі і часі та має величезне середовищевірне, економічне і соціальне значення. Для розкриття та аналізу природи лісу, вивчення закономірностей його функціонування і структури необхідні значні зусилля не лише лісівників-науковців і лісівників-практиків, але й напрацювання учених суміжних галузей.

Професор Г. Т. Криницький переконаний, що визначальною основою в життєдіяльності лісу є його структура та організація. Саме вони, а не індивідуальні властивості формуючих лісову екосистему видів, визначають її максимальну продуктивність. Оптимізація структурно-функціональної організації лісостанів з урахуванням їх генофонду є вагомим резервом підвищення продуктивності лісу.

У зв'язку з цим, учений наполягає на необхідності *фізіологізації лісівництва*. На його думку, сучасним тенденціям розвитку лісівництва і лісового

<sup>1</sup> Криницький Григорій Томкович – завідувач кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України, Заслужений діяч науки і техніки України. Народився 24.03.1944 р. в с. Ріпки Горлицького району Краківського воєводства (Польща). У 1969 р. закінчив Львівський лісотехнічний інститут (тепер – НЛТУ України, м. Львів), здобувши кваліфікацію «Інженер лісового господарства». Впродовж 1970-1972 рр. працював інженером і науковим співробітником кафедри лісівництва ЛЛПІ. В період 1972-1975 рр. – навчання в аспірантурі, з 1976 р. – науковий співробітник, з 1978 р. – старший викладач, з 1980 р. – доцент, а з 1983 р. – завідувач кафедри дендрології і деревинознавства. Впродовж 1991-1993 рр. – декан лісогосподарського факультету ЛЛПІ, 1994-2018 рр. – проректор з наукової роботи НЛТУ України, за теперішнього часу – завідувач кафедри лісівництва цього ж університету. Доктор біологічних наук за спеціальностями 06.03.01 – Лісові культури, селекція, насінництво та озеленення міст і 03.00.12 – Фізіологія рослин.

Нагороджений багатьма відзнаками, серед яких «Почесна грамота Верховної Ради України», «Почесний лісівник України», нагрудні знаки «Відмінник освіти України», «Відмінник лісового господарства України», «За наукові та освітні досягнення».

господарства найбільш повно відповідає морфологічно-фізіологічний напрям досліджень і розробки відповідних лісгосподарських заходів. Одним із основних його завдань є вивчення індивідуальної мінливості дерев у популяціях основних лісотвірних порід за інтенсивністю проходження первинних фізіолого-біологічних процесів, які забезпечують активний ріст, нагромадження фітомаси і біотичну стійкість деревних рослин.

Ученим розвинуто уявлення про молодий ліс як незрівноважену систему, що швидко розвивається, описані системні принципи його структурно-функціональної організації. Молоде покоління лісу він розглядає як особливу, просторово відмежовану від загального лісового масиву еколого-біологічну систему, яка відзначається специфічними, якісно іншими, ніж у стиглому лісі, проявами життєвих функцій і вимагає окремого режиму господарювання.

Професором Г. Т. Криницьким уперше в умовах Львівського Розточчя здійснені комплексні морфо-фізіологічні дослідження росту і збереженості географічних культур сосни звичайної. Окрім того, під його керівництвом на площі 200 га в Закарпатті і Прикарпатті розпочато інтродукцію ялиці великої – швидкорослої породи з Північної Америки.

Близько п'ятнадцяти років професор Г. Т. Криницький вивчав пострадіаційні закономірності росту і розвитку деревних рослин у зоні відчуження Чорнобильської АЕС. На основі сучасних методів досліджень ним встановлений значний вплив іонізуючого опромінення на характер проходження фізіолого-біохімічних процесів у дорослих дерев та їхніх потомств і на генетико-селекційних засадах опрацьовано заходи щодо підвищення стійкості лісостанів на радіоактивно забруднених територіях.

У соснових, дубових, букових, смереково-ялицево-букових лісостанах Львівського і Тернопільського обласних управлінь лісового і мисливського господарств під керівництвом професора Г. Т. Криницького закладено вісім науково-виробничих стаціонарів з метою розробки рекомендацій з поступового переведення лісового господарства на вибірку, наближену до природи систему лісгосподарювання, яка передбачає вирощування різновікових мішаних деревостанів з багаторусною, вертикально зімкнутою структурою на основі природного насінного поновлення. Учений переконаний, що в сучасних умовах, коли зміни клімату та антропогенний вплив на довкілля дедалі частіше досягають критичних значень, перехід від пануючої суцільно-лісосічної системи ведення лісового господарства до вибіркової, наближеної до природи, орієнтація на відновлення лісостанів переважно природним насінним шляхом і вирощування мішаних різновікових лісів стає необхідністю. Тільки на таких лісівничих засадах можливе формування біотично стійких лісостанів, безперервне існування лісового покриву, збереження

біологічного різноманіття, відтворення структури природних різновікових лісів, постійне виконання лісом життєзабезпечуючих екологічних функцій, збереження ґрунтового покриву.

Майбутнє лісівництва і лісового господарства вчений вбачає на шляху до управління такими складовими продукційного процесу як фотосинтез, дихання, транспорт і перерозподіл асимілянтів у деревних рослин. Основним компонентом цього процесу є інтенсивність фотосинтезу. Збільшення її шляхом відбору продуктивних форм створює значний резерв подальшого підвищення продуктивності лісів. Велике значення, на думку вченого, мають також генетико-селекційні дослідження донорно-акцепторних взаємодій і ценогічних взаємовпливів генотипів у лісових популяціях. Об'єктами фізіологічного та генетико-селекційного вивчення повинні бути як окремі індивідууми деревостанів, так і фітоценози в цілому – основні фотосинтезуючі структури в продукційному процесі. За результатами досліджень ученого, особливо важливими для нарощування фітомаси є генетико-селекційна та фізіологічна оптимізація архітекτονіки ценозів, їх просторової і часової організації.

Професор Г. Т. Криницький вважає, що вивчення генетичної та морфофізіологічної структури деревостанів у теперішній час має стати одним із пріоритетів лісівничої науки. Необхідно вивчити генофонд наших лісів на рівні молекулярно-генетичних структур, створити генетичні карти лісівничих угруповань, виокремити перспективні генотипи. На думку ученого, без нагромадження даних щодо ідентифікації генотипів у лісових популяціях, лісонасінних ділянках і плантаціях неможливе подальше успішне розроблення високоефективних лісгосподарських заходів, спрямованих на підвищення біотичної стійкості і продуктивності лісостанів.

Вчений є автором і співавтором понад 300 наукових, науково-популярних, навчально-методичних праць. Серед них: «Букові ліси Західного Поділля» (2004), «Стратегія і тактика природоохоронної діяльності лісового заповідника» (2006), «Наближене до природи та багатофункціональне ведення лісового господарства в Карпатському регіоні України та Словаччини» (2014), «Технологія вирощування плантаційних лісових насаджень у західному регіоні України» (2016) та інші.

Професор Г. Т. Криницький керує аспірантурою та докторантурою з 1984 року. Під його керівництвом підготовлено і захищено 15 кандидатських та сім докторських дисертацій. Понад 25 років очолює спеціалізовану вчену раду із захисту докторських і кандидатських дисертацій в НЛТУ України. Член спеціалізованої вченої ради в Національному університеті біоресурсів і природокористування України (м. Київ), член Наукової ради з лісівництва при Національній академії наук України, президент Лісівничої академії наук України.

**На пути к вершинам  
лесоводственной науки**

**(К 75-летию академика Лесной академии наук  
Украины, профессора Григория Криницкого)**

Ю. Ю. Туныця, С. И. Мыклуш, Ю. М. Дебрынюк,  
В. В. Павлюк

Григорий Томкович Криницкий – доктор биологических наук, профессор, известный в Украине и за ее пределами ученый в области лесоводства, физиологии древесных растений, лесной селекции. Научные работы посвящены исследованию электрофизиологических процессов в древесных растениях, раскрытию закономерностей сукцессионного развития молодняков на вырубках, изучению физиолого-биохимических аспектов жизнедеятельности деревьев, выявлению в них индивидуальных особенностей семеношения. Ученым разработаны теоретические и методические основы морфофизиологического направления в лесной селекции, биоэлектрический метод исследования жизнестойкости деревьев, разработана шкала выявления высокопродуктивных деревьев по физиолого-биохимическим показателям. Развито представление о молодом лесе как о быстроразвивающейся неуравновешенной системе, обоснованы системные принципы его структурно-функциональной организации.

**Towards the heights of forest science**

**(On the occasion of the 75th anniversary of the  
member of the Academy of Forestry Sciences,  
Professor Hryhoriy Krynytskyi)**

Yu. Tunytsya, S. Myklush, Iu. Debryniuk,  
V. Pavliuk

Hryhoriy Tomkovich Krynytskyi – Doctor of Biological Sciences, Professor, a well-known expert in the field of silviculture, physiology of woody plants, forest selection in Ukraine and abroad. His scientific work is devoted to the study of electrophysiological processes in woody plants, the disclosure of the patterns of succession development of young stands on harvesting areas, the study of the physiological and biochemical aspects of tree activity, and the identification of individual characteristics of seed bearing in them. Theoretical and methodological foundations of the morphophysiological direction in forest selection, a bioelectric method for studying the vitality of trees have been developed, and a scale has been developed for identifying highly productive trees according to physiological and biochemical parameters. The idea of a young forest as a rapidly developing unbalanced system is developed, the system principles of its structural and functional organization are justified.



УДК 630\*(092)

## Озеленення та фітомеліорація – основні чинники сталого розвитку урбанізованих територій

(З нагоди 80-річчя академіка Лісівничої академії наук України, професора Володимира Кучерявого)<sup>1</sup>

Г. Т. Криницький, С. І. Миклуш, Р. Б. Дудин, Я. В. Генік, Ю. М. Дебринюк

*Володимир Панасович Кучерявий – доктор сільськогосподарських наук, професор, фахівець у галузі екології, ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології, фітомеліорації та озеленення населених місць, член Міжнародної федерації ландшафтних архітекторів (IFLA). Наукові дослідження присвячені особливостям розвитку біоти в умовах урбогенного та техногенного середовища, фітомеліорації та рекультивуваці порушених територій, формування екологічної безпеки і сталого розвитку в урбанізованих екосистемах.*

*У наукових працях професора В. П. Кучерявого висвітлено роль основних антропогенних чинників, які впливають на міські біогеоценози, запропонована градієнтно-середовищна класифікація рівнів їх окультуреності, опрацьовано поняття комплексної зеленої зони міста, як єдиної системи озеленення та обводнених міських і прилеглих територій. Науковцем вивчено й систематизовано дендрологічний склад зелених насаджень міст західного регіону України та запропоновано асортимент рослин для його розширення.*

Володимир Панасович Кучерявий – науковець і педагог, провідний фахівець у галузі озеленення населених місць, ландшафтної архітектури, садово-паркового будівництва, охорони природи та раціонального природокористування, член Міжнародної федерації ландшафтних архітекторів (IFLA). У наукових працях вченого викладені особливості розвитку рослинності в умовах урбанізованого середовища, ревіталізації порушених територій, зокрема, проблеми рекультивуваці териконів, кар'єрів і відвалів. Значні зусилля професор В. П. Кучерявий спрямував на вирішення проблем ландшафтної архітектури і садово-паркового господарства та озеленення населених місць.

Завдяки тривалим дослідженням біогеоценологічного шару великих міст, професором В. П. Кучерявим вперше в колишньому Радянському Союзі обґрунтовано поняття «урбоекології» як науки про міські екосистеми.

Розвиваючи вчення Г. М. Висоцького та Ю. П. Бялловича про фітомеліоративну ефективність рослинного покриву в поліпшенні якості середовища, вчений обґрунтовує поняття «фітомеліорації» і розкриває зміст та напрями фітомеліоративної діяльності людини. Останні десятиріччя вчений присвячує розвитку ландшафтної архітекту-

ри як наукової і практичної бази сучасного садово-паркового будівництва.

Докторську дисертацію на тему «Урбоекологічні основи і принципи інтродукції та фітомеліорації (на прикладі великих міст Західної України)» В. П. Кучерявий захистив у Московському лісотехнічному інституті в 1991 році. В ній розглянуто роль основних антропогенних чинників, що впливають на міські біогеоценози на основі градієнтно-середовищних підходів, розроблено класифікації рівнів їх окультуреності (гемеробії) та еколого-фітоценологічного зонування міських територій. Обґрунтовано зміст комплексної зеленої зони міста, як єдиної системи міських і замських територій, вивчено і систематизовано дендрологічний склад зелених насаджень міст західного регіону України та запропоновано асортимент рослин для підвищення естетичної цінності і привабливості міських зелених насаджень.

Розвиваючи вчення Г. М. Морозова та Ю. П. Бялловича, професором В. П. Кучерявим обґрунтовано поняття про фітомеліоративну ефективність рослинного покриву, як засобу оздоровлення міського і техногенного середовища, формування нових високопродуктивних та естетично привабливих фітоценозів.

<sup>1</sup> *Кучерявий Володимир Панасович – професор кафедри ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології Національного лісотехнічного університету України. Народився 01.04.1939 р. в с. Дениси Переяслав-Хмельницького району Київської області. У 1960 р. закінчив Львівський лісотехнічний інститут (тепер – НЛТУ України, Львів) за спеціальністю «Лісове господарство». Активну наукову діяльність розпочав наприкінці 60-х років, коли зайнявся дослідженням зелених зон міст. У 1973 р. захистив кандидатську дисертацію, присвячену деревно-чагарниковій рослинності м. Львова. Впродовж 1982-1993 рр. – ректор Львівського лісотехнічного інституту, 1984-1989 рр. – завідувач кафедри лісівництва і озеленення, 1989-2004 рр. – завідувач кафедри екології та ландшафтної архітектури, 2004-2015 рр. – завідувач кафедри ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології НЛТУ України. Доктор сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.01 – лісові культури, селекція, насінництво та озеленення міст.*

В останні десятиліття вчений займається дослідженням сучасного стану об'єктів ландшафтної архітектури та садово-паркового будівництва (парки, сквери, малі сади, насадження обмеженого користування), а також розробленням заходів з оптимізації їх фітоценотичної структури та реконструкції насаджень. Творчим колективом кафедри ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології під безпосереднім керівництвом професора В. П. Кучерявого здійснено інвентаризаційні роботи та розроблено проектно-кошторисну документацію на реконструкцію багатьох парків м. Львова (Стрийський, ім. І. Франка, «Залізна Вода», Личаківський, «Високий Замок», «Боднарівка», Левандівський, «Цитадель», «Піскові озера», «Студентський» тощо), Львівської області (парки в містах Городок, Пустомити, Ходорів, Трускавець, Великий Любін) та в містах інших областей західного регіону України (Закарпатська, Івано-Франківська та Хмельницька). Впродовж 2005-2006 рр. на території Хмельницького національного університету під керівництвом професора В. П. Кучерявого запроектовано та закладено Ботанічний сад, який має статус заповідного об'єкта місцевого значення.

Професором В. П. Кучерявим започаткована наукова школа з проблем урбоекології та фітомеліорації, представники якої захистили чотири докторські та понад 20 кандидатських дисертацій.

Вчений є автором і співавтором понад 300 наукових публікацій, серед яких понад 20 монографій, підручників та навчальних посібників. Особливо необхідно відзначити роботу вченого саме над підручниками і навчальними посібниками, за якими навчаються студенти спеціальностей «Садово-паркове господарство», «Архітектура», «Охорона праці», «Лісове господарство». Зокрема, впродовж 1999-2019 рр. були видані: «Урбоекологія», «Фітомеліорація», «Озеленення населених місць», «Екологія», «Ландшафтна архітектура», «Історія ландшафтної архітектури» та ін.

Вагомим є вклад професора В. П. Кучерявого у становленні екологічної освіти в Україні. Очолована ним впродовж 1985-1993 рр. Науково-методична рада Міністерства освіти України багато зробила для відкриття у вищих навчальних закладах держави екологічних спеціальностей. На кафедрі екології та ландшафтної екології, яку він очолював, вперше в Україні була відкрита спеціальність «Прикладна екологія». Для забезпечення якісної підготовки екологів учений вперше в Україні видає підручник «Екологія», який пройшов два видання – в 2000 та 2001 рр., а в 2010 – підручник «Загальна екологія». В 2005 р. під його керівництвом авторські колективи підготували три галузеві стандарти (бакалавра, спеціаліста та магістра) напряму підготовки «Екологія та охорона навколишнього середовища».

Професор В. П. Кучерявий постійно популяризує вагоме значення міських і приміських зелених насаджень м. Львова, відобразивши ці аспекти в книгах «На зелених орбітах Львова», «Кличуть

околиці Львова» та «Сади і парки Львова», «Стрийський парк».

Професор В. П. Кучерявий є членом спеціалізованих вчених рад із захисту докторських дисертацій: в Національному лісотехнічному університеті за спеціальністю 06.03.01 – лісові культури та фітомеліорація, 06.01.02 – лісовпорядкування та лісова таксація та 06.03.03 – лісознавство та лісівництво. Був також членом спеціалізованих вчених рад в Національному університеті біоресурсів і природокористування (м. Київ) та у Львівському державному аграрному університеті.

Працюючи на посаді завідувача кафедри ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства та урбоекології, професор В. П. Кучерявий неодноразово організовував та проводив міжнародні науково-практичні конференції, тематика яких стосувалася різноманітних питань ландшафтної архітектури і садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації, заповідної справи та екологічної безпеки. Серед них, «Міські сади і парки: минуле, сучасне і майбутнє» (2001), «Проблеми урбоекології та фітомеліорації» (2003), «Заповідна справа в Галичині, на Поділлі і Волині» (2004), «Ландшафтна архітектура в контексті сталого розвитку» (2008), «Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їхнього регулювання» (2011), «Ландшафтна архітектура і сучасність» (2013). До останніх здобутків можна віднести організацію і проведення Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасний стан і перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації» (2019).

За наукову і творчу діяльність, а також плідну працю з обдарованою студентською молоддю професора В. П. Кучерявого нагороджено Знаком Міністерства освіти і науки України «Відмінник освіти України».

### **Урбоекологія, озеленення і фітомеліорація – основні фактори устойчивого розвитку населених місць**

**(К 80-літтю академіка Лесной академії наук України, професора Володимира Кучерявого)**

Г. Т. Криницький, С. І. Миклуш, Р. Б. Дудын,  
Я. В. Геняк, Ю. М. Дебринюк

Владимир Афанасьевич Кучерявий – доктор сільськогосподарських наук, професор, спеціаліст в області екології, ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології, фітомеліорації і озеленення населених територій, член Міжнародної федерації ландшафтних архітекторів (IFLA). Научні дослідження присвячені особливостям розвитку рослинності

ти в условиях урбогенной и техногенной среды, фитомелиорации и рекультивации нарушенных территорий, формирования экологической безопасности и устойчивого развития общества в урбанизированных экосистемах.

В научных разработках профессора В. А. Кучерявого рассмотрены основные антропогенные факторы, влияющие на городские биogeоценозы, разработаны классификации уровней их окультуренности и развито понятие комплексной зеленой зоны города. Профессором изучен и систематизирован дендрологический состав зеленых насаждений городов западного региона Украины и предложен ассортимент растений для его расширения, обобщены понятия урбоэкологии и фитомелиорации, как средств оздоровления городской среды путем формирования новых фитоценозов, исследовано современное состояние объектов ландшафтной архитектуры и разработаны мероприятия по их оптимизации и реконструкции.

urban ecology and phytomelioration, a member of the International Federation of Landscape Architecture (IFLA). His scientific studies are focused on the peculiarities of the development of plants in the conditions of the urbogenic and technogenic environment, phytomelioration of the disturbed territories, in particular the problems of restoration of hedges, quarries, and dumps. The main anthropogenic factors influencing urban biogeocoenoses are considered, classifications of levels of their cultivation have been developed and the concept of a complex green zone of the city has been developed. The dendrologic composition of green plantations of large cities of Western Ukraine has been studied and systematized, and the assortment for its expansion has been proposed. The concept of phytomelioration as a means of improving the urban environment with the help of plants is generalized and expanded. The present state of objects of landscape architecture is investigated and measures for their optimization and reconstruction are developed.

### **Urban ecology, planning and phytomelioration – key factors for sustainable development of settlements**

**(On the occasion of the 80th anniversary of the Member of the Forestry Academy of Sciences, Professor Volodymyr Kucheryaviy)**

H. Krynytskyi, S. Myklush, R. Dudyn, Ya. Genyk, Iu. Debryniuk

Volodymyr Panasovich Kucheryaviy is a Doctor of Agricultural Sciences, Professor, an expert in the field of ecology, landscape architecture, horticulture,

УДК 630 (092)

## Учений-лісівник, фундатор лісокультурної карпатської школи

(З нагоди 90-річчя члена-кореспондента Лісівничої академії наук України, старшого наукового співробітника, доцента Ананія Гаврусевича)<sup>1</sup>

О. І. Голубчак, В. І. Парпан, Р. І. Бродович, Р. М. Яцик, Ю. Д. Кацуляк

*Ананій Миколайович Гаврусевич — член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільсько-господарських наук, старший науковий співробітник, доцент, Відмінник лісового господарства України, Почесний лісівник України. Відомий в Україні як учений-лісівник, практик, дослідник Українських Карпат та прилеглих територій, фахівець із проблем насінництва й вирощування садивного матеріалу, природного і штучного лісовідновлення, лісорозведення, лісознавства і лісівництва, лісової типології, інтродукції та екології.*

*Автор (співавтор) понад 240 друкованих праць, зокрема, семи монографій, одного навчального посібника, 22 рекомендацій виробництву. Під його керівництвом підготовлено і захищено дві кандидатські дисертації.*

Ананій Миколайович Гаврусевич — відомий в Україні вчений-лісівник, практик, дослідник Українських Карпат та прилеглих територій, фахівець із проблем насінництва й вирощування садивного матеріалу, природного і штучного лісовідновлення, лісорозведення, лісознавства і лісівництва, лісової типології, інтродукції та екології.

У 1960 р. А. М. Гаврусевич завершує написання дисертаційної роботи на здобуття вченого ступеня кандидата сільськогосподарських наук на тему «Типи лісів у Львівській області», яку захищає у Харківському сільськогосподарському інституті.

Перша, добре відома в Карпатському регіоні монографічна робота А. М. Гаврусевича «Лісові культури в Карпатах» підготовлена у 1963 р. у співпраці з П. С. Пастернаком і З. Ю. Герушинським, яка умовно підвела підсумок його плідної наукової праці у Закарпатській ЛНДС.

Постановою Ради Міністрів УРСР від 29.09.1964 р. у м. Івано-Франківську організовується Карпатський філіал Українського науково-дослідного інституту лісівництва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького. У цьому науковому закладі в 1965 р. А. М. Гаврусевич за конкурсом зайняв посаду завідувача відділом лісових культур. У цьому ж році рішенням Вищої атестаційної комісії А. М. Гаврусевичу присвоєно вчене звання старшого наукового співробітника за спеціальністю «Лісові культури».

Період роботи у Карпатському філіалі пов'язаний з інтенсивними пошуками шляхів підвищення продуктивності лісових культур, обґрунтуванням перспектив упровадження цінних швидкорослих порід та досягнень лісової селекції, підвищення біотичної стійкості природних і штучних насаджень, розробки і впровадження удосконаленої технології створення і вирощування лісових культур. Здійснені дослідження в Українських Карпатах дали можливість оптимізувати склад штучних насаджень, удосконалити способи змішування лісотвірних порід, підвищити ефективність агротехнічних доглядів. За науково-практичну основу лісовідновлення було прийнято схеми відновлення корінних високопродуктивних і біотично стійких насаджень, які добре виконують захисні та рекреаційні функції.

В цей же період під керівництвом А. М. Гаврусевича вчені опрацьовували питання лісовідновлення у рівнинних дібровах Закарпаття, відтворення букових лісів на Опіллі та Розточчі, вивчали типи лісу Львівської області. За результатами досліджень запропоновано ефективні способи зберігання горішків бука лісового, вирощування його сіянців і створення лісових культур. Ці наукові дослідження швидко знайшли практичне застосування на виробництві і не втратили свого значення й сьогодні.

Значну увагу А. М. Гаврусевич приділив узагальненню досвіду вирощування горіха волоського

<sup>1</sup> *Ананій Миколайович Гаврусевич народився 11 лютого 1929 року в с. Гор'янівка Ківерцівського району Волинської області. Впродовж 1948-1953 рр. навчався на лісогосподарському факультеті Львівського сільськогосподарського інституту, отримавши кваліфікацію «Інженер лісового господарства». В 1953 р. вступив до аспірантури на кафедру загального лісівництва Львівського сільськогосподарського (лісотехнічного, після об'єднання факультетів) інституту. Після півторарічної викладацької праці, на запрошення директора Закарпатської лісової науково-дослідної станції П. С. Пастернака у 1957 р. переїжджає працювати в цю установу на посаді завідувача відділу лісових культур, де працює до 1965 року. З 1965 р. — завідувач лабораторії лісових культур Карпатського філіалу УкрНДІЛГА ім. Г. М. Висоцького, а впродовж 1984-1995 рр. — директор цієї наукової установи (з 1991 р. — УкрНДІГірліс ім. П. С. Пастернака). Наступні 12 років А. М. Гаврусевич активно працював на посаді провідного наукового співробітника лабораторії лісовідновлення.*

*За багаторічну плідну працю А. М. Гаврусевич нагороджений орденом «Знак Пошани» (1971), медалями (1970, 1981, 1984), почесною відзнакою «Відмінник лісового господарства України» (2004) та нагрудним знаком «Почесний лісівник України» (2019).*

та інших видів горіха в умовах Буковини, Прикарпаття та Закарпаття. За підсумками наукової роботи у 1970 р., спільно із А. Й. Швиденком, у видавництві «Карпати» опубліковано монографічну роботу «Горіх волоський в Карпатських лісах». Ця монографія допомогла виробникам знайти багато відповідей на невирішені питання з культивування горіха, раціонального використання лісових земель з найбільшою економічною вигодою. Зокрема, було рекомендовано звернути належну увагу на селекцію цієї породи, закладання маточників, прищеплювання горіхів, догляд за молодняками та інші питання лісівничого характеру.

Тривалий період часу під керівництвом А. М. Гаврусевича здійснювали дослідження, скеровані на розробку перспективної технології лісовідновлення і реконструкції малоцінних молодняків на базі механізації та екологічно безпечної хімізації. Було апробовано нові технології і схеми вирощування лісових культур на трактородоступних схилах із застосуванням плугів ПКЛ-70, ПКС-4-35, ПЛД-1,2, корчувачів Д-496, Д-513, фрези ФБН-0,9, культиватора КЛБ-1,7, площадкороба ПН-1-0,8 та багатьох інших знарядь. Для терасування еродованих площ у Карпатах було рекомендовано застосовувати терасер Т-4М, а на догляді за лісовими культурами – слаботоксичні екологічно безпечні гербіциди.

Враховуючи потребу сучасного лісокультурного виробництва в диференціації прийомів і технології лісовідновлення залежно від конкретних лісорослинних та економічних умов, А. М. Гаврусевичем розроблено лісокультурне районування Українських Карпат.

Цінним порадиником для лісівників Карпатського краю стала третя монографія вченого – «Агротехніка вирощування лісових культур», підготовлена в 1975 р. у співавторстві зі співробітниками Закарпатської ЛНДС В. І. Гніденком та Ф. Ф. Гербутом.

Після тривалої, майже 19-річної роботи на посаді завідувача лабораторії лісових культур Карпатського філіалу УкрНДЛГА ім. Г. М. Висоцького, А. М. Гаврусевича у квітні 1984 р. призначено директором цього наукового закладу. Впродовж наступних 26 років напруженої організаційної роботи, на місці Карпатського філіалу постала базова регіональна наукова організація з вагомим науково-практичним доробком. Це стало підставою для прийняття рішення 7.04.1991 р. Радою Міністрів України про створення на базі існуючого філіалу окремого наукового закладу – Українського науково-дослідного інституту гірського лісівництва ім. П. С. Пастернака.

На сьогодні інститут підпорядкований Державному агентству лісових ресурсів України та Національній академії наук України і є головною науково-дослідною установою лісового профілю в Карпатському регіоні. Ініціатором реорганізації філіалу в інститут та його першим директором став А. М. Гаврусевич. Поряд з науково-дослідною роботою, вчений приділив дуже багато уваги органі-

заційному забезпеченню функціонування очолюваного інституту.

Впродовж 1992-1995 рр. А. М. Гаврусевич за сумісництвом працює керівником філіалу кафедри лісівництва, лісової таксації, лісовпорядкування та геодезії Українського державного лісотехнічного університету (тепер – НЛТУ України, м. Львів) на базі УкрНДІгірліс. У тісній співпраці зі співробітниками лабораторії лісовідновлення та УкрДЛТУ у різних видавництвах виходять у світ 22 методичні рекомендації виробництву, зокрема, з агротехніки і технології створення лісових культур і реконструкції малоцінних насаджень; технології створення промислових плантацій хвойних порід для прискореного вирощування деревної продукції; залісення земель меліоративного фонду; агротехніки і технології вирощування садивного матеріалу в розсадниках; технології створення промислових плантацій плодово-ягідних деревних і чагарникових порід; створення, формування, стимулювання і раціональної експлуатації лісонасінних ділянок головних лісотвірних порід, а також 10 рекомендацій з удосконалення лісовідновлення основних лісоутворювачів Українських Карпат та з інших проблемних питань. У 1993 р. А. М. Гаврусевичу присвоєно вчене звання доцента.

Учений є співавтором винаходу «Спосіб підготовки посадкової ями під багаторічні культури». Авторське свідоцтво за № 1794405 отримав разом із Ф. Ф. Гербутом у 1992 році.

Під керівництвом А. М. Гаврусевича підготували і захистили кандидатські дисертації Р. І. Бродович (1983) та Р. Р. Олійник (1986). Неодноразово вченого призначали офіційним опонентом на захистах кандидатських дисертацій у різних вищих навчальних закладах. Впродовж 1991-1993 рр. А. М. Гаврусевич очолював державну комісію із захисту дипломних проектів студентів в Українському державному лісотехнічному університеті (тепер – НЛТУ України, м. Львів).

Доцент А. М. Гаврусевич – співавтор відомих у Карпатському регіоні монографічних праць: «Посібник Карпатського лісівника» (1980), «Поради Карпатського лісівника» (2008), «Українські Карпати» (1988), «Діброви Українських Карпат і суміжних територій, їх стан та особливості відновлення» (2010), а також навчального посібника «Особливості створення лісових культур у Карпатах» (1987).

Характерною особливістю А. М. Гаврусевича була і залишилася активна життєва позиція з державницьких питань, участь у громадських заходах та роботі численних комісій із проблем ведення лісокультурної справи та лісорозведення. На сьогоднішній день учений є членом Івано-Франківського клубу Української інтелігенції ім. Б. Лепкого.

Талановитий вчений-лісівник А. М. Гаврусевич – чуйна людина, добрий порадирик, щирий друг і безкорисливий наставник не одного покоління науковців-лісівників Карпатського краю.

**Ученый-лесовод, основатель  
лесокультурной карпатской школы**

**(К 90-летию члена-корреспондента Лесной  
академии наук Украины, старшего научного  
сотрудника, доцента Анания Гаврусевича)**

О. И. Голубчак, В. И. Парпан, Р. И. Бродович,  
Р. М. Яцык, Ю. Д. Кацуляк

Ананий Николаевич Гаврусевич – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, доцент, Отличник лесного хозяйства Украины, Почетный лесовод Украины. Известен в Украине как ученый-лесовод, производитель, исследователь Украинских Карпат и прилегающих территорий, специалист по проблемам семеноводства и выращивания лесного посадочного материала, естественного и искусственного лесовосстановления, лесоразведения, лесоводства, лесной типологии, интродукции и экологии.

Автор (соавтор) более 240 печатных работ, в частности, семи монографий, одного учебного пособия, 22 рекомендаций производству. Его работы известны как в Украине, так и в ближнем зарубежье.

**Forestry scientist, founder  
of Carpathian forest planting school**

**(On the occasion of the 90th anniversary  
of the birth)**

O. Holubchak, V. Parpan, R. Brodovych, R. Yatsyk,  
Y. Katsulyak

Ananiy Mykolayovych Havrusevych is a Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Assistant Professor, and Honorary Worker of Forestry of Ukraine, Honored Foresters of Ukraine. He is known in Ukraine as a forester-scientist, practitioner, researcher of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories, expert in the issues of seed production and cultivation of plant material, natural and artificial reforestation, afforestation, forestry and silviculture, forest typology, introduction and ecology.

Author (co-author) of more than 240 publications, including seven monographs, one textbook, and 22 practical recommendations. His works are known both in our country and in neighboring countries.



## 11. СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

*Pro memoria*

### Професор Володимир Максимів – видатна постать в історії лісотехнічної освіти і науки

Ю. Ю. Туниця, М. Г. Адамовський, П. А. Бехта, П. В. Білей, В. М. Голубець, О. А. Кійко, Г. Т. Криницький, Б. Я. Кшивецький, В. О. Маєвський, С. І. Миклуш, Я. І. Соколовський

Живемо і діємо у часи, коли процеси становлення української державності змушують кожного з нас щоденно робити непростий вибір, усвідомлюючи як безцінність назавжди утраченого, так і неперехідну вартість того, що мали і маємо, що зуміли зробити, зберегти і донести до нас наші попередники.

Наше сьогодні – це ще й час великих випробувань для української освіти і науки. Це час, коли усі ми, насамперед вчені й викладачі, маємо усвідомити найголовніше своє завдання – прийти до нинішнього студента, завтрашнього фахівця і громадянина України, з новими науковими ідеями, достатніми професійними знаннями та високою культурою викладання. Відомий історик С. І. Вавилов влучно зазначив: «Наука не може обмежитись розвитком ідей – в однаковій мірі вона мусить торкатися живих людей, з їхніми особливостями, талантами, залежністю від соціальних умов, країни й епохи... Життя й діяльність передових людей – дуже важливий чинник у розвитку науки, а їхній життєпис є необхідною частиною історії науки».

Ці слова у наш час набувають особливої гостроти й актуальності, адже, окрім усього, наука – це важкий труд, і справжні вчені – великі трудівники, які ніколи не знали і не знають втоми у зведенні гігантської споруди – людського знання. Одні закладали підвалини цієї величної будівлі, інші – зводили стіни, ще інші – перекидали ажурні арки, з'єднуючи те, що, здавалось би, не можна поєднати. Доля кожного вченого є складовою історії науки в цілому. Але важливо не лише повернути незаслужено забуті чи штучно вилучені з історії української освіти і науки імена, але й віддати належну шану тим, хто ще недавно невтомно трудився на її ниві поруч з нами.

До таких великих трудівників науки й освіти належав і Володимир Михайлович Максимів, який так раптово і несподівано для нас усіх відійшов нещодавно у вічність.

Все своє життя доктор технічних наук, професор, академік і віце-президент Лісівничої акаде-

мії наук України Володимир Максимів присвятив невтомній праці на освітянській і науковій ниві саме у Національному лісотехнічному університеті України. У стінах нашого університету він працював на різних посадах: інженером, завідувачем лабораторії, молодшим і старшим науковим співробітником, старшим викладачем, доцентом, професором, деканом факультету, директором навчально-наукового інституту і проректором з наукової роботи. Завжди і всюди як чудовий організатор, неординарна, талановита особистість, людина енциклопедичних знань, вчений світового рівня, він умів залучати до співпраці багатьох людей, передаючи їм своє натхнення, ентузіазм та працелюбність. Його життєвий досвід, мудрість, талант передбачення та вміння знайти підхід до людей дали змогу сформувати потужну команду однодумців-професіоналів для вирішення важливих навчальних, наукових, виробничих та організаційних завдань.

Народився Володимир Максимів 9 лютого 1956 року в с. Вовків, що на Перемишлянщині. У 1975 р. з відзнакою закінчив Львівський технікум механічної обробки деревини (нині – Технологічний коледж Національного лісотехнічного університету України) за спеціальністю «Меблеве виробництво». У 1980 р. закінчив з відзнакою Львівський лісотехнічний інститут (нині – Національний лісотехнічний університет України) за спеціальністю «Технології деревообробки» і здобув кваліфікацію інженера-технолога. У 1988 р. захистив кандидатську дисертацію «Інтенсифікація функціонування стрічкопильових лісопиляльних потоків», а в 1999 р. – докторську дисертацію «Методи обґрунтування ефективних варіантів ліній меблевого виробництва». У 1993 р. отримав учене звання доцента, а в 2002 р. – професора.

З ініціативи та за безпосередньої участі Володимира Михайловича у 2008 р. було відкрито нову наукову спеціальність 05.23.06 – технологія деревообробки, виготовлення меблів та виробів з

деревини і сформовано спеціалізовану вчену раду для захисту докторських та кандидатських дисертацій, головою якої він став.

У 2011 р. в університеті організовано кафедру технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів, яку професор В. М. Максимів очолював до 2014 року. З 2007 р. він був також головним редактором міжвідомчого науково-технічного журналу «Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість» («Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry»), для якого сформував міжнародну редакційну колегію та запровадив публікацію наукових статей англійською мовою.

Значний обсяг роботи учений здійснював як голова Науково-методичної комісії Міністерства освіти і науки України з напрямку «Деревооброблювальні технології» та голова підкомісії «Деревообробні та меблеві технології» Науково-методичної комісії Міністерства освіти і науки України з будівництва і технологій. Впродовж 2000-2013 рр. він був членом експертних рад у Вищій атестаційній та Державній акредитаційній комісіях.

Наукові інтереси професора В. М. Максиміва були пов'язані із підвищенням ефективності функціонування технологічних потоків, дослідженням процесів виробництва пилопродукції та раціональним використанням деревини. Вагомими результатами його наукових пошуків стали нові та вдосконалені методи і моделі підвищення ефективності функціонування потокових ліній деревообробних та меблевих виробництв. Значний внесок зробив він у теорію та практику виробництва пиломатеріалів спеціального призначення. Водночас, наукова діяльність професора

В. М. Максиміва була тісно пов'язана із виробництвом – впродовж останніх п'ятнадцяти років він був керівником низки госпдоговірних і держбюджетних науково-дослідних робіт.

Усвідомлюючи проблеми і потреби сучасної освіти та науки, професор В. М. Максимів ініціював видання 11 підручників, опублікував чотири монографії та понад 180 статей у вітчизняних і зарубіжних виданнях. Під його керівництвом захищено три докторські та п'ять кандидатських дисертацій.

Вагомий внесок професора В. М. Максиміва у розвиток української науки і підготовку фахівців високо оцінено громадськістю та державою. Учений удостоєний багатьох поважних звань і нагород. Серед них, Почесні грамоти Верховної Ради України, Міністерства освіти і науки України, Міністерства промислової політики, Львівської обласної державної адміністрації та Національного лісотехнічного університету України; подяки міських голів Києва та Львова; Золотий Герб м. Львова; нагрудний знак «Відмінник освіти України» та інші нагороди. Без сумніву, жодна з них неспроможна виміряти силу та енергію його таланту і мужності, працелюбства і людяності.

Як щира, відверта і мудра людина, професор В. М. Максимів завжди вмів об'єднати навколо себе однодумців – людей з різними характерами, поглядами, долями, об'єднати і згуртувати задля досягнення високої і благородної мети – процвітання нашого університету, української науки, відродження освіти нашого регіону та України в цілому.

Ім'я професора Володимира Максиміва по праву увійде в історію вітчизняної науки і освіти, а його учні-послідовники продовжуватимуть його благородну справу.

## ДО УВАГИ АВТОРІВ

У «Наукових працях Лісівничої академії наук України» публікуються оригінальні наукові статті та наукові огляди з теоретичних і прикладних питань лісового та садово-паркового господарства, біології, екології та природно-заповідної справи, економіки природокористування і менеджменту, лісової інженерії, ресурсощадних та екологобезпечних технологій деревообробки, машин і механізмів лісгосподарського комплексу, інформаційних технологій галузі.

Редакція приймає до опублікування статті обсягом 15-20 сторінок машинописного тексту, надрукованого через 1,5 інтервала. Формат документа – А4, формат файлу – \*.doc, \*.docx (MS Word 2003, 2007, 2010, 2013). Поля – 2 см по периметру. В редакцію подаються електронний і паперовий варіанти статті.

Текст наукової (експериментальної) статті подається за такою структурою: вступ; об'єкти та методика дослідження; результати та обговорення; висновки; подяка (за потреби); бібліографічні посилання.

Оглядова стаття може мати різну кількість структурних розділів із довільними назвами, але вказані пункти є обов'язковими: вступ; висновки; бібліографічні посилання. В обох випадках інформація про авторів подається трьома мовами.

До друку приймаються статті українською, російською та англійською мовами. До кожної статті подаються анотації трьома мовами.

Обсяг анотації українською мовою – 22-25 рядків або 1400-1600 знаків. Обсяг анотації російською мовою – 40-45 рядків або 2600-2900 знаків. Обсяг анотації англійською мовою – повний переклад анотації російською мовою, але не менше 35 рядків або 2300 знаків. Ключові слова в обсяг анотації не входять.

Для статей, написаних англійською мовою, потрібно додати дві розширені анотації (українською та російською мовами) – по 40-45 рядків. Анотація англійською мовою складає 22-25 рядків (без ключових слів).

Ключові слова/словосполучення (10-12 шт.) не повинні дублювати заголовку статті.

Бібліографічний список повинен вміщати не менше 15 літературних джерел. Бажано робити посилання на джерела, опубліковані після 2010 року, особливо ті, які мають індекс DOI. Самоцититування – не більше 15%. Під час формування списку літературних джерел необхідно користуватись ви могами APA 6th Edition.

Транслітерація літературних джерел в статтях не допускається. Список бібліографічних поси-

лень повинен бути наведений 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 «Бібліографічних посилань» та англійськомовну частину публікації. Статтю читатиме міжнародна аудиторія науковців, тому текст анотації повинен бути чітким і зв'язним, а її зміст – зрозумілим без ознайомлення з основним змістом самої статті. У статті потрібно застосовувати фахову термінологію, яку використовують у профільних міжнародних англійськомовних виданнях.

Текст статті, анотації, назви таблиць, список літератури подаються шрифтом Times New Roman 14. Підписи до рисунків – шрифтом Times New Roman 12, вирівняні по центру. Фотографії та рисунки подаються безпосередньо в статті, а також в окремому файлі у форматі \*.jpg, чи оформлені у середовищі MS Excel.

Не можна наводити посилання на таблицю або рисунок у вигляді окремого речення. За наявності у тексті лише однієї таблиці чи рисунку, їх не нумерують, а в тексті дають посилання: табл. (рис.). При повторному посиланні на елемент: див. табл. (див. рис.).

Назви таблиць і рисунків (а також примітки до них) мають бути вичерпними та чітко сформульованими, щоб читач зміг зрозуміти їх зміст, не вдаючись до пошуку відповідних пояснень у розділах статті.

У таблицях повинні бути відсутні вертикальні лінії. Подаються лише горизонтальні лінії – в «шапці» та в кінці таблиці.

Потрібно розрізняти символи «—», «-» та «-». Перший із них у рукописі статті не використовують.

Необхідно звернути увагу на правильність вживання службових частин мови: «в», «у»; «і», «та»; «з», «із», «зі» тощо. Під час формулювання речень потрібно уникати слова «було»: без нього, зазвичай, зміст речення не змінюється. У статті бажано не використовувати скорочення наукових термінів.

Не рекомендовано вживати у тексті пасивний формат: «дослідження проводилися», «результати опрацьовувалися» тощо; потрібно – «дослідження проводили», «результати опрацьовували» і т.д.

Отримані результати досліджень повинні бути опрацьовані математичними методами, що підтвер-

джує їхню достовірність. Без такого опрацювання статті до друку не приймаються.

Найважливішою частиною наукової статті є висновки, де наводять підсумки здійсненого дослідження, узагальнення і пропозиції щодо завдань, сформульованих у вступі. Висновки формують чітко, лаконічно і зрозуміло, вони повинні впливати із результатів проведених досліджень. У висновках зазначають ступінь досягнення поставленої мети роботи за допомогою використаних методів і методики досліджень. Вдало сформульовані висновки логічно завершують наукову роботу, роблять її цілісною і завершеною.

Висновки повинні бути короткими і поданими у вигляді тексту без номерів.

У збірнику наукових 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 відхилити 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 рецензуються членами редакційної колегії наукового видання та/або сторонніми незалежними експертами, 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 публікації приймається редакційною колегією.

Після прийняття до друку наукові матеріали проходять процес редагування. Редакція залишає за собою право на стилістичну правку рукопису, літературне редагування та скорочення текстів зі збереженням авторського стилю. З автором узгоджуються правки, які, на думку редакції, можуть не зовсім точно передати зміст тексту.

Відповідальність за достовірність інформації у статтях, точність назв, статистичних даних, прізвищ та 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 в 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 «Бібліографічних посилань», 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 18

2019 р.

Науковий редактор: проф. Ю.М. Дебринюк, д-р с.-г. наук  
Фото і текст на 4-ій сторінці обкладинки: Г. Т. Криницький  
Літературний редактор: А. Ф. Павлишин  
Редактор англomовних текстів: проф. І. П. Соловій, д-р екон. наук  
Відповідальний секретар: Б. В. Дебринюк

---

Підписано до друку 16.07.2019 р. Формат 60\*84/8. Папір офсетний.  
Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 26,97. Обл.-вид. арк. 22,87  
Наклад 300 прим. Зам. №2529

**Видавець:** Редакційно-видавничий центр НЛТУ України  
79057, м. Львів, вул. генерала Чупринки, 134/16  
Тел.: (032) 240-23-50. E-mail: lan@nltu.edu.ua

**Верстання та друк:** ТзОВ «Компанія “Манускрипт”»  
вул. Руська, 16/3, м. Львів, 79008  
тел./факс: (032) 235-52-20

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції серія ДК № 3628 від 19. 11. 2009 р.

---

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
(Серія КВ, № 21138-10938ПР від 23.01.2015 р.)

Згідно з рішенням Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України,  
«**Наукові праці Лісівничої академії наук України**» належить до  
Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних  
робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук за такими напрямками:

*сільськогосподарські науки* (від 13.07.2015 р., № 747),  
*біологічні науки* (лісове господарство) (від 07.10.2015 р., № 1021),  
*технічні науки* (від 9.03.2016 р., № 241)

Збірник наукових праць входить до міжнародних наукометричних баз  
Index Copernicus, Directory of Open Access Journals, Ulrichsweb, CrossRef.