

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

---

# **НАУКОВІ ПРАЦІ**

## **ЛІСІВНИЧОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ**

**Випуск 22**

Започатковано у 2001 р.

Львів  
Видавництво «Компанія “Манускрипт”»  
2021

**Наукові праці Лісівничої академії наук України:** збірник наукових праць. – Львів: Видавництво «Компанія “Манускрипт”», 2021. – Вип. 22. – 240 с.

У збірнику наукових праць опубліковано результати досліджень, в яких висвітлено біологічні аспекти рослинних угруповань, досягнення в царині лісівництва та лісознавства, лісових культур і лісової селекції, лісової таксації та лісовпорядкування. Наведено результати досліджень у сфері екології, відтворення та покращення стану лісових насаджень, захисту лісів від шкідників і хвороб, економіки природокористування та менеджменту, лісової інженерії, ресурсощадних та екологобезпечних технологій деревообробки.

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

Рекомендовано до друку Вченою радою НЛТУ України та Президією ЛАН України (протокол № 5 від 10.06.2021 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 Гуссендорфер,  | <i>д-р габілітований, Університет прикладних наук Вайєніштефан-Трісдорф, м. Фрайзінг, Німеччина;</i>              |
| <i>професор</i> П'єр Л. Ібіш,        | <i>д-р габілітований, Університет сталого розвитку Еберсвальде, м. Еберсвальде, Німеччина;</i>                    |
| <i>професор</i> Петро Лакида,        | <i>д-р с.-г. наук, Національний ун-т біоресурсів і природокор. України, Київ;</i>                                 |
| <i>професор</i> Степан Миклуш,       | <i>д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>професор</i> Віктор Ткач,         | <i>д-р с.-г. наук, Укр. наук.-дослід. інститут лісівництва та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, Харків;</i> |
| <i>доцент</i> Олег Часковський,      | <i>канд. с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                   |
| <i>професор</i> Василь Лавний,       | <i>д-р с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>доцент</i> Володимир Крамарець,   | <i>канд. с.-г. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                   |
| <i>професор</i> Надія Олексійченко,  | <i>д-р с.-г. наук, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків;</i>      |
| <i>професор</i> Григорій Криницький, | <i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>професор</i> Володимир Заїка,     | <i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>професор</i> Мирослава Сорока,    | <i>д-р біол. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>професор</i> Платон Третяк,       | <i>д-р біол. наук, Державний природознавчий музей НАН України, Львів;</i>   |
| <i>професор</i> Юрій Туниця,         | <i>д-р ек. наук, акад. НАН України, Національний лісотехн. ун-т України, Львів;</i>                               |
| <i>професор</i> Лідія Заднік-Штірн,  | <i>д-р ек. наук, Університет м. Любляна, Словенія;</i>  |
| <i>професор</i> Марія Нижник,        | <i>д-р ек. і соц. наук, Джеймс Хаттон Інститут, м. Абердин-Данді, Великобританія;</i>                             |
| <i>професор</i> Євген Мішенін,       | <i>д-р ек. наук, Сумський державний університет, Суми;</i>  |
| <i>професор</i> Павло Бехта,         | <i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>професор</i> Володимир Голубець,  | <i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>професор</i> Юрій Грицюк,         | <i>д-р техн. наук, Національний університет «Львівська політехніка», Львів;</i>                                   |
| <i>професор</i> Ігор Озарків,        | <i>д-р техн. наук, Національний лісотехнічний університет України, Львів;</i>                                     |
| <i>професор</i> Ян Седлячек,         | <i>д-р філософії, Технічний університет в м. Зволєн, Словаччина.</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: [debrynyuk@gmail.com](mailto:debrynyuk@gmail.com); <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

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

---

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

**Volume 22**

Founded in 2001

Lviv  
«Company “Manuscript”»  
2021

**Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine:** Collection of Research Papers. – Lviv : «Company “Manuscript”», 2021. – Vol. 22. – 240 p.

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

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

The Collection is approved for publication by the Academic Council of the Ukrainian National Forestry University and the Presidium of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine (*protocol number 5 dated from 2021.06.10*).

#### Editorial board:

<i>Professor Ihor Soloviy,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ.), Chief Editor;</i>
<i>Professor Iurii Debryniuk,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Deputy Chief Editor;</i>
<i>Professor Norbert Weber,</i>	<i>Dr. rer. silv. habil., the Technische Universität Dresden, Germany;</i>
<i>Professor Andrzej Wozniak,</i>	<i>Dr. habil., University of Life Sciences, Lublin, Poland;</i>
<i>Professor Mykola Guz,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Anatolyi Hoychuk,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;</i>
<i>Professor Erwin Hussendörfer,</i>	<i>Dr. habil. the Weihenstephan-Triesdorf University of Applied Sciences, Freising, Germany;</i>
<i>Professor Pierre L. Ibisch,</i>	<i>Dr. habil., Eberswalde University for Sustainable Development, Eberswalde, Germany;</i>
<i>Professor Petro Lakyda,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv;</i>
<i>Professor Stepan Myklush,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Victor Tkach,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. N. Vysotsky, Kharkiv;</i>
<i>Associate professor Oleg Chaskovskyy, PhD (Agr.),</i>	<i>Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Vasyl Lavnyy,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Associate professor Volodymyr Kramarets, PhD (Agr.),</i>	<i>Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Nadiia Oleksiichenko,</i>	<i>Dr. Sc. (Agr.), O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv;</i>
<i>Professor Volodymyr Zaika,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Hryhoriy Krynytskyy,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Myroslava Soroka,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Platon Tretyak,</i>	<i>Dr. Sc. (Biol.), State Museum of Natural Sciences of Ukraine, Lviv;</i>
<i>Professor Yuriy Tunytsya,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ.), Member of the NAS of Ukraine, Ukrain. National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Lidija Zadnik-Stirn,</i>	<i>Dr. Sc., University of Ljubljana, Slovenia;</i>
<i>Professor Maria Nijnik,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ. &amp; Soc.), James Hutton Institute, Aberdeen, Dundee, United Kingdom;</i>
<i>Professor Evgen Mishenin,</i>	<i>Dr. Sc. (Econ.), Sumy State University, Sumy;</i>
<i>Professor Pavlo Bekhta,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Volodymyr Holubets,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Yuriy Hrytsyuk,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Lviv Polytechnic National University, Lviv;</i>
<i>Professor Ihor Ozarkiv,</i>	<i>Dr. Sc. (Tech.), Ukrainian National Forestry University, Lviv;</i>
<i>Professor Jan Sedláčik,</i>	<i>PhD (Tech.), Technical University in Zvolen, Slovak Republic.</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”»

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

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

## ЗМІСТ

### 1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

*І. П. Мацях*

<b>ІНВАЗІЙНІ ЧУЖОРІДНІ ПАТОГЕНИ ЯК ЗАГРОЗА ГЛОБАЛЬНОМУ БІОРІЗНОМАНІТТЮ</b> .....	11
--	----

*П. Т. Яценко, Ю. В. Канарський, І. М. Шпаківська*

<b>СИЛЬВАТИЗАЦІЯ ОСЕЛИЩ ЛУЧНО-СТЕПОВОЇ РОСЛИННОСТІ ТА БЕЗХРЕБЕТНИХ У ПРИРОДООХОРОННИХ ОБ'ЄКТАХ ГОЛОГІРСЬКОГО ГОРБОГІР'Я (ПРИРОДООХОРОННА ОЦІНКА ЯВИЩА)</b> .....	27
--	----

### 2. ЛІСОЗНАВСТВО ТА ЛІСІВНИЦТВО

*В. В. Лавний, В. Г. Мазепа, І. Ф. Шишканинець, М. В. Заяць*

<b>ОСОБЛИВОСТІ ПРИРОДНОГО ПОНОВЛЕННЯ У БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ</b> .....	41
--	----

*В. П. Лосюк, О. О. Погрібний, М. В. Томич, О. Г. Часковський, П. І. Ванджурак, Ю. М. Дебринюк*

<b>СТАН І СТРУКТУРА ПРИРОДНИХ ЯЛИНОВИХ ЛІСІВ ПОКУТСЬКИХ КАРПАТ</b> .....	52
--	----

*Л. С. Осадчук, І. І. Коляджин, Л. М. Кондратюк*

<b>СУЧАСНИЙ СТАН І ПОШИРЕННЯ <i>PINUS MUGO TURRA</i> В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ</b> .....	68
---	----

*Ю. С. Шпарик, В. П. Лосюк, А. В. Плига*

<b>СТАН І СТРУКТУРА ПРАЛІСІВ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ МОНІТОРИНГУ</b> .....	77
---	----

*Д. А. Гришлов, Н. П. Братилова, Р. Н. Матвеева, О. Ф. Буторова*

<b>ФОРМИРОВАНИЕ КРОНЫ КЕДРА СИБИРСКОГО ЗА 12-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ДЕКАПИТАЦИИ (ПРИГОРОДНАЯ ЗОНА Г. КРАСНОЯРСКА)</b> (Формування крони кедр сибірського за 12-річний період після декапітації (приміська зона м. Красноярська).....	89
---	----

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

*Ю. М. Дебринюк, Ю. С. Веремчук*

<b>ПОСІВНА ЯКІСТЬ НАСІННЯ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. У НАСАДЖЕННЯХ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ</b> .....	98
--	----

*С. А. Лось*

<b>ПОПУЛЯЦІЙНА МІНЛИВІСТЬ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ЖІНОЧИХ РЕПРОДУКТИВНИХ ОРГАНІВ <i>QUERCUS ROBURL</i>. У ЛІСОСТЕПУ ТА СТЕПУ УКРАЇНИ</b> .....	108
--	-----

#### 4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ

- Р. Д. Василюшин, І. П. Лакида, І. О. Василюшин, В. П. Дячук*  
**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ ЛІСІВ  
 КАРПАТСЬКОГО НПП У РІЗНИХ ЛІСОРОСЛИННИХ УМОВАХ** ..... 121
- Ю. Й. Каганяк, І. С. Ільків, С. А. Гаврилюк*  
**БАГАТОМІРНА БУДОВА БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПІВНІЧНО-СХІДНОГО  
 МЕГАСХИЛУ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ: ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ І ПРАКТИЧНЕ  
 ЗНАЧЕННЯ** ..... 130
- Л. М. Матушевич, П. І. Лакида*  
**МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРВИННОЇ ПРОДУКЦІЇ КОМПОНЕНТІВ НАДЗЕМНОЇ  
 ЧАСТИНИ ДЕРЕВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ СХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ** ..... 141
- С. І. Миклуш, Ю. С. Миклуш, С. А. Гаврилюк, Ю. М. Дебринюк, В. М. Савчин*  
**СТИГЛІ БУКОВІ ДЕРЕВОСТАНИ У РІЗНИХ КАТЕГОРІЯХ ЛІСІВ РІВНИННОЇ  
 ЧАСТИНИ УКРАЇНИ** ..... 156
- В. П. Пастернак, О. А. Слиш, В. В. Назаренко*  
**РОЗМІРНО-ЯКІСНА СТРУКТУРА СТОВБУРІВ *QUERCUS ROBURL.*  
 У ДЕРЕВОСТАНАХ ВЕГЕТАТИВНОГО ПОХОДЖЕННЯ ЛІВОБЕРЕЖНОГО  
 ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ** ..... 165

#### 5. ЗАХИСТ ЛІСІВ І МИСЛИВСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО

- V. L. Meshkova*  
**FOLIAGE-BROWSING LEPIDOPTERA (INSECTA) IN DECIDUOUS FORESTS  
 OF UKRAINE FOR THE LAST 70 YEARS (Листогризні Lepidoptera (Insecta)  
 у листяних лісах України за останні 70 років)** ..... 173

#### 6. ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНА СПРАВА

- П. Б. Дубневич, І. П. Соловій, Т. О. Челеніс*  
**РОЗВИТОК ВІДНОВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У СВІТЛІ ПІДХОДІВ  
 ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ТЕОРІЇ: ВИКЛИКИ ДЛЯ ПОЛІТИКИ СТАЛОГО  
 РОЗВИТКУ** ..... 180
- І. М. Коваль*  
**КЛІМАТИЧНИЙ СИГНАЛ У РЕГІОНАЛЬНІЙ ДЕРЕВНО-КІЛЬЦЕВІЙ ХРОНОЛОГІЇ  
*PINUS SYLVESTRIS* L. У ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ** ..... 188

#### 7. ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ

- Н. Ю. Висоцька, А. О. Калашніков, С. В. Сидоренко, С. Г. Сидоренко, В. А. Юрченко*  
**ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ СМУГ ЯК ОСНОВА  
 КОМПЕНСАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ ЇХНЬОГО СТВОРЕННЯ ТА УТРИМАННЯ** ..... 199

*І. П. Соловій, Т. Я. Кулешник*

<b>КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОСЛУГ ЕКОСИСТЕМ ЛІСОАГРАРНОГО ЛАНДШАФТУ</b> .....	209
---	-----

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

*В. Л. Коржов*

<b>ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЛІСОВИХ ШЛЯХІВ В УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТАХ</b> .....	217
---	-----

## 9. РЕСУРСООЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ

*В. О. Маєвський, З. П. Копинець, О. Б. Ференц, Є. М. Миськів, М. М. Федик*

<b>ОЦІНЮВАННЯ ВИТРАТИ БУКОВОЇ ПИЛОВОЇ СИРОВИНИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ЧОРНОВИХ ЗАГОТОВОК ІЗ ЗАДАНИМИ РОЗМІРНО-ЯКІСНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ</b> .....	227
--	-----

## 10. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

*В. С. Загорський, М. Г. Адамовський, М. М. Борис, В. В. Лавний, Г. Т. Криницький, С. І. Миклуш,  
В. О. Маєвський, І. Т. Ребезнюк, П. К. Динька, Ю. М. Дебринюк, І. А. Дубовіч, І. П. Соловій*

<b>ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ЗАСАДИ ПОЄДНАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ У КОНТЕКСТІ ПАРАДИГМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ (з нагоди 80-річчя академіка Лісівничої академії наук України, академіка НАН України, професора Юрія Туниці)</b> .....	235
--	-----

<b>ДО УВАГИ АВТОРІВ</b> .....	238
-------------------------------	-----



## CONTENTS

### 1. BIOLOGICAL ASPECTS OF PLANT COMMUNITIES

*I. Matsiakh*

**INVASIVE ALIEN PATHOGENS AS A THREAT TO GLOBAL BIODIVERSITY** ..... 11

*P. Yashchenko, Yu. Kanarsky, I. Shpakivska*

**AFFORESTATION OF MEADOW-STEPPE AND INVERTEBRATES' HABITATS IN THE NATURE PROTECTED AREAS OF HOLOHORY HILLY RANGE (ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE PHENOMENON)** ..... 27

### 2. FORESTRY AND SILVICULTURAL SCIENCES

*V. Lavnyy, V. Mazepa, I. Shyshkanynets, M. Zayats*

**PECULIARITIES OF NATURAL REGENERATION IN BEECH STANDS OF THE UKRAINIAN CARPATHIANS** ..... 41

*V. Losyuk, O. Pohribnyi, M. Tomych, O. Chaskovskyy, P. Vandzhurak, Iu. Debryniuk*

**STATE AND STRUCTURE OF THE NATURAL SPRUCE FORESTS IN THE POKUTTIA CARPATHIANS** ..... 52

*L. Osadchuk, I. Koliadzhyn, L. Kondratiuk*

**PRESENT CONDITION AND DISTRIBUTION OF *PINUS MUGO* IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS** ..... 68

*Y. Shparyk, V. Losyuk, A. Plyha*

**THE STATE AND STRUCTURE OF VIRGIN FORESTS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS ACCORDING TO THE MONITORING RESULTS** ..... 77

*D. Grishlov, N. Bratilova, R. Matveeva, O. Butorova*

**FORMATION OF CROWN FOR SIBERIAN CEDAR OVER A 12-YEAR PERIOD AFTER DECAPITATION (SUBURBAN AREA OF KRASNOYARSK)** ..... 89

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

*Iu. Debryniuk, Yu. Veremchuk*

**SOWING QUALITIES OF *PINUS SYLVESTRIS* L. SEEDS IN FOREST STANDS OF THE WESTERN REGION OF UKRAINE** ..... 98

*S. Los*

**POPULATION VARIABILITY OF ENGLISH OAK (*QUERCUS ROBURL*.) REPRODUCTIVE ORGANS MORPHOLOGICAL FEATURES IN THE FOREST-STEPPE AND STEPPE OF UKRAINE** ..... 108



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

<i>R. Vasylyshyn, I. Lakyda, I. Vasylyshyn, V. Diachuk</i> <b>PECULIARITIES OF NET FORESTS PRIMARY PRODUCTION FORMATION IN DIFFERENT SITE CONDITIONS OF THE CARPATHIAN NATIONAL NATURE PARK</b> .....	121
<i>Yu. Kahaniak, I. Ilkiv, S. Havryliuk</i> <b>MULTIVARIATE BEECH STANDS STRUCTURE IN THE NORTH-EAST MEGA SLOPE OF THE UKRAINIAN CARPATHIAN: THEORETICAL ASPECTS AND PRACTICAL SIGNIFICANCE</b> .....	130
<i>L. Matushevych, P. Lakyda</i> <b>MODELING OF THE ABOVEGROUND PART OF SCOTS PINE TREES COMPONENTS PRIMARY PRODUCTIONS AT THE EASTERN POLISSYA OF UKRAINE</b> .....	141
<i>S. Myklush, Y. Myklush, S. Havryliuk, Iu. Debryniuk, V. Savchyn</i> <b>MATURE BEECH STANDS IN DIFFERENT CATEGORIES OF FORESTS OF THE PLAIN PART OF UKRAINE</b> .....	156
<i>V. Pasternak, O. Slysh, V. Nazarenko</i> <b>DIMENSIONAL AND QUALITATIVE STRUCTURE OF <i>QUERCUS ROBURL.</i> TRUNKS IN STANDS OF COPPICE ORIGIN OF THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE</b> .....	165

#### 5. FOREST PROTECTION AND WILDLIFE RESOURCE MANAGEMENT

<i>V.L. Meshkova</i> <b>FOLIAGE-BROWSING LEPIDOPTERA (INSECTA) IN DECIDUOUS FORESTS OF UKRAINE FOR THE LAST 70 YEARS</b> .....	173
---	-----

#### 6. ECOLOGY AND NATURE PROTECTED AREAS MANAGEMENT

<i>P. Dubnevych, I. Soloviy, T. Chelepis</i> <b>RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN THE LIGHT OF EOLOGICAL-ECONOMIC THEORY APPROACHES: CHALLENGES FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT POLICY</b> .....	180
<i>I. Koval</i> <b>CLIMATIC SIGNAL IN THE REGIONAL TREE-RING CHRONOLOGY OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. IN THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE</b> .....	188

#### 7. NATURAL RESOURCE ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>N. Vysotska, A. Kalashnikov, S. Sydorenko, S. Sydorenko, V. Yurchenko</i> <b>ECOSYSTEM SERVICES OF SHELTERBELTS AS THE BASIS OF COMPENSATORY MECHANISMS OF THEIR CREATION AND MAINTENANCE</b> .....	199
---	-----

*I. Soloviy, T. Kuleshnyk*

<b>COMPREHENSIVE EVALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES IN FOREST- AGRICULTURAL LANDSCAPE .....</b>	<b>209</b>
---	------------

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

*V. Korzhov*

<b>TECHNICAL CONDITION FEATURES OF THE FOREST WAYS IN THE UKRAINIAN CARPATHIANS .....</b>	<b>217</b>
---	------------

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

*V. Mayevskyy, Z. Kopynets, O. Ferents, Ye. Myskiv, M. Fedyk*

<b>EVALUATING THE BEECH LOG INPUT IN THE ROUGH BLANKS MANUFACTURE WITH SPECIFIED DIMENSIONAL AND QUALITY CHARACTERISTICS .....</b>	<b>227</b>
--	------------

## 10. REVIEWS AND GREETINGS

*V. Zahorskyi, M. Adamovsky, M. Borys, V. Lavnyy, H. Krynytskyy, S. Myklush, V. Mayevskyy, I. Rebezniuk,  
P. Dynka, Iu. Debryniuk, I. Dubovych, I. Soloviy*

<b>ECOLOGICAL-ECONOMIC FOUNDATIONS FOR INTEGRATION OF SUSTAINABLE RESOURCE MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT PARADIGM (on the occasion of the 80th anniversary of the Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine and Full Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Professor Yuriy Tunytsya) .....</b>	<b>235</b>
--	------------

<b>INFORMATION FOR AUTHORS .....</b>	<b>238</b>
--------------------------------------	------------

# 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/10.15421/412101>  
Article received 2020.12.09  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Iryna Matsiakh  
[iramatsah@ukr.net](mailto:iramatsah@ukr.net)

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

УДК 630.4:632.7:58.07

## Інвазійні чужорідні патогени як загроза глобальному біорізноманіттю

І. П. Мацях<sup>1</sup>

*Охарактеризовано особливості шляхів проникнення інвазійних патогенів і показано приклади масових пошкоджень лісів внаслідок поширення адвентивних збудників хвороб. Встановлено, що основною причиною поширення інвазійних патогенів є широкомасштабна торгівля декоративними рослинами для потреб озеленення. Вказано на причини, які призводять до пошкоджень деревних порід і подальшої суттєвої трансформації лісових екосистем під впливом інвазійних патогенів. Підкреслено недостатній рівень уваги з боку лісопатологів, науковців, практиків лісового господарства до проблеми поширення адвентивних збудників хвороб. Недостатньо уніфікованою та розробленою є термінологія щодо інвазій різних таксонів патогенних організмів. Подано характеристику основних термінів щодо інвазій та інвазійних організмів.*

*Охарактеризовано особливості фаз, які проходить організм, щоб набути статусу інвазійності та чинники, які сприяють успішному встановленню інвазійних патогенів на локальних, регіональних і континентальних рівнях. Переважна більшість інтродукцій лісових інвазійних видів є ненавмисними, наприклад, морфологічними структурами патогенів (спори, міцелій) які не вдається виявити під час імпорту рослин, або на упакованні тощо.*

*В Україні не існує законодавчої бази, яка б регулювала на державному рівні проникнення чужорідних інвазійних видів рослин. На сьогодні діє тільки Закон України «Про карантин рослин» який містить списки: 1) карантинних організмів, відсутніх в Україні; 2) карантинних організмів, обмежено поширених в Україні; 3) регульованих некарантинних шкідливих організмів.*

*Глобальні зміни клімату суттєво впливають на успішність впровадження інвазійних організмів, стимулюють їх поширення і розповсюдження, а також ослаблюють рослин-господарів, що є сприятливою передумовою поширення адвентивних видів на нових територіях.*

**Ключові слова:** адвентивні патогени; інвазії; біорізноманіття; лісові екосистеми; масове відмирання лісів; зміни клімату.

<sup>1</sup> Мацях Ірина Павлівна – кандидат біологічних наук, докторант кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-032-260-04-08. E-mail: [iramatsah@ukr.net](mailto:iramatsah@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2249-1296>

**Вступ.** Інвазійні чужорідні види (invasive alien species – IAS) є значною загрозою глобальному біорізноманіттю, природним екосистемам, економіці та здоров'ю людей (Paar, Wingfield, Burgess, Hulbert, & Santin 2020). У сучасну епоху глобалізації, на жаль, продовжується акумуляція чужорідних видів у всьому світі (Seebens et al., 2017), тому загроза, яку вони несуть із собою, продовжує зростати (Rušek et al., 2020; Meshkova, Nazarenko, & Glod, 2020).

Хоча IAS представлені організмами з усіх таксономічних груп, більша частина наукових досліджень щодо інвазій зосереджена на рослинах і тваринах (Rušek, Richardson, Pergl, Jarošík, Sixtová, & Weber, 2008; Wilson et al., 2020a). У багатьох ключових текстах мікроорганізми не розглядаються, або якщо вони згадуються, то лише коротко. Нещодавно було здійснено низку оглядів інвазій мікроорганізмів, які включали *інвазійних лісових патогенів* (invasive forest pathogens – IFPs), однак вони, зазвичай, написані мікробіологами, рідше – лісовими фітопатологами (Desprez-Loustau et al., 2007; Fisher et al., 2012; Santini et al., 2013; Ghelardini et al., 2017). Однак, IFPs досі залишаються недостатньо вивченими та часто не беруться до уваги під час аналізу загроз від інвазій.

Низький рівень обізнаності та розуміння важливості особливого статусу лісових інвазійних збудників хвороб у науці про інвазії викликає занепокоєння, зважаючи на суттєві наслідки впливу IFPs на довкілля та на їхню здатність повністю змінювати ландшафт. Інвазійні лісові патогени відповідальні за багато катастрофічних спалахів хвороб у штучно створених та природних лісах, міських зелених насадженнях. Добре відомі приклади включають: рак каштана істівного (спричинений *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M. E. Barr); голландську хворобу в'язу (*Ophiostoma ulmi sensu lato*); відмирання лісів (спричинене *Phytophthora cinnamomi* Rands) на південному заході Австралії; раптове відмирання дуба (спричинене *Phytophthora ramorum* Werres et al.); відмирання ясеня внаслідок поширення *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (Brasier, & Buck, 2001; Rizzo, & Garbelotto, 2003; Shearer, Crane, Barrett, & Cochrane, 2007; Pautasso, Aas, Queloz, & Holdenrieder, 2013; Rigling, & Prospero 2018). Ці та інші хвороби докорінно змінили елементи екосистем, аж до практично повного вилучення з ландшафтів деяких деревних порід.

Наприклад, за оцінками експертів, друга пандемія голландської хвороби знищила від 30 до 50 млн в'язів лише у Великобританії (Brasier, 2008). Збудник раку каштана істівного призвів до масового відмирання стиглих насаджень американського каштана (*Castanea dentata* (Marshall) Borkh) з природних ландшафтів протягом 30 років після його проникнення (Brasier, 2008; Loo, 2009), а раптова загибель дуба, спричинена *Phytophthora ramorum*, мала такий самий вплив на літокарпус густоцвітий (*Notholithocarpus densiflorus*

(Hook. & Arn.) Manos, Cannon & S.H.Oh) у штатах Орегон та Каліфорнія (Cobb, Filipe, Meentemeyer, Gilligan, & Rizzo, 2012). На сьогодні також перебуває під загрозою зникнення більша частина природного ареалу *Fraxinus excelsior* L. в Європі – рівень відмирання сягає 85% на ділянках, уражених *Hymenoscyphus fraxineus* (Pautasso et al., 2013). Mitchell et al. (2014) висвітлили широкі екологічні наслідки відмирання ясеня внаслідок інфікування *Hymenoscyphus fraxineus*. Подібним чином, інвазійна іржа мирту *Austropuccinia psidii* (G. Winter) Beenken за короткий проміжок часу суттєво змінила багатство та чисельність видів у спільнотах австралійських тропічних лісів (Fernandez-Winzer et al., 2020). Інвазійний гриб *Calonectria pseudonaviculata* (Crous, J.Z. Groenew. & C.F. Hill) L. Lombard, M.J. Wingf. & Crous спричинив відмирання та мав негативний вплив на біорізноманіття реліктових природних лісів *Vuxus colchica* Pojark у Грузії, змінюючи сукцесії вічнозелених лісів, що у підсумку може призвести до зникнення колхідського самшиту на великих площах (Matsiakh, 2014, 2015; Matsiakh, & Kavtarishvili, 2015; Matsiakh, & Tsiklauri, 2015; Matsiakh, Kramarets, Kavtarishvil, & Mamadashvili, 2016; Mitchell et al., 2018). Цей інвазійний патоген також був інтродукований до України із кущами самшиту для озеленення (Мацяк, 2015).

*Виникаючі інфекційні хвороби* (emerging infectious diseases – EID) зелених рослин також тісно пов'язані з біологічними інвазіями. Сам термін має свою історію в медицині та ветеринарії, але також застосовувався до хвороб рослин (Anderson, Cunningham, Patel, Morales, Epstein, & Daszak, 2004). Більш ніж половина виникаючих інфекційних хвороб деревних рослин у світі за останні кілька десятиліть стала наслідком інтродукції нових для регіону патогенів, включаючи поширення вірулентних штамів або появу нових агресивних штамів (Bandyopadhyay & Frederiksen, 1999; Anderson et al., 2004). Однак, грибні та грибоподібні інфекції завжди відігравали первинну роль у поширенні захворювань рослин. Згідно даних Програми моніторингу нових хвороб (Program for Monitoring Emerging Diseases, ProMED; <http://www.promedmail.org>), їх чисельність упродовж 1995-2010 рр. зросла у 13 разів (Fisher et al., 2012).

У контексті лісової патології дискусійним залишається питання – чи поява нової хвороби пов'язана з інтродукцією чужорідних видів, чи є наслідком трансформації аборигенних патогенів за певних змін навколишнього середовища. Друге твердження стає все поширенішим в умовах порушення середовища існування та змін клімату (Desprez-Loustau, Marçais, Nageleisen, Piou, & Vannini, 2006; Paar, Burgess, Rolo, Steel, & Hardy, 2018). Відсутність знань про біорізноманіття мікроорганізмів, їхню екологію, спеціалізацію та географічне походження ускладнюють проблему визначення нових інвазійних захворювань. Хоча останні досягнення молекулярних технологій збільшили «видимість» мікроорганізмів,



нестача інформації залишається важливою проблемою, як і те, що лісові інвазійні патогени недостатньо висвітлені в науці про інвазії.

**Аналіз проблеми та обговорення.** *Об'єкт дослідження* – інвазійні патогени, які можуть впливати на санітарний стан лісових насаджень та становити загрозу біорізноманіттю. *Предмет дослідження* – аналітичне опрацювання статусу інвазійних патогенних мікроорганізмів у контексті глобалізації та змін клімату.

*Мета дослідження* – зібрати і впорядкувати інформацію щодо інвазій чужорідних лісових патогенів для створення надійної стратегії контролю за наслідками давніх і нових інтродукцій на європейській території.

Найяскравішим доказом недостатньої уваги до інвазійних лісових видів є те, що у списку Міжнародної організації збереження природи (The International Union for Conservation of Nature, IUCN) серед 100 інвазійних чужорідних видів у світі (Lowe, Browne, Boudjelas, & De Poorter, 2000) лише шість видів є збудниками хвороб лісів, у тому числі *Cryphonectria parasitica* – збудник каштану їстівного, *Ophiostoma ulmi* sensu lato – голландська хвороба в'язів та *Phytophthora cinnamomi* – збудник кореневих гнилей. Ще одним прикладом є інформація на сайті <http://invasives.org> з Південної Африки, де наведено дані про інвазійних рослин, тварин і комах, але нічого не сказано про мікроорганізми, незважаючи на наявність таких глобально регульованих видів, як *Austropuccinia psidii* та *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell (Wingfield et al., 2008; Roux, Greyling, Coutinho, Verleur, & Wingfield, 2013).

У списку чужорідних видів Європейського Союзу, незважаючи на постійне оновлення інформації, інвазійні лісові патогени (та мікроорганізми загалом) досі відсутні (European Union, 2019). Більше того, більшість грибних збудників декоративних і лісових видів не вважаються інвазійними згідно з визначенням IUCN, оскільки вони не мають відомих впливів на біорізноманіття. Справді, багато декоративних рослин самі по собі є екзотичними в районах, де їх вирощують, і вважається, що збудники хвороб слідує за ними з місця їх походження (Desprez-Loustau et al., 2007). Однак у кількох випадках (наприклад, фітофтороз картоплі), патогени були занесені в Європу через десятки років або навіть століття після інтродукції їх господаря і така «повторна зустріч» між патогеном і рослиною, яка «втекла» із місць, де співіснувала із патогеном впродовж століть та поступово втратила чинники стійкості, є основною причиною виникнення інвазій.

Перші кадастри чужорідних інвазійних видів для Європи, включаючи гриби, були проаналізовані консорціумом «Надання кадастрів чужорідних інвазійних видів для Європи» (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE)). Перелік чужорідних грибів є збіркою доступних списків на

національних рівнях і містить 688 видів, серед яких патогени рослин становлять 77% (Desprez-Loustau, 2009). Основна кількість чужорідних видів виявлена у найбільших європейських країнах – Франції, Великобританії, Німеччині та Італії. Список інвазійних видів патогенів бази даних DAISIE включає *Ophiostoma novo-ulmi*, *Phytophthora cinnamomi* та *Seiridium cardinale* (W.W. Wagener) B. Sutton & I.A.S. Gibson (збудник раку кипариса та інших хвойних видів), які входять у перелік «100 найнебезпечніших інвазійних видів у світі» (Lowe et al., 2000).

Європейська база даних інвазійних лісових патогенів (European Database of the Invasive Forest Pathogens), розроблена EPPPO <https://gd.eppo.int/>, налічує 123 види, серед яких 11 видів віднесено до Basidiomycetes, 26 видів – до Oomycetes та 86 видів – до Ascomycetes. Список інвазійних патогенів Міжнародної бази даних (Global Invasive Species Database, <http://www.iucngisd.org/gisd/search.php>) подає 21 вид інвазійних лісових патогенів.

У рамках європейських проектів FORTHREATS та ISEFOR створена база даних про інвазійні лісові патогени, які поширені у 20 європейських країнах з початку XIX століття. Серед факторів, наведених у літературі як «ті, які переносять/drivers» EIDs рослин, найважливішими визнають інтродукцію (56%) та погодні умови (25%). Важливе значення мають також сільське господарство, зміни векторів у популяції, рекомбінації та порушення середовища існування (Anderson et al., 2004). Загалом агенти, які є причиною виникаючих інфекційних захворювань рослин, найчастіше належать до таксономічної групи вірусів, на яку припадає 47% загалом; за ними слідує гриби (30%), бактерії (16%), фітоплазми (4%) та нематоли (Santini et al., 2013).

Наголошується (Desprez-Loustau et al., 2007) на необхідності посилення співпраці між мікробіологами та науковцями, які вивчають інвазії, зокрема щодо недостатньої представленості грибів/патогенів через недостатній рівень наукових знань про біорізноманіття та екологію грибів. Необхідно підвищити обізнаність мікологів та екологів щодо інвазій, спричинених грибами, та активізувати дослідження екології грибів для вирішення проблеми майбутніх інтродукцій. Wingfield, Slippers, Wingfield, & Barnes (2017) зауважили, що лісові фітопатологи часто проводять епідеміологічні дослідження за відсутності будь-яких посилення на принципи та основи науки про інвазії, і тому закликають до тіснішої співпраці між дисциплінами.

Термін «інвазії» вперше з'явився в 1958 р. у книзі британського біолога Чарльза Елтона «Екологія інвазій рослин і тварин», де було описано біологію інвазійних організмів та відзначено їхнє значення як рушіїв змін в екосистемах. До 80-х років XX ст. у науковій літературі збільшувалась кількість повідомлень про немісцеві види, які вторглися в нові середовища. Тоді ж стало зрозумілим, що збільшення рівня світової торгівлі та подорожей призводять до зростання випадків виникнення біологічних ін-

вазій. Негативні наслідки, пов'язані із вторгненням немісцевих видів, розглядаються як одні із найбільших загроз для локальних екосистем та їх біорізноманіття (Macdonald, Kruger, & Ferrar, 1986; Mooney, & Drake, 1986). На засіданні Наукового комітету з проблем навколишнього природного середовища (SCOPE), яке відбулося в 1982 р., було визнано, що інвазійне поширення організмів за допомогою людини за межі їх природних ареалів, є проблемою, що викликає загальне занепокоєння (Reichard, & White, 2003). Після цієї зустрічі було видано важливу се-

рію книг та наукових статей, завдяки яким наука про інвазії утвердилася як самостійна дисципліна.

Дуже часто дослідники, що займаються вивченням інвазії різних організмів, розробляють свою термінологію незалежно один від одного. Це призводить до використання синонімічних термінів для одних і тих самих процесів та до різних визначень для одного і того ж терміну. Однак, термінологія науки про інвазії у лісовій фітопатології поки що розроблена слабо. Низка термінів досі трактується неоднозначно (табл.).

Таблиця

## Терміни, які стосуються науки про інвазії

Терміни	Характеристики термінів
1	2
<b>Чужоземний / немісцевий / некорінний / екзотичний / іноземний (Alien / non-native / non-indigenous / exotic / foreign)</b>	Організм (вид, підвид або нижчий таксон), переміщений за межі свого природного ареалу, навмисно або ненавмисно з допомогою людини.
<b>Природний / аборигенний / корінний (Native / indigenous)</b>	Організм, який еволюціонував у певній місцевості або потрапив туди природним шляхом, без втручання людини.
<b>Ендемічний організм (Endemic)</b>	Організм, що трапляється природно лише в певному географічному регіоні. У контексті фітопатології, ендемічний вид може також стосуватися патогену (або наслідку захворювання), який характерний для певної популяції, середовища чи регіону (тобто він постійно встановлений).
<b>Криптогенний організм (Cryptogenic)</b>	Таксон вважається чужим, але без остаточних підтверджуючих доказів.
<b>Непроникність (Invasibility)</b>	Властивість спільноти, середовища існування чи екосистеми, що визначає її уразливість до вторгнення чужорідних організмів.
<b>Інвазійність (Invasiveness)</b>	Характеристики організму, наприклад, функціонування та способи відтворення, що визначають його здатність до вторгнення, тобто подолання бар'єрів для вторгнення.
<b>Інвазійний процес (Invasion process)</b>	Низка стадій (транспортування, впровадження, встановлення та поширення), через які організм повинен пройти, перш ніж його вважатимуть інвазійним.
<b>Інвазійний чужорідний вид (Invasive alien species (IAS))</b>	Самодостатня (натуралізована/створена) популяція виду, випадково або навмисно завезена внаслідок дії людини, на територію, що знаходиться за межами її природного географічного ареалу, або на територію, де вона відсутня. Незважаючи на те, що не всі визначення включають вплив, інші вказують, на те що IAS спричиняє або може спричинити соціально-культурну, економічну чи екологічну загрозу для навколишнього середовища або для здоров'я людини.
<b>Чужорідні види, що виникають (Emerging alien species)</b>	Організм, чий рівень захворюваності чи географічного поширення помітно зростає; може бути нещодавно інтродукований або нещодавно описаний вид. Причини виникнення можуть бути різними та складними, але загально визнано, що діяльність людини (наприклад, випадкова інтродукція, як наслідок змін під час модифікації користування землею) відіграє важливу роль (Seebens et al., 2018).
<b>Інфекційне захворювання, що виникає (Emerging Infectious Disease)</b>	Нова інфекційна хвороба – інфекційне захворювання, що з'являється у популяції вперше, або воно могло існувати раніше, але швидко зростає за частотою або географічним діапазоном <a href="https://apps.who.int/iris/handle/10665/204722">https://apps.who.int/iris/handle/10665/204722</a> ; Ogden et al., 2019).

1	2
<b>Інвазійний лісовий патоген (ІЛП) (Invasive forest pathogen (IFP))</b>	Патогенний мікроорганізм (вид, підвид, раса чи <i>forma specialis</i> ), інтродукований діями людини на територію за межами природного поширення/ареалу, де він поводить як збудник хвороб/патоген, спричиняючи ураження місцевих чи екзотичних лісових дерев і чагарників (Santini et al., 2013).
<b>Епідеміологія (Epidemiology)</b>	Вивчення просторових і часових змін, що відбуваються під час епідемій, спричинених популяціями патогенних мікроорганізмів у популяціях господарів, під впливом навколишнього середовища, тобто історія про те, як розвивається хвороба в популяціях.
<b>Натуралізований (Naturalised)</b>	Самодостатня популяція навмисно або ненавмисно інтродукованих чужорідних видів, яка пристосувалась та успішно розмножується/розвивається в новому середовищі. Цей термін вживається як синонім.
<b>Переливання / переходження (Spill-over)</b>	Концепція, вперше запропонована для патогенів тварин для опису процесу передачі патогенів із популяції-резерву, що містить високе скупчення патогенів до нової популяції господаря, з якою вона контактувала (Daszak, Cunningham, & Hyatt, 2000). Поняття також було визначено як «перенесення різновидових захворювань без встановлення самостійної популяції на нового господаря» (Giraud, Gladieux, & Gavrilets, 2010).
<b>Повернення назад (Spill-back)</b>	Якщо чужорідний вид рослин є господарем для природного/місцевого патогена/паразита, популяція збудника/паразита нагромаджується на цьому господарі та «повертається назад» до свого місцевого/природного господаря (Daszak, Cunningham, & Hyatt, 2000).
<b>Стрибок з боку господаря (Host-jump)</b>	З еволюційного погляду, це визначається як «колонізація нового виду господаря, що веде до збільшення генетичного відділення від батьківської популяції до завершення видоутворення». В екологічному розумінні відноситься до патогена, що переходить від свого коєволюційного господаря до нового господаря, ситуації, що сприяє контакту між раніше відокремленими географічно видами господаря (наприклад, перехід від інтродукованого господаря до місцевого виду в новому середовищі, або коли місцевий мікроорганізм «перестрибує» на інтродукованого господаря). Це також може називатися «змінною господаря».
<b>Автостопа (Hitchhikers)</b>	У контексті лісової фітопатології цей термін стосується мікроорганізмів (включаючи патогенів), що транспортуються з безсимптомними рослинами. Хоча «автостоп» формально не визначений у літературі про інвазії, однак він був використаний для опису видів, які випадково чи ненавмисне поширюються/вносяться (Harrower, Scalera, Pagad, Schonrogge, & Roy, 2018). Це поширення виключає біологічний зв'язок з організмом, з яким вони транспортуються.

Потрібно наголосити, що існує три послідовних фази, які повинен подолати організм, щоб набути чи отримати статус «інвазійності», а саме:



- **«прибуття (arrival)»** – одно- чи багаторазове прибуття (проникнення) некорінних видів в одну або кілька точок входу в нову місцевість / середовище (Prospero, & Cleary, 2017);
- **«встановлення (establishment)»** – популяції, які прибули, починають розмножуватись та відтворюватись на новому місці, успішно долаючи бар'єри, які можуть спричинити вимирання на початкових етапах проникнення під впливом різних чинників (природно-кліматичних умов, навколишнього середовища, репродуктивної здатності, впливу антагоністів);
- **«розповсюдження / поширення (spread)»** – розширення ареалу навколо окупованої території та розповсюдження на нові ареали шляхом випадкового перенесення окремих індивідів людиною або спрямованого розсіювання популяції за межі їх географічного ареалу (Hui, & Richardson, 2017).



На поширення та вплив інвазійних патогенів після їх проникнення також впливають три важливі чинники, які уможливають їхнє успішне встановлення на локальних, регіональних та континентальних рівнях (Prospero, & Cleary, 2017). Серед них:

- **різноманіття рослин-господарів (host diversity)**, яке включає багатство видів рослин (щільність, склад), що створює ефект розсіювання впливу патогена на екосистему;

- **зв'язок із рослиною-господарем (host connectivity)** – значною мірою визначає вибір рослин-господарів, які можуть бути придатними для заселення і успішного розвитку;

- **сприйнятливість рослини-господаря (host susceptibility)** до інвазійного збудника, яка залежить від характеристик рослини (розміру, віку, морфології), випадкової присутності інших потенційно антагоністичних організмів, факторів середовища, місця, а також генетичних особливостей самої рослини-господаря.

Глибокий аналіз різноманітності рослин-господарів та їх уразливості до інвайдерів, що залежать від трьох згаданих вище чинників, покращить здатність прогнозувати поширення збудників інвазійних хвороб у широких масштабах та попередити потенційні негативні наслідки для екосистем (Prospero, & Cleary, 2017).

В Україні не існує законодавчої бази, яка б регулювала на державному рівні проникнення чужорідних інвазійних видів. Діє лише Закон України «Про карантин рослин» (від 14 січня 2020 р., № 440-IX) який визначає правові, організаційні та фінансово-економічні основи карантину рослин, повноваження органів державної влади, їх посадових осіб, права та обов'язки юридичних і фізичних осіб, спрямовані на запобігання занесенню та поширенню відсутніх на території України регульованих шкідливих організмів, і становить частину законодавства України щодо захисту життя та здоров'я рослин (<https://ips.ligazakon.net/document/view/t334800?an=917278>). Стаття 25 цього закону «Встановлення переліку регульованих шкідливих організмів» містить: карантинні організми, відсутні в Україні (список 1); карантинні організми, обмежено поширені в Україні (список 2) та регульовані некарантинні шкідливі організми. Перелік регульованих шкідливих організмів встановлюється на основі переліків шкідливих організмів, які занесені до списків A1 та A2 Європейської та Середземноморської організації захисту рослин ЕРРО та/або списків інших відповідних міжнародних організацій, якщо на основі оцінки фітосанітарного ризику встановлено високий рівень загрози занесення або поширення таких шкідливих організмів для рослин на території України. Деякі види патогенів і шкідників, наведені у цих списках, є інвазійними, однак немає згадки про таке поняття та розуміння їх інвазійності і загрози, яку вони можуть становити.

Управління шляхами інтродукції інвазійних видів, головним чином спрямоване на усунення або

зменшення розповсюдженого негативного впливу чужорідних видів і відображає загальноприйнятту думку, що запобігання та ранні дії є економічно вигіднішим, ніж управління інвайдерами після їх проникнення (Leung et al., 2002; Kaiser, & Burnett, 2010). Інформацію про шляхи впровадження все частіше включають до баз даних про чужорідні інвазійні види (IUCN ISSG Global Invasive Species Database, [www.issg.org/database](http://www.issg.org/database), CABI Invasive Species Compendium, [www.cabi.org/isc](http://www.cabi.org/isc) та European Alien Species Information Network EASIN (Katsanevakis et al., 2015) та кадастри країн (Kühn, & Klotz, 2003; García-Berthou et al., 2005; Nentwig, 2007; Minchin, Cook, & Clark, 2013; Roy et al., 2014). Це дає можливість проведення порівняльної оцінки ролі шляхів інтродукцій та поширення біологічних інвазій (Wilson, Dormontt, Prentis, Lowe, & Richardson, 2009; Bacon, Bacher, & Aebi, 2012; Bacon, Aebi, Calanca, & Bacher, 2014) та виявлення показників щодо основних тенденцій цих шляхів (Rabitsch et al., 2016). Така ситуація призвела до формування класифікації шляхів проникнення інвазійних патогенів і середовищ інвазій (Hulme et al., 2008). Нещодавно модифікований варіант цієї загальної класифікації був адаптований Конвенцією про біологічне різноманіття (CBD, 2014). Деякі шляхи інвазії патогенів дуже добре досліджені, особливо декоративне садівництво та лісове господарство (Mack, & Erneberg, 2002; Dehnen-Schmutz, Touza, Perrings, & Williamson, 2007a, 2007b; Hanspach, Kühn, Pyšek, Boos, & Klotz, 2008; Dawson, Burslem, & Hulme, 2009; Pyšek, Křivánek, & Jarošík, 2009; Essl, Dietmar, Dullinger, Mang, & Hulme, 2010; Smith, Allen, & Barney, 2015; Pergl et al., 2016a, 2016b).

Шляхи інтродукції інвазійних чужорідних видів та наслідки, спричинені їх проникненням наступні: 1) шляхи перенесення різноманітних або чисельних видів найчастіше призводять до встановлення та подальшого негативного впливу певної частини цих видів, ніж шляхи, якими інтродукується менша кількість видів чи особин (Essl et al., 2015); 2) деякі шляхи можуть призвести до інтродукції інвазійних видів в ареали з природоохоронним статусом, де вплив інвазії може бути особливо значним (Hulme, 2011; Osyczka, Mleczko, Karasiński, & Chlewicki, 2012; Anderson, Rocliffe, Haddaway, & Dunn, 2015); 3) деякі шляхи можуть інтродукувати більше шкідливих видів, ніж інші, зокрема, коли інвазійні патогени вводяться як контамінатори зі своїми рослинами-господарями (Roy et al., 2017).

Визначення шляхів інтродукції та встановлення їх зв'язку із наслідками від проникнення адвентивних патогенів, допомогло б запобігти появі нових виникаючих інвазій із високим ризиком. Проте шляхи та впливи до цього часу проаналізовані лише для кількох таксономічних груп (Liebhold, Bockerhoff, Garrett, Parke, & Britton, 2012). Таксоми, завезені кількома шляхами в різні регіони та середовища існування, мають більшу можливість натуралізуватися із високою ймовірністю нанесення

певного впливу, ніж ті, що прибувають лише одним шляхом (Küster, Kühn, Bruelheide, & Klotz, 2008).

Нові інфекційні хвороби вимагають розроблення нових ефективних заходів щодо захисту рослин як на місцевому, так і на глобальному рівнях. Впродовж останніх 100 років природні бар'єри, такі як океани та гори, що завжди обмежували поширення біоти у світі, тепер не становлять перешкоди. Людська діяльність (особливо, міжнародні подорожі і торгівля) призвела до того, що чужорідні види на сьогодні завойовують нові континенти зі зростаючими темпами, призводять до значних порушень у лісових екосистемах та серйозних соціально-економічних наслідків (Liebhold, Macdonald, Bergdahl, & Mastro, 1995). Така експансія видів, акселерована людиною, становить реальну загрозу для біорізноманіття (Aukema et al., 2011).

Інтродукція хвороб, спричинених інвазійними лісовими патогенами, може мати згубний вплив на функціонування екосистем, включаючи отримання лісової сировини (наприклад, деревини) та виконання естетичних функцій лісостанами у рекреаційних зонах (Santini et al., 2013; Lovett et al., 2016). Вторгнення інвазійних лісових патогенів відбувається переважно через торгівлю живими рослинами, з пакувальними матеріалами під час транспортування товарів та внаслідок рекреаційної діяльності людини (Santini et al., 2013; Jung et al., 2017; Lovett et al., 2016). Переважна більшість інтродукцій лісових інвазійних видів є ненавмисними, наприклад, морфологічними структурами патогенів (спори, міцелій) які є прихованими під час імпорту рослинного матеріалу (Liebhold et al., 2012).

Транспорт/імпорт рослин для вирощування (живцями, саджанцями, дорослими рослинами для декоративного озеленення) як один із найпоширеніших шляхів проникнення інвазійних лісових видів, сприяє інтродукції чужорідного біорізноманіття. Підготовлені партії рослин з країни походження надходять до ЄС впродовж одного року, і проходять кілька етапів (інспекція, ре-експорт, розсадник, розподіл між роздрібним продавцем тощо), що, своєю чергою, уможливує перенесення інвайдера на рослини-господарі в межах Європи. Такий шлях поширення інвазійних видів ґрунтується на консигнації та моделює кожну партію товару окремо. Перехід від одного вузла до іншого моделюється як стохастичний. Залежно від імпортованого інвазійного організму, під загрозою перебувають не лише декоративні рослини, але й і природна рослинність (лісопарки та лісові насадження навколо міст), однак оцінити ризик перенесення інвазій до видів-господарів, які часто висаджують у міських районах та парках, надзвичайно складно.

Варто зазначити також, що поєднання зміни клімату та збільшення глобальної торгівлі представляють більший ризик спричинення захворювань рослин, ніж кожен з цих двох процесів ізольовано, а тенденція до використання місцевої продукції та висаджування місцево вирощених рослин і дерев може допомогти запобігти появі нових фітопатосистем.

Саме по собі потепління клімату може призвести до порівняно незначних проблем зі здоров'ям рослин, ніж це буде в поєднанні з вирощуванням імпортованого садивного матеріалу та створенням плантацій екзотичних дерев (Wingfield et al., 2008; Roux, & Wingfield, 2011; Moricca, & Ragazzi, 2009).

С.М. Brasier (2008) особливо загострює увагу на тому, що: 1) багато із інтродукованих організмів, які становлять загрозу, були невідомі науці раніше; 2) зростає ризик швидкого розвитку нових хвороб рослин через гібридизацію; 3) небезпеку посилює політика «відкритих кордонів» згідно протоколу про біозахист рослин у межах Європи. Торгівля рослинами на сьогодні є величезним бізнесом в Європі та Північній Америці, тому ризик подальшого вторгнення інвазійних патогенів залишається дуже високим навіть у регіонах, які зазнали багатьох інтродукцій у минулому (Ghelardini et al., 2017).

Зміна клімату може змінити функціонування екосистеми, вплинути на багатство та чисельність видів і посилити здатність патогенних мікроорганізмів до інфікування та стимулювати їх поширення і розпорошення, а також ослабити рослини-господарі, тобто зробити їх уразливішими до інфікування, що в кінцевому підсумку сприятиме встановленню нових інвазійних чужорідних рослин, тварин і патогенів на нових територіях (Schermer, & Coakley, 2003; Theoharides, & Dukes, 2007; Eastburn, McElrone, & Bilgin, 2011). За даними Early et al. (2016) безперервні кліматичні зміни, які очікуються найближчим часом, посилять загрозу інвазій у східно-північній Америці, північній Європі, північній Австралії, центральній та південній Азії.

До кінця Першої світової війни головним шляхом появи нових лісових хвороб в Європі було транспортне перевезення між європейськими країнами. Згодом Європа стала першим ринком збуту продуктів з США, а Північна Америка, як наслідок – основним джерелом інтродукції нових лісових збудників до Європи (Santini et al., 2013). Вслід за зростанням товарообігу та комерційних обмінів з Америкою, помірні регіони північної Америки також виявились головним джерелом чужорідних патогенів для Китаю (Xu et al., 2006a).

Кількість інтродукцій інвазійних лісових патогенів стрімко зросла після Другої світової війни, коли стандартизована контейнеризація зробила революцію в міжнародній торгівлі, різко зменшуючи транспортні витрати та скорочуючи час доставки. З середини 1950-х років, коли перші комерційно успішні контейнерні судна перевезли кілька десятків контейнерів між американськими пунктами призначення, кількість контейнерів, які може перевезти один корабель, збільшилась до понад 19000 одиниць, які на сьогоднішній день транспортуються китайськими транспортними контейнерними лініями Globe (Ghelardini et al., 2017). Швидке транспортування і скорочення термінів доставки збільшили термін виживання морфологічних структур патогенних збудників і, своєю чергою, збільшили їхні шанси на успішне встановлення в новому середовищі (Hulme, 2009).

До трьох найвідоміших чужорідних збудників хвороб лісових видів дерев Європи, які були інтродуковані в Європу американською армією під час Другої світової війни, належать: збудник раку кипариса *Seiridium cardinale* (Wagener) Sutton & Gibson; збудник плямистого раку платана *Ceratocystis platani* (Walter) Engelbrecht & Harrington; збудник кореневої гнилі *Heterobasidion irregulare* Garbelotto & Orosina. Падіння Залізної завіси відкрило двері для подальшої глобалізації, залишаючи світ без суворих кордонів і без захисту від міграцій інвазійних видів. З 1990-х років Азія стала лідером інвазій грибних патогенів для Європи, головним чином завдяки дешевій робочій силі та найпотужнішому виробництву рослин для вирощування та озеленення (рис. 1). Гібриди між інтродукованими видами були вперше зареєстровані в 1990-х роках.

На сьогодні Європа є континентом з найбільшою кількістю інвазійних лісових збудників (рис. 2).

Серед інвазійних лісових патогенів Європи, 27% є європейськими видами, які раніше були поширені обмежено в невеликих районах континенту; 22% – «прибульці» з помірною клімату Півночі Америки та 14% – з Азії. Походження 25% патогенів є невідомим. Африка, тропічна частина Північної Америки та Австралія були незначними джерелами інфекційних збудників для Європи, але їхнє значення зросло, особливо впродовж останніх 30 років (рис. 3).

A. Santini et al. (2013) за період з 1800 по 2010 рр. детально проаналізували 123 чужорідні види, які спричиняють хвороби дерев і чагарників в Європі. Встановлено, що 42% серед них належать до інвазійних, 28% – європейського походження, 26% – криптогенні види (походження яких невідоме) та 4% – гібриди. В середньому кожен інвазійний збудник спостережено у п'яти країнах, але із значними відмінностями між видами. Тридцять сім видів спостерігали лише в одній країні, тоді як чотири види (*Erysiphe alphitoides* s.l., *Mycosphaerella*

*pini*, *Rhabdocline pseudotsugae* та *Phytophthora cambivora*) у більш ніж 15 країнах.

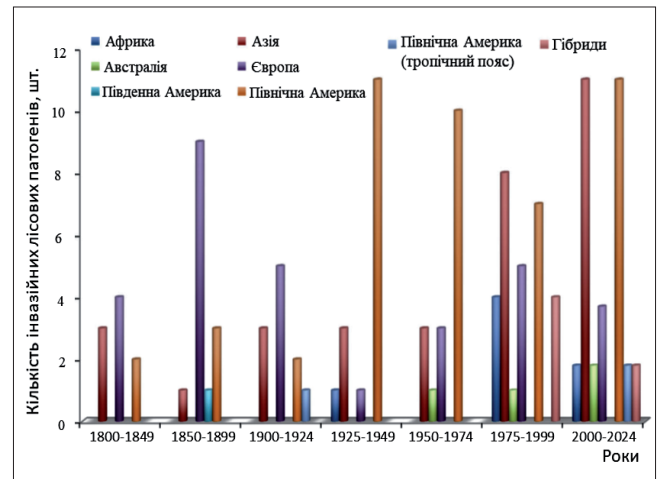


Рис. 1. Згруповане за часом інтродукції до Європи походження збудників хвороб лісових насаджень, (Ghelardini et al., 2017, оновлено за Santini et al., 2013)

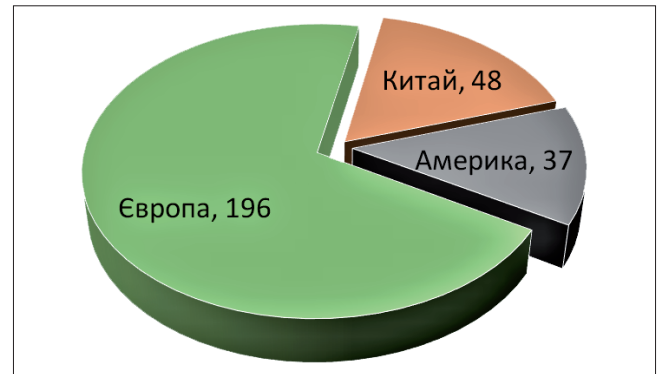


Рис. 2. Кількість видів інвазійних збудників хвороб лісових насаджень (дані з Ghelardini et al., 2017, модифіковані та оновлені за Xu et al., 2012; Liebhold et al., 2012; Santini et al., 2013).

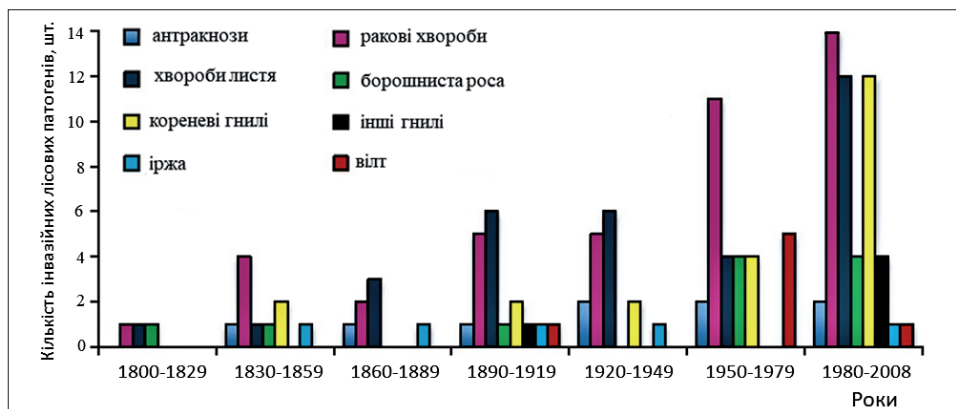


Рис. 3. Хвороби, спричинені інвазійними лісовими патогенами, згруповані за часом інтродукції до Європи (за даними Santini et al., 2103)

Загалом, 31% аналізованих інвазійних лісових патогенів, інтродукованих до Європи спричиняють ракові захворювання дерев і чагарників, 25% є збудниками хвороб листя, 24% з них спричиняють кореневі і стовбурові гнилі (див. рис. 1.3). Хвороби лис-

тя були найбільш поширеними в Європі до 1920 р., після цього зросла кількість інвазійних збудників ракових захворювань, а впродовж останніх 30 років значно зросла чисельність інвазій, спричинених збудниками корневих і стовбурових гнилей.



Багато нових інвазійних збудників хвороб лісів мають значний вплив на здоров'я дерев у напівприродних екосистемах, спричиняючи екологічні та/або економічні проблеми у різних регіонах світу (Liebhold et al., 1995; Rizzo, 2005; Crowl, Crist, Parmenter, Belovsky, & Lugo, 2008; Loo, 2009; Hunter, Crous, Carnegie, Burgess, & Wingfield, 2011; Lilja et al., 2011; Parry, & Teale, 2011). Нижче наведено перелік основних небезпечних інвазійних лісових патогенів для країн Європи, які також є потенційно небезпечними і для лісів України:

- *Cronartium ribicola* J.C. Fisch. на різних видах сосен (*Pinus* spp.) у північній Америці та Європі (Geils, Hummer, & Hunt, 2010);

- *Cryphonectria parasitica* (Murrill) M.E. Barr на каштанах (*Castanea* spp.) – у північній Америці та Європі (Hansen, 1999; Dutch, Fabreguettes, Capdevielle, & Robin, 2010; Prospero, & Rigling, 2012);

- *Discula destructiva* Redlin на кизилі квітучому (*Cornus florida* L.) – у лісових масивах східних регіонів США (Holzmuller, Jose, & Jenkins, 2010);

- *Gibberella circinata* Nirenberg & O'Donnell ex Britz, T.A. Cout., M.J. Wingf. & Marasas (анаморфа: *Fusarium circinatum* Nirenberg & O'Donnell), збудник раку сосни – повсюди (Garbelotto, 2008; Ganley, Watt, Manning, & Iturrutxa, 2009);

- північноамериканська коренева губка *Heterobasidion irregulare* (Underw.) Garbel. & Otrosina, збудник кореневої гнилі сосни італійської (*Pinus pinea* L.) – у центральній Італії (Gonthier, Nicolotti, Linzer, Guglielmo, & Garbelotto, 2007; Gonthier, & Garbelotto, 2011);

- *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (*Hymenoscyphus pseudoalbidus* V. Queloz, C.R. Grunig, R. Berndt, T. Kowalski, T.N. Sieber & O. Holdenriede; анаморфа: *Chalara fraxinea* T. Kowalski), збудник відмирання ясеня звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) – в Європі (Kowalski, 2006; Queloz et al., 2011);

- *Mycosphaerella pini* Rostr. ex Munk (анаморф: *Dothistroma septosporum* (Dorog.) M. Morelet) на плантаціях сосни промистої (*P. radiata* D. Don) (Chungu, Muimba-Kankolongo, Wingfield, & Roux, 2010);

- *Neonectria* spp., спричиняє відмирання бука в Новій Англії (США) разом із буковим червцем *Cryptococcus fagisuga* Lindinger (Lovett, Canham, Arthur, Weathers, & Fitzhugh, 2006);

- *Ophiostoma* spp., збудник голландської хвороби в'язів (Brasier, 2001);

- *Phytophthora cinnamomi* Rands, у соснових лісах західної Австралії (Cahill, Rookes, Wilson, Gibson, L., & McDougall, 2008);

- *Phytophthora lateralis* Tucker & Milbrath на кипарисовику Лавсона (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray bis) Parl.) в Орегоні (США) (Jules, Kauffman, Ritts, & Carroll, 2002);

- *Phytophthora pinifolia* Alv. Duran, Gryzenh. & M.J. Wingf. на промистій сосні в Чилі (Duran et al., 2008);

- *Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in't Veld у лісах та міських насадженнях на західному узбережжі США та в лісових масивах, історичних садах, та насадженнях дерев у Великобританії (Garbelotto, 2008; Brasier, & Webber, 2010);

- *Raffaelea quercivora* Kubono & Shin. Ito збудник японського в'янення рослин з родини Fagaceae в Японії (Kubono, & Ito, 2002; Torii, Matsuda, Murata, & Ito, 2011).

Перша згадка про інвазійні види в Україні датується 1929 р., тоді голландська хвороба в'язових (збудник *Ophiostoma ulmi*) була зафіксована на території Голованецького лісництва (Поділля) (Цилорик, Шевченко, 2008). Перші повідомлення про відмирання ясеня в східній частині України з'явилися у 2010 р. (Davydenko, Vasaitis, Stenlid, & Menkis, 2013). За допомогою молекулярної ідентифікації грибних спільнот пагонів і черешків ясеня та виділення культур грибів, інвазійний вид *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (на сьогодні *Hymenoscyphus fraxineus* (T. Kowalski) Baral, Queloz & Hosoya (анаморфа *Chalara fraxinea*) був ізольований на шести ділянках у трьох регіонах сходу України. На дев'яти моніторингових площах впродовж 2010-2012 рр. виявлено відмирання крони ясеня на 20-80% (Davydenko et al., 2013). У цей час також було задокументовано появу інвазійного збудника відмирання ясеня у різних частинах західного регіону України, а також здійснено низку мікологічних і генетичних досліджень, які продемонстрували високий рівень агресивності збудника в різних тканинах пагонів ясеня протягом цілого року (Мацях, Крамарець, 2014; Matsiakh, Solheim, Nagy, Nietala, & Kramaret, 2016; Matsiakh, Solheim, Nietala, Nagy, & Kramarets, 2017). Інвазійні патогени, які спричиняють догістромоз хвої (*Dothistroma septosporum* (Dorogin) M. Morelet, *D. pini* Hulbary) були виявлені на ураженій хвої декоративних видів сосен в одному із комерційних розсадників поблизу Львова (Matsiakh et al., 2018). Збудники фітофторозів деревних рослин у лісах і розсадниках та інші інвазійні види декоративних рослин також описані на території України (Крамарець, Мацях, Ошако, 2011; Мацях, 2015; Jung et al., 2017; Мацях, Крамарець, 2020).

**Висновки.** З початку XXI ст. значно збільшилась увага дослідників до інвазій неаборигенних організмів, які становлять значну загрозу для біорізноманіття, лісових, зелених і сільськогосподарських екосистем. На сьогодні загрози інвазійних видів вважаються однією із найбільших екологічних проблем сучасності, яка особливо гостро проявляється у процесі світової глобалізації та зміни клімату.

Оскільки деревні рослини живуть порівняно довго і зазнають впливу дії збудників хвороб впродовж усього свого життя, встановлюючи складну взаємодію як корисних, так і шкідливих мікроорганізмів, необхідно зосереджуватися на вивченні фітопатосистем дерев із застосуванням системно-

го підходу, зокрема щодо ролі інвазійних збудників хвороб лісів.

На сьогодні в епоху глобалізації, відчутних змін клімату та зростання впливу людини на довкілля відбувається беззаперечний суттєвий вплив на стійкість лісових екосистем у всьому світі. Наслідки лісових порушень (лісові пожежі, посухи, шторми, спалахи шкідників та збудників хвороб) будуть постійно змінюватися, посилюючи вразливість дерев і чагарників до впливу чужорідних патогенів. Зростання комплексних захворювань та відмирання дерев унаслідок глобальної зміни клімату є основною проблемою, з якою зіштовхуються лісові фітопатологи.

В Україні процеси інвазії адвентивних збудників хвороб лісів ще не достатньо вивчені та узагальнені. Кількість досліджень щодо інвазійних патогенних мікроорганізмів та аналізу їхньої потенційної небезпеки для лісових екосистем є недостатньою. Несвоєчасне виявлення та відсутність адекватного реагування може стати причиною незворотних порушень природних, напівприродних та, особливо, штучно створених лісових насаджень. Недостатньо опрацьована та не закріплена законодавчо наукова термінологія про інвазії чужорідних видів залишає лісову науку в Україні від'єднаною від світових пріоритетних напрямів досліджень. У час глобалізації, збільшення обсягу міжнародної торгівлі рослинами, повинна бути створена нова платформа з новими можливостями для співпраці між країнами та між континентами.

### Список літератури

- Крамарець В., Мацях І., Ошако Т. (2011). Патогени роду *Phytophthora* – потенційна загроза для лісової рослинності України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 9, 137-142. [Kramarets, V.O., Matsiakh, I.P. & Oszako, T. (2011). Patogens of the *Phytophthora* genus as potential threats to forest plants in Ukraine] 9, 137-142. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/384/300>] (in Ukrainian)
- Мацях І. (2015). Перше повідомлення про *Calonectria pseudonaviculata* (Nectriaceae, Hypocreales) на території України. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 6 (13.1), 171-183. [Matsiakh, I. (2015). The first report of *Calonectria pseudonaviculata* finding (Nectriaceae, Hypocreales) in Ukraine. *Scientific Principles of Biodiversity Conservation*, 6(13.1), 171-183 Retrieved from <http://www.ecoinst.org.ua/html/201513pdf/rs9.pdf>] (in Ukrainian)
- Мацях І., Крамарець В. (2014). Всихання ясен звичайного (*Fraxinus excelsior* L.) на заході України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 24(7), 67-74. [Matsiakh, I., & Kramarets, V. (2014). Declining of Common Ash (*Fraxinus excelsior* L.) in Western Ukraine. *Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine*, 24(7), 67-74. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24\\_7/12.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_7/12.pdf)] (in Ukrainian)
- Мацях І., Крамарець В. (2020). Інвазії комах-філофагів на територію України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 11-25 [Matsiakh, I., & Kramarets, V. (2020). Invasive phyllophagous insects in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 11-25 <https://doi.org/10.15421/412001>] (in Ukrainian)
- Циліурік А.В., Шевченко С.В. *Лісова фітопатологія*. Київ, КВІЦ. [Tsyliuryk, A.V., & Shevchenko, S.V. (2008). *Forest phytopathology*. Kyiv, KVIC. ISBN 978-966-2003-26-0] (in Ukrainian)
- Anderson, P.K., Cunningham, A.A., Patel, N.G., Morales, F.J., Epstein, P.R., & Daszak, P. (2004). Emerging infectious diseases of plants: pathogen pollution, climate change and agrotechnology drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 19, 535-544. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.021>
- Anderson, L.G., Rocliffe, S., Haddaway, N.R., & Dunn, A.M. (2015). The role of tourism and recreation in the spread of non-native species: a systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 10: e0140833. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140833>
- Aukema, J.E., Leung, B., Kovacs, K., Chivers, C., Britton, K.O., Englin, J., ... Von Holle, B. (2011). Economic impacts of nonnative forest insects in the United States. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024587>
- Bacon, S.J., Aebi, A., Calanca, P., & Bacher, S. (2014). Quarantine arthropod invasions in Europe: the role of climate, hosts and propagule pressure. *Diversity and Distributions*, 20, 84-94. <https://doi.org/10.1111/ddi.12149>
- Bacon, S.J., Bacher, S., & Aebi, A. (2012). Gaps in border controls are related to quarantine alien insect invasions in Europe. *PLoS ONE* 7: e47689. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0047689>
- Bandyopadhyay, R., & Frederiksen, R.A. (1999). Contemporary Global Movement of Emerging Plant Diseases. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 894, 28-36. [http://oar.icrisat.org/1802/1/AnnNewYorkAcadSci894\\_28-36\\_1999.pdf](http://oar.icrisat.org/1802/1/AnnNewYorkAcadSci894_28-36_1999.pdf)
- Brasier, C.M. (2001). Rapid evolution of introduced plant pathogens via interspecific hybridization. *BioScience*, 51, 123-133. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0123:REOIPP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0123:REOIPP]2.0.CO;2)
- Brasier, C.M. (2008). The biosecurity threat to the UK and global environment from international trade in plants. *Plant Pathology*, 57, 792-808. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01886.x>
- Brasier, C.M., & Buck, K.W. (2001). Rapid evolutionary changes in a globally invading fungal pathogen (Dutch elm disease). *Biological Invasions*, 3, 223-233. <https://doi.org/10.1023/A:1015248819864>
- Brasier, C., & Webber, J. (2010). Sudden larch death. *Nature*, 466, 824-825. <https://doi.org/10.1038/466824a>
- Cahill, D.M., Rookes, J.E., Wilson, B.A., Gibson, L., & McDougall, K.L. (2008). *Phytophthora cinnamomi* and Australia's biodiversity: impacts, predictions and progress towards control. *Australian Jour-*



- nal of Botany*, 56, 279–310. <https://doi.org/10.1071/BT07159>
- CBD (2014). Pathways of introduction of invasive species, their prioritization and management; UNEP/CBD/SBSTTA/18/9/Add.1. Retrieved from <https://www.cbd.int/doc/meetings/sbstta/sbstta-18/official/sbstta-18-09-add1-en.pdf>
- Chungu, D., Muimba-Kankolongo, A., Wingfield, M. J., & Roux, J. (2010). Plantation forestry diseases in Zambia: contributing factors and management options. *Annals of Forest Science*, 67, 802. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00883623/document>
- Cobb, R. C., Filipe, J. A., Meentemeyer, R. K., Gilligan, C. A., & Rizzo D. M. (2012). Ecosystem transformation by emerging infectious disease: loss of large tanoak from California forests. *Journal of Ecology*, 100, 712–722. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2012.01960.x>
- Crowl, T. A., Crist, T. O., Parmenter, R. R., Belovsky, G., & Lugo, A. E. (2008). The spread of invasive species and infectious disease as drivers of ecosystem change. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 238–246. <https://doi.org/10.1890/070151>
- Daszak, P., Cunningham, A. A., & Hyatt, A. D. (2000). Emerging infectious diseases of wildlife—threats to biodiversity and human health. *Science*, 287, 443–449. <https://doi.org/10.1126/science.287.5452.443>
- Dawson, W., Burslem, D. F. R. P., & Hulme, P. E. (2009). Factors explaining alien plant invasion success in a tropical ecosystem differ at each stage of invasion. *Journal of Ecology*, 97, 657–665. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01519.x>
- Davydenko, K., Vasaitis, R., Stenlid, J., & Menkis, A. (2013). Fungi in foliage and shoots of *Fraxinus excelsior* in eastern Ukraine: a first report on *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. *For. Path.*, 43, 462–467. <https://doi.org/10.1111/efp.12055>
- Dehnen-Schmutz, K., Touza, J., Perrings, C., & Williamson, M. (2007a). The horticultural trade and ornamental plant invasions in Britain. *Conservation Biology*, 21, 224–231. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00538.x>
- Dehnen-Schmutz, K., Touza, J., Perrings, C., & Williamson, M. (2007b). A century of the ornamental plant trade and its impact on invasion success. *Diversity and Distributions*, 13, 527–534. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00359.x>
- Desprez-Loustau, M. L. (2009). Alien fungi of Europe. In *Handbook of Alien Species in Europe*, ed. Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe (DAISIE), 15. Dordrecht: Springer
- Desprez-Loustau, M. L., Marçais, B., Nageleisen, L. M., Piou, D., & Vannini, A. (2006). Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of Forest Science*, 63, 597–612. <https://doi.org/10.1051/forest:2006040>
- Desprez-Loustau, M. L., Robin, C., Buée, M., Courteuisse, R., Garbaye, J., Suffert, F., Sache I., & Rizzo D. M. (2007). The fungal dimension of biological invasions. *Trends Ecol Evol*, 22, 472. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.005>
- Duran A., Gryzenhout M., Slippers B., Ahumada R., Rotella A., Flores F., ... Wingfield, M. J. (2008). *Phytophthora pinifolia* sp. nov. associated with a serious needle disease of *Pinus radiata* in Chile. *Plant Pathology*, 57, 715–727. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01893.x>
- Dutech, C., Fabreguettes, O., Capdevielle, X., & Robin, C. (2010). Multiple introductions of divergent genetic lineages in an invasive fungal pathogen, *Cryphonectria parasitica*, in France. *Heredity*, 105, 220–228. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/hdy2009164.pdf?origin=ppub>
- Early, R., Bradley, B. A., Dukes, J. S., Lawler, J. J., Olden, J. D., Blumenthal, D. M., ... Tatem, A. J. (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nat Commun*. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/ncomms12485>
- Eastburn, D. M., McElrone, A. J., & Bilgin, D. D. (2011). Influence of atmospheric and climatic change on plant-pathogen interactions. *Plant Pathology*, 60(1), 54–69. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02402.x>
- Essl, F., Bacher, S., Blackburn, T. M., Booy, O., Brundu, G., Brunel, S., ... Jeschke, J. M. (2015). Crossing frontiers in tackling pathways of biological invasions. *BioScience*, 65, 769–782. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv082>
- Essl, F., Dietmar, M., Dullinger, S., Mang, T., & Hulme, P. E. (2010). Selection for commercial forestry determines global patterns of alien conifer invasions. *Diversity and Distributions*, 16, 911–921. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00705.x>
- European Union (2019). Commission Implementing Regulation (EU) 2019/1262 of 25 July 2019 amending Implementing Regulation (EU) 2016/1141 to update the list of invasive alien species of Union concern. Retrieved from [https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/R\\_2016\\_1141\\_Union-list-2019-consolidation.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/R_2016_1141_Union-list-2019-consolidation.pdf)
- Fernandez-Winzer, L., Cuddy, W., Pegg, G. S., Carnegie, A. J., Manea, A., & Leishman, M. R. (2020). Plant architecture, growth and biomass allocation effects of the invasive pathogen myrtle rust (*Austropuccinia psidii*) on Australian Myrtaceae species after fire. *Austral Ecology*, 45, 177–186. <https://doi.org/10.1111/aec.12845>
- Fisher, M. C., Henk, D. A., Briggs, C. J., Brownstein, J. S., Madoff, L. C., McCraw, S. L., Gurr, S. J. (2012). Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, 484, 186–194. <https://doi.org/10.1038/nature10947>
- Ganley, R. J., Watt, M. S., Manning, L., & Iturrutxa, E. (2009). A global climatic risk assessment of pitch canker disease. *Canadian Journal of Forest Research*, 39, 2246–2256. <https://doi.org/10.1139/X09-131>

- Garbelotto, M. (2008). Molecular analysis to study invasions by forest pathogens: examples from Mediterranean ecosystems. *Phytopathologia Mediterranea*, 47, 183–203. Retrieved from <https://nature.berkeley.edu/garbelotto/downloads/garbelotto2008phytomed.pdf>
- García-Berthou, E., Alcaraz, C., Pou-Rovira, Q., Zamora, L., Coenders, G., & Feo, C. (2005). Introduction pathways and establishment rates of invasive aquatic species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62, 453–463. <https://doi.org/10.1139/f05-017>
- Geils, B. W., Hummer, K. E., & Hunt, R. S. (2010). White pines, Ribes, and blister rust: a review and synthesis. *Forest Pathology*, 40, 147–185. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2010.00654.x>
- Ghelardini, L., Luchi, N., Pecori, F., Pepori, A. L., Danti, R., Della Rocca, G., ... Santini, A. (2017). Ecology of invasive forest pathogens. *Biological Invasions*, 19, 3183–3200. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1487-0>
- Giraud, T., Gladieux, P., & Gavrillets, S. (2010). Linking the emergence of fungal plant diseases with ecological speciation. *Trends in Ecology & Evolution*, 25, 387–395. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.03.006>
- Gonthier, P., Garbelotto, M. (2011). Amplified fragment length polymorphism and sequence analyses reveal massive gene introgression from the European fungal pathogen *Heterobasidion annosum* into its introduced congener *H. irregulare*. *Molecular Ecology*, 20, 2756–2770. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2011.05121.x>
- Gonthier, P., Nicolotti, G., Linzer, R., Guglielmo, F., & Garbelotto, M. (2007). Invasion of European pine stands by a North American forest pathogen and its hybridization with a native interfertile taxon. *Molecular Ecology*, 16, 1389–1400. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03250.x>
- Hansen, E. M. (1999). Disease and diversity in forest ecosystems. *Australasian Plant Pathology*, 28, 313–319.
- Hanspach, J., Kühn, I., Pyšek, P., Boos, E., & Klotz, S. (2008). Correlates of naturalization and occupancy of introduced ornamentals in Germany. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 10, 241–250. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2008.05.001>
- Harrower, C. A., Scalera, R., Pagad, S., Schonrogge, K., & Roy, H. E. (2018). Guidance for interpretation of CBD categories on introduction pathways. *Technical note prepared by IUCN for the European Commission*. CEH Project no. C06225, 1–100
- Holzmüller, E. I., Jose, S., & Jenkins, M. A. (2010). Ecological consequences of an exotic fungal disease in eastern U.S. hardwood forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 1347–1353. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.01.014>
- Hui, C., & Richardson, D. M. (2017). Invasion dynamics. *Oxford University Press (Oxford)*, 1–322. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198745334.001.0001>
- Hulme, P. E. (2011). Addressing the threat to biodiversity from botanic gardens. *Trends in Ecology and Evolution*, 26, 168–74. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.01.005>
- Hulme, P. E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46, 10–18. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2664.2008.01600.X>
- Hulme, P. E., Bacher, S., Kenis, M., Klotz, S., Kuhn, I., Minchin, D., ... Vilà, M. (2008). Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology*, 45, 403–414. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01442.x>
- Hunter, G. C., Crous, P. W., Carnegie, A. J., Burgess, T. I., & Wingfield, M. J. (2011). Mycosphaerella and Teratosphaeria diseases of Eucalyptus; easily confused and with serious consequences. *Fungal Diversity*, 50, 145–166. [https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/6019/1/mycosphaerella\\_and\\_teratosphaeria.pdf](https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/6019/1/mycosphaerella_and_teratosphaeria.pdf)
- Jules, E. S., Kauffman, M. J., Ritts, W. D., & Carroll, A. L. (2002). Spread of an invasive pathogen over a variable landscape: a nonnative root rot on Port Orford cedar. *Ecology*, 83, 3167–3181. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[3167:SOAIP O\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[3167:SOAIP O]2.0.CO;2)
- Jung, T., Chang, T. T., Bakonyi, J., Seress, D., Pérez-Sierra, A., Yang, X., ... Horta Jung M. (2017). Diversity of *Phytophthora* species in natural ecosystems of Taiwan and association with disease symptoms. *Plant Pathology*, 66, 194–211. <https://doi.org/10.1111/ppa.12564>
- Kaiser, B. A., & Burnett, K. M. (2010). Spatial economic analysis of early detection and rapid response strategies for an invasive species. *Resource and Energy Economics*, 32, 566–585. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2010.04.007>
- Katsanevakis, S., Deriu, I., D'Amico, F., Nuñez, A. L., Pelaez Sanchez, S., Crocetta, F., ... Cardoso, A. C. (2015). European Alien Species Information Network (EASIN): supporting European policies and scientific research. *Management of Biological Invasions*, 6, 147–157. <http://dx.doi.org/10.3391/mbi.2015.6.2.01>
- Kowalski, T. (2006). *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology*, 36(4), 264–270. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2006.00453.x>
- Kubono, T., & Ito, S. (2002). *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience*, 43, 255–260. <https://doi.org/10.1007/S102670200037>
- Kühn, I., & Klotz, S. (2003). The alien flora of Germany – basics from a new German database. In: Child L. E., Brock J. H., Brundu G., Prach K., Pyšek P., Wade P. M., Williamson M. (Eds) *Plant invasions: ecological threats and management solutions* (pp. 89–100). Backhuys, Leiden



- Küster, E.C., Kühn, I., Bruelheide, H., & Klotz, S. (2008). Trait interactions help explain plant invasion success in the German flora. *Journal of Ecology*, 96, 860-868. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01406.x>
- Leung, B., Lodge, D.M., Finnoff, D., Shogren, J.F., Lewis, M., Lamberti, G. (2002). An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 269, 2407-2413. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2179>
- Liebholt, A., Brockerhoff, E., Garrett, L., Parke, J., & Britton, K. (2012). Live plant imports: the major pathway for the forest insect and pathogen invasions of the US. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 135-143. <https://doi.org/10.1890/110198>
- Liebholt, A.M., Macdonald, W.L., Bergdahl, D., & Mastro, V.C. (1995). Invasion by exotic forest pests: a threat to forest ecosystems. *Forest Science Monographs*, 30, 1-49. <https://doi.org/10.1093/forest-science/41.s1.a0001>
- Lilja, A., Rytkoenen, A., Hantula, J., Muller, M., Parikka, P., & Kurkela, T. (2011). Introduced pathogens found on ornamentals, strawberry and trees in Finland over the past 20 years. *Agricultural and Food Science*, 20, 74-85. <https://doi.org/10.2137/145960611795163051>
- Loo, J. (2009). Ecological impacts of non-indigenous invasive fungi as forest pathogens. *Biological Invasions*, 11, 81-96. <https://doi.org/10.1007/s10530-008-9321-3>
- Lovett, G.M., Canham, C.D., Arthur, M.A., Weathers, K.C., & Fitzhugh, R.D. (2006). Forest ecosystem responses to exotic pests and pathogens in Eastern North America. *BioScience*, 56, 395-405. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)056\[0395:FERTEP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)056[0395:FERTEP]2.0.CO;2)
- Lovett, G.M., Weiss, M., Liebhold, A.M., Holmes, T.P., Leung, B., Lambert, K.F., ... Weldy, T. (2016). Nonnative forest insects and pathogens in the United States: impacts and policy options. *Ecological Applications*, 26, 1437-1455. <https://doi.org/10.1890/15-1176>
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species A selection from the Global Invasive Species Database. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12p
- Macdonald, I.A.W., Kruger, F.J., & Ferrar, A.A. (1986). *The Ecology and Management of Biological Invasions in Southern Africa*. Oxford University Press: Cape Town
- Mack, R., & Erneberg, M. (2002). The United States naturalized flora: largely the product of deliberate introductions. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 89, 176-189. <https://doi.org/10.2307/3298562>
- Matsiakh, I. (2014). Assessment of forest pests and diseases in Protected Areas of Georgia. Report, European Neighborhood and Partnership Instrument East Countries Forest Law Enforcement and Governance II Program. 109 p.
- Matsiakh, I. (2015). Assessment of forest pests and diseases in the native boxwood forests of Georgia. Report, European Neighborhood and Partnership Instrument East Countries Forest Law Enforcement and Governance II Program. 108 p.
- Matsiakh, I., Doğmuş-Lehtijärvi, H.T., Kramarets, V., Aday Kaya, A.G., Oskay, F., Drenkhan, R., & Woodward, S. (2018). *Dothistroma* spp. in Western Ukraine and Georgia. *Forest Pathology*, 48(2). <https://doi.org/10.1111/efp.12409>
- Matsiakh, I., & Kavtarishvili, M. (2015). Invasive species – threat to the natural populations of Colchis boxwood (*Buxus colchica* Pojark) in the forests of Georgia. In *Integrated protection and plant quarantine. Prospects in the XXI century*, 171-172. Kyiv, Ukraine
- Matsiakh, I., Kramarets, V., Kavtarishvil, M., & Mamadashvili, G. (2016). Distribution of invasive species and their threat to natural populations of boxwood (*Buxus colchica* Pojark) in Georgia. Abstract of Observatree/IPSAN Conference on Tree and Plant Health Early Warning Systems in Europe – Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 23-24 February 2016. Retrieved from <http://www.observatree.org.uk/events/observatree-ipsan-conference-abstracts>
- Matsiakh, I., Solheim, H., Hietala, A.M., Nagy, N.E., & Kramarets, V. (2017). Assessment of seasonal patterns in tissue-specific occurrence of *Hymenoscyphus fraxineus* in stems of *Fraxinus excelsior*. *Baltic Forestry*, 23(1), 20-24. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/319303399\\_Assessment\\_of\\_seasonal\\_patterns\\_in\\_tissue-specific\\_occurrence\\_of\\_Hymenoscyphus\\_fraxineus\\_in\\_stems\\_of\\_Fraxinus\\_excelsior](https://www.researchgate.net/publication/319303399_Assessment_of_seasonal_patterns_in_tissue-specific_occurrence_of_Hymenoscyphus_fraxineus_in_stems_of_Fraxinus_excelsior)
- Matsiakh, I., Solheim, H., Nagy, N.E., Hietala, A.M., & Kramaret, V. (2016). Tissue-specific DNA levels and hyphal growth patterns of *Hymenoscyphus fraxineus* in stems of naturally infected *Fraxinus excelsior* saplings. *Forest Pathology*, 46(3), 206-214. <https://doi.org/10.1111/efp.12245>
- Matsiakh, I., & Tsiklauri, K. (2015). Invasive species as a threat to natural populations of boxwood (*Buxus colchica* Pojark) on the protected areas in Georgia. Intern. Scientific Conf. «Challenges of the XXI century and their settlement in the forestry sector». 07-09 October 2015. Educational and Research Institute of the Forestry and Landscape
- Meshkova, V.L., Nazarenko, S.V., & Glod, O.I. (2020). The first data on the study of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) in Kherison region of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 30-38. <https://doi.org/10.15421/412023>
- Minchin D., Cook E.J., & Clark P.F. (2013). Alien species in British brackish and marine waters. *Aquatic Invasions*, 8, 3-19. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3391/ai.2013.8.1.02>

- Mitchell, R. J., Beaton, J. K., Bellamy, P. E., Broome, A., Chetcuti J., Eaton, S., ... Hewison, R. L. (2014). Ash dieback in the UK: a review of the ecological and conservation implications and potential management options. *Biological Conservation*, 175, 95-109. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.04.019>
- Mitchell, R., Chitanava, S., Dbar, R., Kramarets, V., Lehtijärvi, A., Matchutadze, I., ... Kenis, M. (2018). Identifying the ecological and societal consequences of a decline in *Buxus* spp. in Europe and the Caucasus. *Biological Invasions*, 20(12), 3605-3620. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1799-8>
- Mooney, H. A., & Drake, J. A. (1986). *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*. New York: Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4988-7>
- Moricca, S., & Ragazzi, A. (2009). Lusus naturae: cambiamenti climatici ed invasioni di parassiti vegetali modificano il territorio agro-forestale [Freak of nature: climate change and invasions of plant parasites change the agro-forestry territory]. *Rivista Italiana di Agronomia*, 3, 13-17. <https://doi.org/10.4081/ija.2009.s3.13>
- Nentwig, W. (2007). Pathways in animal invasions. In: W. Nentwig (Ed.) *Biological invasions*. Springer, Berlin Heidelberg (pp. 11-27). [https://doi.org/10.1007/978-3-540-36920-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-36920-2_2)
- Ogden, N. H., Wilson, J. R. U., Richardson, D. M., Hui, C., Davies, S. J., Kumschick, S., ... Pulliam, J. R. C. (2019). Emerging infectious diseases and biological invasions: a call for a One Health collaboration in science and management. *Royal Society Open Science*, 6, 181577. <https://doi.org/10.1098/rsos.181577>
- Osyczka, P., Mleczko, P., Karasiński, D., & Chlebicki, A. (2012). Timber transported to Antarctica: a potential and undesirable carrier for alien fungi and insects. *Biological Invasions*, 14, 15-20. <https://doi.org/10.1007/s10530-011-9991-0>
- Paap, T., Burgess, T. I., Rolo, V., Steel, E., & Hardy, G. E. S. J. (2018). Anthropogenic disturbance impacts stand structure and susceptibility of an iconic tree species to an endemic canker pathogen. *Forest Ecology and Management*, 425, 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.055>
- Paap, T., Wingfield, M. J., Burgess, T. I., Hulbert, J. M., & Santin, A. (2020). Harmonising the fields of invasion science and forest pathology. *NeoBiota*, 62, 301-332. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.52991>
- Parry, D., & Teale, S. A. (2011). Alien invasions: the effects of introduced species on forest structure and function. In J. D. Castello, & S. A. Teale (Eds.), *Forest Health. An Integrated Perspective* (pp. 115-162). Cambridge: Cambridge University Press
- Pautasso, M., Aas, G., Queloz, V., & Holdenrieder, O. (2013). European ash (*Fraxinus excelsior*) dieback - A conservation biology challenge. *Biological Conservation*, 158, 37-49. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.08.026>
- Pergl, J., Sádlo, J., Petřík, P., Danihelka, J., Chrtek, J. Jr., Hejda, M., ... Pyšek, P. (2016a). Dark side of the fence: ornamental plants as a source of wild-growing flora in the Czech Republic. *Preslia*, 88, 163-184. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163342297>
- Pergl, J., Sádlo, J., Petrušek, A., Laštůvka, Z., Musil, J., Perglová, I., Šanda R., ... Pyšek, P. (2016b). Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota*, 28, 1-37. <https://doi.org/10.3897/neobiota.28.4824>
- Prospero, S., & Cleary, M. (2017). Effects of host variability on the spread of invasive forest diseases. *Forests*, 8(3), 80. <https://doi.org/10.3390/f8030080>
- Prospero, S., & Rigling, D. (2012). Invasion genetics of the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica* in Switzerland. *Phytopathology*, 102, 73-82. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-11-0055>
- Pyšek, P., Hulme, P. E., Simberloff, D., Bacher, S., Blackburn, T. M., Carlton, J. T., ... Richardson, D. M. (2020). Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95(6), 1-25. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
- Pyšek, P., Křivánek, M., & Jarošík, V. (2009). Planting intensity, residence time, and species traits determine invasion success of alien woody species. *Ecology*, 90, 2734-2744. <https://doi.org/10.1890/08-0857.1>
- Pyšek, P., Richardson, D. M., Pergl, J., Jarošík, V., Sixtová, Z., Weber, E. (2008). Geographical and taxonomical biases in invasion ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 23, 237-244. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.02.002>
- Queloz, V., Grunig, C. R., Berndt, R., Kowalski, T., Sieber, T. N., & Holdenrieder, O. (2011). Cryptic speciation in *Hymenoscyphus albidus*. *Forest Pathology*, 41, 133-142. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2010.00645.x>
- Rabitsch, W., Genovesi, P., Scalera, R., Biała, K., Josefsson, M., & Essl, F. (2016). Developing and testing alien species indicators for Europe. *Journal for Nature Conservation*, 29, 89-96. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2015.12.001>
- Reichard, S. H., & White, P. S. (2003). Invasion biology: an emerging field of study. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 90, 64-66. <https://doi.org/10.2307/3298526>
- Rigling, D., & Prospero, S. (2018). *Cryphonectria parasitica*, the causal agent of chestnut blight: invasion history, population biology and disease control. *Molecular Plant Pathology*, 19, 7-20. <https://doi.org/10.1111/mpp.12542>
- Rizzo, D. M. (2005). Exotic species and fungi: interactions with fungal, plant, and animal communities. In T. Dighton, P. Oudemans, & J.-F. White (Eds.), *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem* (pp. 857-877). Florida: Boca Raton, CRC
- Rizzo, D. M., & Garbelotto, M. (2003). Sudden oak death: endangering California and Oregon forest ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1, 197-204. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0197:SOECA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0197:SOECA]2.0.CO;2)



- Roy, H.E., Preston, C.D., Harrower, C.A., Rorke, S.L., Noble, D., Sewell, J., ... Pearman, D. (2014). GB Non-native Species Information Portal: documenting the arrival of non-native species in Britain. *Biological Invasions*, 16, 2495–2505. <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0687-0>
- Roy, H.E., Hesketh, H., Purse, B.V., Eilenberg, J., Santini, A., Scalera, R., ... Dunn, A.M. (2017). Alien pathogens on the Horizon: opportunities for predicting their threat to wildlife. *Conservation Letters*, 10(4), 477-484. <https://doi.org/10.1111/conl.12297>
- Roux, J., Greyling, I., Coutinho, T.A., Verleur, M., & Wingfield, M.J. (2013). The myrtle rust pathogen, *Puccinia psidii*, discovered in Africa. *IMA Fungus*, 4, 155-159. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2013.04.01.14>
- Santini, A., Ghelardini, L., De Pace, C., Desprez-Loustau, M.L., Capretti, P., Chandelier, A., ... Stenlid, J. (2013). Biogeographical patterns and determinants of invasion by forest pathogens in Europe. *New Phytologist*, 197, 238-250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04364.x>
- Seebens, H., Blackburn, T.M., Dyer, E.E., Genovesi, P., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., ... Essl, F. (2018). Global rise in emerging alien species results from increased accessibility of new source pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115, E2264–E2273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1719429115>
- Seebens, H., Blackburn, T.M., Dyer, E.E., Genovesi, P., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., ... Essl, F. (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, 8, 14435. <https://doi.org/10.1038/ncomms1443>
- Scherm, H., & Coakley, S.M. (2003). Plant pathogens in a changing world. *Austr Plant Pathol*, 32, 157-165. <https://doi.org/10.1071/AP03015>
- Shearer, B.L., Crane, C.E., Barrett, S., Cochrane, A. (2007). *Phytophthora cinnamomi* invasion, a major threatening process to conservation of flora diversity in the South-west Botanical Province of Western Australia. *Australian Journal of Botany*, 55, 225-238. <https://doi.org/10.1071/BT06019>
- Smith, L.L., Allen, D.J., & Barney, J. (2015). The thin green line: sustainable bioenergy feedstocks or invaders in waiting. *NeoBiota*, 25, 47-71. <https://doi.org/10.3897/neobiota.25.8613>
- Theoharides, K.A., & Dukes, J.S. (2007). Plant invasion across space and time: factors affecting non-indigenous species success during four stages of invasion. *New Phytol*, 176, 256-273. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02207.x>
- Torii, M., Matsuda, Y., Murata, M., & Ito, S. (2011). Spatial distribution of *Raffaelea quercivora* hyphae in transverse sections of seedlings of two Japanese oak species. *Forest Pathology*, 41, 293–298. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2010.00672>
- Wilson, J.R.U., Bacher, S., Daehler, C.C., Groom, Q.J., Kumschick, S., Lockwood, J.L., ... Richardson D.M. (2020a). Frameworks used in Invasion Science: progress and prospects. *NeoBiota*, 62, 1-30. <https://doi.org/10.3897/neobiota.62.58738>
- Wilson, J.R.U., Dormontt, E.E., Prentis, P.J., Lowe, A.J., & Richardson, D.M. (2009). Something in the way you move: dispersal pathways affect invasion success. *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.10.007>
- Wingfield, M.J., Hammerbacher, A., Ganley, R.J., Steenkamp, E.T., Gordon, T.R., Wingfield, B.D., & Coutinho, T.A. (2008). Pitch canker caused by *Fusarium circinatum* – a growing threat to pine plantations and forests worldwide. *Australasian Plant Pathology*, 37, 319-334. <https://doi.org/10.1071/AP08036>
- Wingfield, M.J., Roux, J., & Wingfield, B.D. (2011). Insect pests and pathogens of Australian acacias grown as non-natives – an experiment in biogeography with far-reaching consequences. *Diversity and Distributions*, 17, 968–977. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00786.x>
- Wingfield, M.J., Slippers, B., Wingfield, B.D., & Barnes, I. (2017). The unified framework for biological invasions: a forest fungal pathogen perspective. *Biological Invasions*, 19, 3201-3214. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1450-0>
- Xu, H., Qiang, S., Genovesi, P., Ding, H., Wu, J., Meng, L., ... Pyšek, P. (2012). An inventory of invasive alien species in China. *NeoBiota*, 15, 1-26. <https://doi.org/10.3897/neobiota.15.3575>
- Xu, H., Qiang, S., Han, Z., Guo, J., Huang, Z., Sun, H., ... Wan, F. (2006a). The status and causes of alien species invasion in China. *Biodivers Conserv*, 15(9), 2893-2904. <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2575-5>
- Xu, R.D., Dickie, I.A., Wingfield, M.J., Hirsch, H., Crous, C.J., Meyerson, L.A., ... Le Roux, J.J. (2006b). Evolutionary dynamics of tree invasions: complementing the unified framework for biological invasions. *AoB Plants*, 8, plw085. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plw085>

## Invasive alien pathogens as a threat to global biodiversity

I. Matsiakh<sup>1</sup>

This is an overview paper introduces and invasive alien species (IAS) and emerging infectious diseases (EIDs) are known to interact as a threat of biodiversity loss, encompassing species extinction and ecosystem change. The paper describes the main pathways of invasive pathogens introduction demonstrating the known examples of forest damages due to the spread of the emerging infectious diseases. The global trade of ornamental plants for planting is shown as the main

<sup>1</sup> *Iryna Matsiakh* – PhD in Biological Sciences, Assistant Professor. Forestry Department, Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine Tel.: +38-032-260-04-08. E-mail: iramatsah@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2249-1296>

pathway of the invasive pathogens spread. We tried to discuss the reasons that lead to large-scale damage to tree species and significant transformation of forest ecosystems under the influence of invasive pathogens. The problems related to an insufficient level of alien species spread by forest pathologists, scientists and forestry practitioners are also overviewed. The terminology for invasions of various taxa of pathogenic organisms is still incorrectly unified or developed and it was summarized to present the basic terms concerning invasions and invasive organisms.

This paper indicates the main phases that the organism goes through to acquire the status of invasiveness and the factors that contribute to the successful establishment of invasive pathogens at the local, regional and continental levels. The vast majority of introductions of forest invasive species are happened unintentionally e.g., by morphological structures of pathogens (spores, mycelium) that cannot be detected during the import of plants, or on packaging material.

It is also indicated that the effects of forest disturbances due to global climate change (e.g. drought, storms, forest fires, outbreaks of pests and pathogens) will increase the vulnerability of trees and shrubs to the impact of invasive pathogens. Currently, that is one of the major problems facing forest phytopathologists. Due to the global climate change, the introduction of invasive organisms might be significantly accelerated with affecting the success of their penetration, spread, establishment and susceptibility of host plants in new areas.

The overview is also provided on plant protection regulation on national and international levels. There is no legal framework in Ukraine that would regulate the introduction of invasive pathogen at the national level except the Law of Ukraine «On Plant Quarantine» which contains lists of: 1) quarantine organisms absent in Ukraine; 2) quarantine organisms limited in Ukraine; 3) regulated non-quarantine pests. The list of regulated pests and diseases with the high potential threat of introduction and risk for plants in Ukraine is designed on the information about pests and diseases included in lists A1 and A2 by the European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) and/or lists of other relevant international organizations. Some of the pathogens and pests listed in these lists are invasive, but there is no information and understanding of their invasiveness and the threat they may pose.

The spread and influence of invasive pathogens after their penetration are also influenced by factors that allow their successful establishment at the local, regional and continental levels: 1) host diversity; 2) host connectivity; 3) host susceptibility. The analysis of host plant diversity and vulnerability to invaders, which depend on the three factors listed above, will improve the ability to foresee the spread of invasive pathogens on a large scale and to prevent potential negative effects on ecosystems.

**Key words:** invasive pathogens; emerging infectious diseases; biodiversity; forest ecosystems; forest decline; climate change.

## Инвазионные чужеродные патогены как угроза глобальному биоразнообразию

И. П. Мацях<sup>1</sup>

Охарактеризованы особенности путей проникновения инвазионных патогенов и показаны примеры массовых повреждений лесов вследствие распространения адвентивных возбудителей болезней. Установлено, что основной причиной распространения инвазионных патогенов является широкомасштабная торговля декоративными растениями для нужд озеленения. Указаны причины, которые приводят к повреждениям древесных пород и существенной трансформации лесных экосистем под влиянием инвазионных патогенов. Подчеркнуто недостаточный уровень внимания со стороны лесных фитопатологов, ученых и практических работников лесного хозяйства к проблеме распространения адвентивных возбудителей болезней. До сих пор недостаточно унифицирована и разработана терминология по инвазиям различных таксонов патогенных организмов. Представлена характеристика основных терминов по инвазиям и инвазионных организмах.

Охарактеризованы особенности фаз, которые проходит организм, чтобы получить статус инвазионности и факторы, способствующие успешному установлению инвазионных патогенов на локальных, региональных и континентальных уровнях. Подавляющее большинство интродукций лесных инвазионных видов являются непреднамеренными, в частности, распространение морфологическими структурами патогенов (спорами, мицелием), которые не удается выявить при импорте растений, или на таре.

В Украине отсутствует законодательная база, которая бы регулировала на государственном уровне проникновение чужеродных инвазивных видов и действует только Закон Украины «О карантине растений», содержащий списки: 1) карантинных организмов, отсутствующих в Украине; 2) карантинных организмов, ограниченно распространенных в Украине; 3) регулируемых не карантинных вредных организмов.

Глобальные изменения климата существенно влияют на успешность внедрения инвазионных организмов, стимулируют их распространение, а также ослабляют растений-хозяев, что может, в свою очередь, способствовать распространению адвентивных видов на новых территориях.

**Ключевые слова:** инвазионные патогены; инвазии; биоразнообразие; лесные экосистемы; массовое отмирание лесов; изменения климата.

<sup>1</sup> Мацях Ирина Павловна – кандидат биологических наук, докторант кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупрынки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-032-260-04-08. E-mail: iramatsah@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2249-1296>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412102>  
Article received 2020.11.18  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Pavlo Yashchenko  
ecoinst08@ukr.net

Kozelnitska str., 4, Lviv, 79026, Ukraine

УДК 630\*907.11; 502.72(477.84)

## Сильватизація оселищ лучно-степової рослинності та безхребетних у природоохоронних об'єктах Гологірського горбогір'я (природоохоронне оцінювання явища)

П. Т. Ященко<sup>1</sup>, Ю. В. Канарський<sup>2</sup>, І. М. Шпаківська<sup>3</sup>

В останні десятиліття в Україні переглядають парадигму абсолютної заповідності і застосовують перехід на оселищні (габітатні) засади охорони біорізноманіття. Такий підхід зумовлений тим, що застосування лише заповідного режиму для збереження раритетів флори і рідкісних рослинних угруповань не забезпечує цілковитого збереження їх первинного складу і структури. Така ситуація характерна для природоохоронних об'єктів Гологірського горбогір'я, у яких збереглися ділянки екстраординарної лучно-степової рослинності як оселища рідкісних видів рослин і комах. У статті охарактеризовано природні особливості Гологір, висвітлено історію створення у регіоні природоохоронних об'єктів. Відзначено, що ботанічну пам'ятку природи державного значення «Лиса Гора і Гора Сипуха» площею 283 га було створено для охорони бучин чагарникових. Проте в офіційному описі рослинності цього об'єкта зазначено, що на степових ділянках у його межах ростуть види трав, занесені до Червоної книги України. Це посилення свідчить, що пам'ятка природи мала подвійну мету – збереження не лише бучин чагарникових, але й лучно-степової рослинності з рідкісними представниками флори і фауни України, що підтверджує значну соціологічну цінність об'єкта. Поряд з цим, штучне заліснення вершини гори Лисої деревними видами – *Pinus sylvestris* L. та *P. banksiana* Lamb. й подальше спонтанне їх розселення на степові ділянки негативно позначається на збереженні трав'яної рослинності та угрупованнях безхребетних.

Аналіз наукових джерел щодо поширення сосни на Поділлі в минулому відображає розбіжність поглядів учених на її автохтонність. Вплив заліснення (сильватизації) оселищ лучно-степової рослинності та безхребетних охарактеризовано з природоохоронних позицій. Зроблено висновок, що наявність сосни в природоохоронних об'єктах Гологір не відповідає меті їх створення, а спонтанне поширення цієї породи призводить до деградації середовища існування лучно-степової рослинності і угруповань комах, які підлягають охороні. Як наслідок – зникає цілий ксерофільний комплекс карабідофауни. Загальний аналіз трендів зміни чисельності окремих біотопічних груп денних метеликів у лучно-степових оселищах Гологір за останні 25 років показав значне змен-

<sup>1</sup> Ященко Павло Тихонович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат біологічних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу екосистемології Інституту екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна. Тел.: +38-097-344-74-82. E-mail: ecoinst08@ukr.net; E-mail: home@mail.lviv.ua ORCID: 0000-0002-9246-9978

<sup>2</sup> Канарський Юрій Васильович – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу екосистемології Інституту екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна. Тел.: +38-067-602-51-22. E-mail: ykanarsky@gmail.com ORCID: 0000-0002-8426-3072

<sup>3</sup> Шпаківська Ірина Миронівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу екосистемології Інституту екології Карпат НАН України, вул. Козельницька, 4, м. Львів, 79026, Україна. Тел.: +38-050-519-39-51. E-mail: ishpakivska@ukr.net ORCID: 0000-0002-5152-6083



шення частоти трапляння екотонних мезофілів, степових ксерофілів і лучних гідрофілів. Доцільно застосувати активне збереження мезоксерофітних травостоїв та угруповань безхребетних шляхом регулярного вилучення з їхніх оселищ самосіву сосни і ліщини.

**Ключові слова:** парадигма; ботанічні пам'ятки природи; ксеромезофітні трав'яні угруповання; лісові культури сосни; спонтанне заліснення схилів; рідкісні види рослин і комах.

**Вступ.** Упродовж останнього десятиліття в Україні дедалі частіше застосовують оселищний підхід до охорони біорізноманіття, зокрема до збереження локалітетів рідкісних видів рослин і тварин та їхніх угруповань. Ця концепція стала базовою для формування екологічної мережі держави, що охоплює як об'єкти природно-заповідного фонду, так і трансформовані людиною території, (в т.ч. і техногенні), передбачає природоохоронну їх оцінку як умов існування певних угруповань чи окремих видів (Кагало та ін., 2012; Davies, Moss, & O'Hill, 2004). На важливості управління збереженням біорізноманіття на рівні пріоритетних типів біотопів (як місцезнаходжень рідкісних типів угруповань) чи оселищ (як локалітетів окремих видів рослин) наголошує, зокрема, Директива Ради Європи 92/43/ЄЕС від 21 травня 1992 р. «Про збереження природних типів оселищ (habitats) та видів природної фауни й флори» (Директива..., 2012). У ній прямо зазначено, що «...збереження біорізноманіття у певних випадках може потребувати здійснення людиною певних заходів чи спонукання до цього» (с. 29). Наведене відображає доцільність у багатьох випадках заміни парадигми абсолютного заповідання на оселищну та потребу застосування методів активної охорони біорізноманіття в об'єктах природно-заповідного фонду (ПЗФ).

Необхідність перегляду парадигми абсолютного заповідання зумовлена не тільки переходом України на загальноєвропейські критерії охорони природи, а й результатами аналізу багаторічного досвіду застосування заповідного режиму для збереження раритетів флори і рідкісних рослинних угруповань. Доведено, що застосування у минулому принципу абсолютної заповідності (Штильмарк, 1981, 1985) для охорони, наприклад степової рослинності, не забезпечує цілковитого збереження первинної структури ксеромезофітних угруповань та їхнього видового складу (Краснітський, Сошнин, 1984; Самарин, 1982; Семенова-Тян-Шанская, 1982). Після заповідання відбувається заліснення (сильватизація) степових ділянок, змінюються екологічні параметри охоронюваних фітоценозів, що зумовлює їхню деградацію і зникнення рідкісних видів рослин, які перебували під охороною (Ященко, 2010). Такі зміни зумовлені й суто біологічними причинами, зокрема посиленням сукцесій рослинності внаслідок переходу на природний шлях її розвитку. У нових екологічних і фітоценотичних умовах змінюється численність видів флори і фауни, їхнє домінування і структура рослинного покриву.

Абсолютне заповідання добре спрацьовує в умовах дуже великих за площею лісових об'єктів, створених для збереження рідкісних видів тварин (наприклад, Баргузинський заповідник у Сибіру, площа якого – понад 1 млн га і основне завдання – збереження соболя). Але в більшості природоохоронних об'єктів, які охороняються в Україні і площа яких порівняно невелика, після заповідання змінюється екологічна ситуація і початкове біорізноманіття. У степах розпочинаються спонтанні процеси їх заліснення, кущі та дерева формують яруси і витісняють трав'яні угруповання. Притінення травостою зумовлює випадання багатьох геліофітів, і в підсумку – деградацію степових фітоценозів (Ткаченко, 2004). Подібне явище спостережено й на луках, формування і функціонування яких відбувається переважно за участі людини. У лісостепу в заказниках також змінюється функціональна роль синузій кущів і дерев, посилюється роль чагарникового ярусу і відбувається зміна домінантів трав'яного покриву. Внаслідок цього втрачається початкова мета заповідання – збереження лісостепового біорізноманіття, зокрема трав'яних мезоксерофітних фітоценозів та угруповань безхребетних. Такі зміни відбуваються і на території природоохоронних об'єктів Гологірського горбогір'я, в яких збереглася лучно-степова рослинність, але триває її витіснення внаслідок спонтанного заліснення травостоїв (рис. 1, 2).

Спонтанне заліснення степових ділянок у ботанічній пам'ятці природи державного значення «Лиса Гора та Гора Сипуха» призводить до втрати оселищ екстраординарної мезоксерофітної рослинності, рідкісних видів рослин і комах. Така ситуація свідчить про потребу пошуку шляхів збереження первинних лучно-степових екосистем, зокрема і через сповільнення процесів їх сильватизації. Розгляд цих проблемних питань відображає *актуальність досліджень* та їхню природоохоронну важливість.

**Об'єкти та методика досліджень.** *Об'єктом досліджень* є оселища лучно-степової рослинності у природоохоронних об'єктах Гологірського горбогір'я та створені наприкінці ХХ ст. лісові культури за участю *Pinus sylvestris* L. та *P. banksiana* Lamb. у межах ботанічної пам'ятки природи державного значення «Лиса Гора та Гора Сипуха» як джерело спонтанного заліснення сосною трав'яних мезоксерофітних угруповань. *Предмет досліджень* – фітоценотична структура лучно-степової рослинності, її зміни внаслідок природного заліснення оселищ сосною в умовах заповідного

режиму, історичні особливості поширення сосни на Поділлі, зміни видового складу угруповань безхребетних внаслідок сільватизації, шляхи збереження оселищ лучно-степової рослинності. *Мета досліджень* – докладно дослідити особливості трансформаційних процесів у рослинному покриві природоохоронних об'єктів Гологірського горбогір'я в умовах заповідання, здійснити природоохоронне оцінювання явища сільватизації.



Рис. 1. Заліснення степових ділянок у ботанічній пам'ятці природи державного значення «Лиса Гора та Гора Сипуха» (літній аспект)



Рис. 2. Заліснення сосною степових ділянок на горі Лиса (ранньовесняний аспект)

Для досягнення зазначеної мети визначено основні завдання дослідження: розглянути причини зміни парадигми заповідання; охарактеризувати природні умови Гологір; з'ясувати історію створення природоохоронних об'єктів у Гологорох;

узагальнити прояви сільватизації оселищ лучно-степової рослинності на Лисій горі в умовах заповідання; проаналізувати роль наявних тут лісових культур сосни у процесах заліснення; розглянути історичні аспекти досліджень щодо поширення сосни на Поділлі та доцільність її збереження у природоохоронних об'єктах Гологір; охарактеризувати зміну видового складу угруповань безхребетних внаслідок заліснення оселищ лучно-степової рослинності у природоохоронних об'єктах Гологір; дати природоохоронну оцінку сільватизації оселищ лучно-степової рослинності, показати важливість активного їх збереження в умовах Гологірського горбогір'я.

Вивчення залісненості оселищ лучно-степової рослинності у природоохоронних об'єктах Гологір здійснено класичними геоботанічними і лісівничими методами польових досліджень (Воробйов, 1967; Програма..., 1974; Корчагин, 1976; Горшенін, Швыденко, 1977).

Для характеристики процесу сільватизації застосовано методичні лісівничі прийоми (облік природного поновлення дерев на пробних площадках, визначення його зімкнутості і породного складу). Видове різноманіття в оселищах вивчено на пробних площах та маршрутним методом обстеження природоохоронних об'єктів для якнайповнішого охоплення варіабельності заліснення на всій досліджуваній території (Кагало та ін., 2012). Для відображення історичних аспектів досліджень поширення сосни на Поділлі та змін видового складу флори здійснено аналіз літературних джерел, які стосуються Лисої гори й опубліковані впродовж попередніх століть. Назви рослин подано за Д. Н. Доброчаєвою та ін. (1987). Зміни видового складу безхребетних оцінено за допомогою ретроспективного аналізу літературних джерел (Romaniszyn & Schille, 1929; Kuntze, 1936; Лазорко, 1938) та сучасних досліджень, що проводили від 1995 року. Зміни екологічних параметрів ґрунтів внаслідок заліснення та погоризонтний аналіз їх фізико-хімічних характеристик здійснено на основі відповідних ґрунтознавчих методик (Почвоведение... 1975; ДСТУ 4289:2004).

Польові дослідження безхребетних здійснювали за загальноприйнятими для окремих таксономічних груп методиками, зокрема епігеобіотних нелітаючих комах (турунів) – за допомогою ґрунтових пасток Барбера, а лускокрилих – методами виявлення та обліку на маршрутах (Фасулати, 1971; Канарський, 2006). Визначення комах здійснювали за сучасними визначниками (Freude, Harde, Lohse, & Klausnitzer, 2004; Канарський, 2007), а їхні наукові назви скориговано за сучасними систематичними опрацюваннями відповідних таксономічних груп для фаун Європи і Палеарктики (Lobl, Smetana, 2003; Kudrna, Pennerstorfer, & Lux, 2015).

**Результати та обговорення.** *Природнича характеристика Гологір і їх созологічне значення.* Ботанічна пам'ятка природи державного значення «Лиса Гора і Гора Сипуха» розташована в межах Гологірського горбогір'я, яке є частиною Гологоро-



Кременецького кряжу, має ширину близько 10 км та довжину до 45 км і простягається від м. Бібрка до с. Пługів Золочівського району Львівської області (Ляска, 2017). Досить своєрідною є орографічна структура цього низькогірного пасма, яка має асиметричну будову: один схил, обернений до півночі, утворює досить стрімкий уступ, який піднімається на понад 100 м над прилеглими рівнинами Малого Полісся, тоді як південний схил пологий і поступово переходить у Перемишлянське горбогір'я. Максимальні висоти Гологір зосереджені у західній (г. Камула – 471 м; г. Замчисько – 452 м; г. Нахорди – 401 м н.р.м.) та центральній частинах кряжу (гори Вапнярка – 460 м та Лиса – 412 м н.р.м.). Гологороми пролягає Головний Європейський вододіл.

Специфіка рельєфу та близьке до поверхні залягання вапняків, мергелів, пісковиків зумовили формування у межах Гологірського структурно-денудаційного горбогір'я специфічних ґрунтів. Зональні їхні типи представлені дерново-карбонатними відмінами та чорноземами карбонатними, які сформувалися на карбонатних підстильних породах. Здійснені нами впродовж 2020-2021 рр. дослідження ґрунтів показали, що зональні їхні типи є важко- та середньосуглинковими, слабощербенистими, багатогумусними, реакція ґрунтового розчину слаболужна. Спонтанне заростання степових ділянок на горі Лисій соснами звичайною та Банкса зумовлює трансформацію властивостей ґрунтів. Змінюється їхній макроагрегатний склад, зокрема коефіцієнт структурності, який на степових ділянках становить 2,43, тоді як під лісовими – лише 1,47. Унаслідок хвойного опадку також змінюється кислотність верхнього гумусового горизонту: за значеннями рН водного розчину ґрунту зі слаболужних трансформуються у нейтральні.

Природні умови зумовили формування у цьому регіоні багатьох ділянок специфічної лучно-степової трав'яної рослинності, що сприяло збереженню багатьох рідкісних видів рослин і комах. Проте загалом Гологори досить лісисті. Панівні тут грабово-букові та грабово-дубові ліси чергуються з ділянками мезоксерофітних трав'яних фітоценозів, що зумовлює не тільки строкатість рослинного покриву і багатство фіторізноманіття, але й значну напруженість конкурентних відносин між Лісом і Степом. Соснових лісів небагато і вони штучного походження.

Гологірське горбогір'я має важливе природоохоронне значення. Лучно-степова рослинність тут перебуває на північній межі поширення, тому наприкінці 70-х – на початку 80-х рр. ХХ ст. у регіоні було виділено низку ботанічних пам'яток природи місцевого значення, причому для охорони саме степових ділянок (Одноралов та ін., 1986). Зокрема, 02.10.1970 р. гора «Лиса» разом із горами «Сипуха» та «Стінка», схили яких були вкриті мезоксерофітними травами (тому й «лиса», бо безліса), були оголошені комплексною пам'яткою природи місцевого значення площею 84,3 га. Як комп-

лексні пам'ятки природи місцевого значення, були взяті під охорону також «Жулицька Гора», «Гора Макітра», «Підлиська або Гора Маркіяна Шашкевича», екстразональна степова рослинність яких відображала специфіку ландшафту Гологірського горбогір'я. У 1984 р. територію «Лисої Гори» було розширено доповненням ділянки прилеглих грабово-букових лісів, внаслідок чого площа цієї пам'ятки природи збільшилася до 283,0 га (Ляска, 2017). Оскільки охороні підлягали букові ліси, то відповідальною організацією за їх збереження було призначено Золочівське лісництво Золочівського держлісгоспу Львівського обласного управління лісового господарства. Указом президента України від 20.08.1996 р. № 715/96 «...з метою збереження унікальної у геоморфологічному відношенні території, вкритої високопродуктивними мішаними лісами з рідкісними угрупованнями бучин чагарникових» цьому об'єкту площею 283 га було надано статус «ботанічна пам'ятка природи державного значення “Лиса Гора і Гора Сипуха”».

Хоча офіційно під охорону було взято бучини чагарникові, але в описі рослинності ботанічної пам'ятки природи зазначено, що на її території представлені місцезростання таких видів трав, як *Lunaria rediviva* L. та *Orchis ustulata* L., які занесено до Червоної книги України. Тут росли також і такі рідкісні види рослин, як *Carlina onopordifolia* Bess. ex Szaf., Kulecz. et Pawl., *Pulsatilla grandis* Wend. та *Orchis militaris* L. Ці флористичні елементи свідчать, що пам'ятка природи фактично мала (і має!) подвійне призначення – охорону не лише бучин чагарникових, але й екстразональної лучно-степової рослинності та наявних тут локалітетів рідкісних представників флори Львівщини, що підтверджує значну соціологічну цінність об'єкта. Тому заростання деревами і кущами ділянок трав'яної рослинності на схилах гори Лисої є процесом небажаним, бо призводить до витіснення видів лучно-степової флори та їх угруповань, а також пов'язаних з ними рідкісних видів безхребетних.

Конкурентні відносини між травами, деревами і кущами ще більше загострилися після створення на вершині гори Лисої лісових культур *Pinus sylvestris*. Давня класична проблема «Ліс і Степ» тут стала проявлятися повною мірою. Активізація за останні десятиліття процесів спонтанного заліснення лучно-степових ділянок, особливо за участю алохтонної сосни, потребує фітосоціологічної інтерпретації цього явища і прийняття природоохоронних заходів для збереження трав'яної мезоксерофітної рослинності та комплексу угруповань безхребетних.

На формування рослинного покриву Гологір мали значний вплив і трансформаційні події минулих століть, зокрема військового характеру. Так, історичні джерела свідчать про ведення у далекому минулому на горі Лисій бойових дій (Ляска, 2017), що потребувало відкритого простору. Це підтверджує давність наявності тут оголених остепнених ділянок рослинності.

Зміни лучно-степової рослинності внаслідок заліснення. Верхня частина схилу ботанічної пам'ятки природи загальнодержавного значення «Лиса Гора та Гора Сипуха» вкрита лісовими культурами сосни, створеними наприкінці 70-х років ХХ ст. для припинення подальшого розмиву ґрунту. Лісорослинні умови ділянки – свіжі сугруди, потенційний тип лісу – грабова субучина. Про це свідчить наявність природного поновлення *Carpinus betulus* L. під наметом дерево-стану на північно-східному крутосхилі та перевага мегатрофів-мезофітів у сучасному трав'яному покриві. Тут ростуть *Corydalis cava* Schweigg. et. Korte., *Galanthus nivalis* L., *Anemone ranunculoides* L., *A. nemorosa* L., *Asarum europaeum* L., *Scilla bifolia* L., *Pulmonaria officinalis* Dumort. На сьогодні сосна інтенсивно насіннює, її насіння вітер заносить на трав'яні ділянки, де підріст сосни розташовується поодинокі та куртинами (до 2 тис. особин на 1 га). Вік соснового підросту – від одного року до 15 років, а висота окремих особин становить понад 2 метри.

Окремими смугами вздовж схилу сформувалися густі (зімкнутість намету – до 0,8) зарості *Corylus avellana* L., що спонтанно утворилися на згаріщах лучно-степової рослинності та на ділянках колишніх орних земель. У наземному покриві ліщинників переважає *Anemone nemorosa*, трапляється *Asarum europaeum*.

Безлісі схили зайняті трав'яними угрупованнями з домінуванням *Carex humilis* Leuss, *C. montana* L., *Brachipodium pinnatum* (L.) P. B., *Inula ensifolia* L. У формуванні трав'яного покриву беруть участь також *Festuca ovina* L., *Elytrigia intermedia* (Host.) Nevski, *Poa angustifolia* L., *Briza media* L., *Teucrium chamaedris* L. Трапляються також *Anthericum ramosum* L., *Festuca sulcata* Hack., *Helictotrichon pratense* (L.) Bess., *Koeleria gracilis* Pers., *Potentilla arenaria* Borkh., *Carlina cirsioides* Klok., *C. onopordifolia* Bess.). Із ранньоквітучих рослин відмічені *Pulsatilla latifolia* Rupr., *P. grandis* Wender, *Primula veris* L., *Adonis vernalis* L., *Daphne cneorum* L.

Потрібно зазначити, що створення лісових культур сосни загальмувало ерозійні процеси на схилах, але сосновий ліс став джерелом спонтанного заліснення прилеглих лучно-степових ділянок. Експансія сосни та ліщини призводить до посилення затінення й витіснення багатьох видів трав зі складу лучно-степових травостоїв. Питання сільватизації і збереження лучно-степової рослинності набуло особливої уваги після створення 11 лютого 2009 р. Національного природного парку «Північне Поділля», до якого включено більшість зазначених пам'яток природи з оселищами лучно-степової рослинності, в яких активно відбуваються трансформаційні процеси. Офіційно ж охороні на Лисій горі і надалі підлягають «...високопродуктивні мішані ліси з рідкісними угрупованнями бучин чагарникових».

Штучне заліснення вершини гори Лисої, а тим більше використання для цього сосни, неодноразово викликало заперечення ботаніків, які відстою-

вали важливість збереження саме лучно-степових ділянок. Не схвалюють заліснення сосною ділянок степової рослинності і багато вчених-екологів. Штучно впроваджена сосна не є компонентом природного біорізноманіття у ботанічній пам'ятці природи. До того ж питання автохтонності сосни на Поділлі, а особливо на сухих схилах високих горбів у Гологорах, і в історичному плані трактувалося неоднозначно.

Сосна на Поділлі перебуває на південній межі поширення, її природність у регіоні заперечувало багато дослідників в минулих століттях. Проте окремі відомі лісівники й ботаніки обстоювали тезу про природний характер поширення сосни у далекому минулому, допускали можливість збереження природних осередків цієї породи фактично до ХVІІІ століття. Тому питання – чи підлягає сосна охороні в пам'ятці природи «Лиса Гора і Гора Сипуха», як складовій НПП «Північне Поділля», чи спонтанне її розселення варто блокувати – потребує поглибленого розгляду хорологічної специфіки цієї породи, її походження і поширення на Поділлі в історичному аспекті.

*Історичні етапи досліджень ареалу сосни та її походження на Поділлі.* Походження і поширення *Pinus sylvestris* на Поділлі, зокрема проходження південної межі її ареалу, вивчало багато вчених, особливо у ХVІІІ-ХІХ століттях. Це питання порушено у багатьох публікаціях. Так, детальний історичний аналіз досліджень щодо походження і трапляння деревного виду у регіоні, специфіки його ареалу та розгляд господарського значення викладено у кандидатській дисертації В. П. Ковалишина «Сосна обыкновенная как быстрорастущая и перспективная порода в культурах Западного Подолья» (Ковалишин, 1971).

Автор розглядає декілька періодів, коли питання автохтонності чи алохтонності сосни у регіоні набувало особливої уваги. Це, зокрема, період до 1910 р., який умовно названо «австро-угорський», коли поширення сосни у регіоні та її природність досліджувала низка авторів (Holowkiewicz, 1890; Strzelecki, 1894; Sokolowski, 1901 та ін.). У період «польсько-український», а саме – впродовж 1910-1939 рр., поширення сосни та її походження на Поділлі вивчали українські й польські вчені (Szafer, 1910, 1935; Raciborski, 1911; Paczoski, 1913; Wierdak, 1925; 1927; Koczvara, 1925, 1928; Miklaszewski, 1928; Погребняк, 1931; Zajaczkowski, 1936; Gajewski, 1937). Період «радянський, повоєнний» – від 1945 р., представлений дослідженнями українських учених (Косець, 1947; Бухало, 1961; Бутейко, 1963, 1975). Дані про сучасні соснові і букові ліси на Поділлі наведено у низці робіт (Криницький, Попадинець, Бондаренко, Крамарець та ін., 2004; Бондаренко та ін., 2006 та ін.).

Особливу увагу давні дослідники приділяли встановленню південної межі поширення *Pinus sylvestris* на Поділлі. Границю ареалу деревного виду в Європі, зокрема його південну межу, проводили власне по Поділлі (Ковалишин, 1971). Так,



Ф. Кеппен (1885) межу суцільного поширення деревного виду проводив від східної межі Галичини серединою Волині, потім північною границею Київської області і серединою Чернігівщини, і далі – на північний схід. Південніше від цієї лінії сосна представлена лише островними осередками.

Південну границю сосни вчений узгоджував з ізотермою липня 22,5°, відзначаючи також збіг південної межі трапляння сосни з відомою геологічною межею, а саме – з південною граничною лінією поширення валунного лесового суглинку. Таку лінію провів В. В. Докучаєв (1883) північними схилами Галицько-Волинського плато, далі вона пролягала північною межею тодішніх Херсонської і Катеринославської областей України, потім – південною межею Курської і Воронежської губерній Росії. Цю межу Ф. Кеппен (1885) ототожнював із границею поширення льодовика, а островний характер трапляння *Pinus sylvestris* південніше цієї межі пов'язував із ґрунтово-кліматичними умовами, в яких не можуть рости інші деревні види.

Однак поширення сосни на Поділлі і її природність в історичному аспекті трактують неоднозначно. Зроблений В. П. Ковалишином (1971) детальний огляд літератури з цього питання свідчить, що більшість відомих тогочасних вчених дотримувались думки про спорадичний характер трапляння цієї породи в регіоні. Зокрема, Е. Holowkiewicz (1890) відзначав спорадичність поширення *Pinus sylvestris*; Ф. Кеппен (1885) зауважував, що цей вид зовсім не трапляється тут дикоросло. Н. Strzelecki (1894) констатував відсутність сосни на Подільській височині і зазначав, що вона рідко трапляється лише у західній частині Опілля, однак насаджень природного походження тут немає.

Відсутність дикорослої сосни на Поділлі відзначали також S. Sokolowski (1901) та J. Miklaszewski (1928), які вважали, що хвойні види не властиві для умов Поділля і можуть тут рости тільки у виняткових випадках, зокрема на «стінках» Подільських Товтр, біля їх підніжжя, де можуть сформуватись відповідні для сосни умови місцезростання. Н. Zapalowicz (1906-1911) також зазначав, що на всій території Поділля не росте «первобутня» сосна, а трапляється тут лише поодинокі, причому штучного походження. Існування у Медоборах хвойних лісочків штучного походження підтверджував W. Szafer (1910). На відсутність на Подільському плато дикорослої сосни вказував також М. Raciborski (1911).

Поряд з цим, деякі вчені дотримувалися протилежної думки. За В. П. Ковалишином (1971), до таких належав, насамперед, W. Koczwara (1925, 1928), який стверджував, що наявність на Поділлі таких видів, як *Dianthus caesius* Smith та *Vaccinium myrtillus* L. вказує на те, що колись хвойні тут росли природно. На думку W. Koczwara, цей аспект підтверджується також наявністю *Daphne sneorum* та *Coronilla coronata* L. у соснових лісах. На природність сосни у регіоні вказував також W. Gaewski (1937), який зазначав, що ізольовані подільські міс-

цезростання рослин соснових лісів є, поза сумнівом, слідами постгляціальних лісів Поділля.

Наявність островних місць виростання *Pinus sylvestris* природного походження на Опіллі відзначали також відомі й авторитетні польські дослідники (Wierdak, 1925, 1927; Kaminski, 1935; Zajaczkowski, 1936). Посилаючись на вказівки цих авторів, В. П. Ковалишин (1971) наводив дані, згідно з якими на західній межі Поділля, а саме біля с. Урмань, яке розташоване на північ від м. Бережани Тернопільської обл., у тридцятих роках ХХ ст. на площі до 60 га існував природний сосновий деревостан віком 150-180 років. Окремі дерева у цьому лісостані мали діаметр до 120 см (середній діаметр насадження – 32 см) і висоту до 30 м. У другому ярусі переважали *Fagus sylvatica* L., *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L., у підрості – *Pinus sylvestris*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Ulmus glabra* Huds., *Cerasus avium* (L.) Moench. Підлісок формували *Corylus avellana*, *Euonymus verrucosa* Scop., *Euonymus europaea* L., *Viburnum opulus* L., *V. lantana* L., *Swida alba* (L.) Opiz. Цей лісостан був розташований на південному схилі хребта, який опускався до лівого берега р. Золота Липа, і знаходився близько до південно-східної межі ареалу сосни звичайної.

На наявність на території Західного Поділля соснових субучин, причому як корінних, так і похідних деревостанів, вказувала О. І. Бутейко (1963, 1975). Такі ліси, трапляючись островцями, у минулому займали найвищі положення рельєфу – вершини хребтів, підвищення на плато і схилах, тобто місця із вологішим мікрокліматом і меншою амплітудою коливань температури повітря. У деревостанах панували *Pinus sylvestris* I бонітету, *Fagus sylvatica* I бонітету і *Carpinus betulus* II бонітету. Як супутні породи відзначено *Quercus robur*, *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *Populus tremula* L., *Ulmus carpiniifolia* Rupp. ex G. Suckow, *Cerasus avium*. Сучасні ж соснові ліси на Поділлі О. І. Бутейко (1963, 1975) розглядала як залишки колишніх великих масивів сосняків, які існували в регіоні у польодовиковий період.

Враховуючи таку різнобічність поглядів і неоднозначність тверджень щодо природності походження *Pinus sylvestris* на Поділлі, В. П. Ковалишин (1971) наголошував на необхідності розглядати це питання з урахуванням історії польодовикового розвитку рослинного покриву цього регіону. Зокрема, історичні аспекти змін рослинності Поділля у польодовиковий час добре вивчив W. Szafer (1935), який за результатами споропилкового аналізу торфовищ виділяв п'ять періодів розвитку рослинного покриву регіону. Узагальнені періоди В. П. Ковалишин (1971) охарактеризував так.

1. Початковий період (кінець плейстоцену і початок голоцену – від 14000-8000 років до н.е.) – завершення зледеніння у Польщі. На Поділлі – холодний континентальний клімат (як у холодному степу). *Pinus sylvestris* росла куртинами, були наявні також *Picea abies* (L.) Karsten, *Betula pendula* Roth.,

а на прирічковому алювії – зарості *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.

2. Етап появи теплолюбних порід (мезоліт, від 8000 до 6000 років до н.е.). Відбулося потепління клімату, виникли види роду *Ulmus*, і цей період є часом їхнього максимального розвитку. На Західне Поділля проникає *Quercus robur*, формуючи у степу перші острівки лісів.

3. Період панування теплолюбних дерев (неоліт, 6000-3000 років до н.е.). Клімат теплішає до термічного оптимуму, середня річна температура вища, ніж сучасна. Проте поки що переважають степові комплекси, які мають вигляд пакового степу. Поряд з *Quercus robur* поширюються також *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* L., *Corylus avellana*, *Cornus mas* L., *Staphyllea pinnata* L. *Pinus sylvestris* у цей час на Поділлі відсутня, вона відступає з регіону, як і *Picea abies*. На території Медоборів з'являється *Fagus sylvatica*, який проникає із південного заходу.

4. Період найвологішого клімату (бронзова епоха, 3000-800 років до н.е.). Клімат набуває лісових рис, на нагір'ях Поділля формуються букові ліси, граб домінує над дубом, утворюються угруповання Querceto-Carpinetum podolicum. Можливо, що в цей час на Поділлі росла *Abies alba* Mill., оскільки частка участі її пилку у пробах інколи буває значною – до 24%.

5. Період вторинної континентальності клімату (передісторичний та історичний час, від 800 років до н.е. і до сучасності). Клімат стає сухішим, висихають торфовища, зменшується частка участі пилку листяних порід, тоді як хвойних – збільшується, особливо *Pinus sylvestris*. Букові ліси відступають і зникають. Посилюється вплив людини на рослинний покрив.

Гіпотезу W. Szafer (1935) про те, що у п'ятому періоді на Поділлі, поруч із листяними, могли рости і хвойні ліси з переважанням *Pinus sylvestris*, підтримував W. Gaewski (1937). Ми також підтримуємо тезу про можливість існування фрагментів природних хвойних лісів на Поділлі на сьогодні, базуючись на результатах топонімичного аналізу наведеної В.П. Ковалишиним (1971) вказівки про наявність у минулому столітті хвойного лісу на березі р. Золота Липа полизу с. Урмань. Зокрема, стару церкву у цьому селі було збудовано у Прикарпатті і потім перевезено в село, датовано 1668 роком. Існують дані, що в 1626 р. село було поруйноване татарами. Писемні згадки про Урмань датовані 1385 р., саме ж село може бути значно древнішим, сягаючи корінням у ранні часи татаро-монгольської навали. Назва «урман» із тюркської перекладається як «хвойний ліс на заболочених ділянках рівнин чи вздовж річок». Так, назву «Урман» на сьогодні мають декілька сіл у Башкортостані та в Красноярському краї Росії. «Урман» – це також назва кількох тамтешніх річок. Саме цим терміном називають темнохвойний ліс (за участю ялиці, кедрової сосни, ялини) на прирічкових ділянках тайгової зони Західного Сибіру. Збереження єдиного в межах України топоніму «Урмань» за древнім селом на Терно-

польщині також може свідчити про наявність тут хвойного лісу у давні часи і його природне походження. Проте сучасні деревостани сосни на Поділлі мають вторинне походження.

Сучасне поширення сосни у Західному Поділлі. У сучасний період *Pinus sylvestris* на Поділлі не має значного поширення, а її деревостани мають антропогенне походження. Перші згадки про посадки сосни у регіоні датуються другою половиною XIX ст., коли такі роботи шляхом висіву насіння і висаджування саджанців уручну здійснювали у Борщівському й Чортківському районах (Ковалишин, 1971). На наявність старих лісових культур сосни в Медоборах вказували W. Szafer (1935), M. Zajaczkowski (1936), а також П.С. Погребняк (1931). Станом на 1971 р. були відомі лісові культури *Pinus sylvestris* у таких лісових дачах, як «Галілея» та «Росохач».

Однією із причин створення лісових культур сосни на Поділлі була цінність її деревини для будівництва, а також для отримання живиці. Деревину сосни легко обробляти, на відміну від твердолистяних порід, зокрема граба і бука, деревину яких в минулому використовували переважно як дрова на паливо. Сосну також використовували для закріплення оголених схилів, оскільки вона є породою світлолюбною і може рости на бідних сухих ґрунтах, зокрема й на вапнякових. Саме з такою метою було створено лісові культури *Pinus sylvestris* і на горі Лисій.

Про роль насаджень сосни звичайної у сучасному рослинному покриві Поділля, зокрема Західного, свідчать такі дані. Загальна площа лісів, сформованих цим деревним видом, становить 10567 га або ж 8,6% від площі вкритих лісовою рослинністю земель регіону. Більші площі займають лише дубові і букові ліси. Середній вік соснових лісостанів становить 49 років, більша частина яких має штучне походження. Сосна відзначається дуже добрим ростом, переважає клас бонітету – І,І (Бондаренко та ін., 2006; Криницький та ін., 2004). Таксаційний склад насаджень для Західноподільського лісокультурного округу має вигляд 6Дз1Бк1Гз1Сз0,5Ял0,5Яс (Дебринюк, 2003).

Вплив штучного й спонтанного заліснення на угруповання безхребетних. Спонтанне заліснення лучно-степових ділянок у межах ботанічної пам'ятки природи державного значення «Лиса Гора і Гора Сипуха» негативно впливає на збереження оселищ степової флори і рослинності та фауни безхребетних. Внаслідок сільватизації на г. Лисій зникають оселища багатьох видів комах, які фіксували тут у попередні періоди досліджень ентомофауни. Це підтверджує ретроспективне оцінювання змін їхніх ареалів. Остання потребує високого рівня вивченості регіональної фауни впродовж достатнього тривалого часу, що є характерним для небагатьох регіонів і таксономічних груп. Одним із таких регіонів є Гологірське горбогірне пасмо, де систематичні дослідження ентомофауни проводили ще з середини XIX століття. Невеликі перерви у дослі-

дженнях припали на дві світові війни та кілька десятиліть радянського періоду (приблизно 1960-1990 рр.). Проте після 90-х років вивчення ентомофауни регіону було продовжено. Особливо детально здійснюють дослідження на території НПП «Північне Поділля», до якого тепер належать колишні пам'ятки природи, в яких охороняється мезоксерофітна рослинність.

Негативний вплив заліснення оселищ лучно-степової рослинності на угруповання безхребетних простежується на прикладі результатів досліджень, які від 1995 р. здійснюють в ур. «Лиса Гора і Гора Сипуха», «Біла (Підлиська) Гора», «Макітра», «Говда» та деяких інших. При цьому дослідники акцентують увагу на таких індикаторних групах комах, як жуки-туруни (Coleoptera: Carabidae) та денні (булавовусі) метелики (Lepidoptera: Rhopalocera).

Потрібно зазначити, що рідкісні і ті, що зникають, види безхребетних дуже часто приурочені до локально поширених екстразональних та азональних екосистем, зокрема лучно-степових ділянок. Власне ці оселища тепер зазнають негативно, а місцями – й катастрофічного впливу штучного і спонтанного заліснення, випалювання трави, господарського освоєння (розорювання, забудова), а відтак – подальшого зменшення площі і фрагментації оселищ, що відбувається на тлі кліматичних змін з погано передбачуваними для біотичних угруповань наслідками.

Зокрема, рідкісний, тепер внесений до Червоної книги України (2009) східно-європейський лісостеповий вид жука-туруна *Carabus estreicheri* F.-W., траплявся в ур. Лиса гора (околиці сіл Вільшаниця і Червоне Золочівського р-ну) на ксеротермних виходах вапняків (Лазорко, 1938). Сучасними обстеженнями цей вид у зазначених локалітетах не виявлено, але віднайдено в інших, раніше відомих локалітетах на г. Макітра (околиці с. Гаї Дітковецькі Бродівського р-ну) і в околицях сіл Ясенів та Підгірці Бродівського району. Вид зберігся в оселищах, які не зазнали такого катастрофічного впливу сільватизації, як лучно-степова рослинність у ботанічній пам'ятці природи загальнодержавного значення «Лиса Гора та Гора Сипуха».

Східно-європейський лісостеповий вид *Carabus excellens* F. за давніми вказівками був звичайним на Північному Поділлі і на захід – до Розточчя (Lomnicki, 1890). На сьогодні його локалітети обмежені небагатьма оселищами лучно-степової рослинності у Гологоро-Вороняцькому пасмі, причому чисельність популяцій виду прогресивно зменшується.

Ще один східно-європейський степовий вид – *Carabus besseri* F.-W. у межах НПП «Північне Поділля» тепер трапляється виключно в ур. «Лиса Гора», дуже локально населяючи найбільш екстремальні ксеротермні степові ділянки, хоча раніше був значно чисельніший та відомий навіть в околицях м. Львова (Kuntze, 1932, 1936; Lomnicki, 1890).

Загалом, унаслідок штучного й спонтанного заліснення лучно-степових ділянок, зникає цілий ксе-

рофільний комплекс карабідофауни, зокрема такі види, як: *Carabus besseri*, *C. estreicheri*, *C. excellens*, *C. scabriusculus* Oliv., *C. violaceus andrzejusci* F.-W., *Poecilus sericeus* F.-W., *Pterostichus melas* Creutz., *Callistus lunatus* F. тощо. Натомість з'являються характерні лісові види – *Carabus coriaceus rugifer* Krtz., *C. glabratus* Payk., *Abax parallelipedus* Pill. et Mitt., *A. parallelus* Duft., *Pterostichus melanarius* Ill., *P. niger* Schall., *P. oblongopunctatus* F., *Harpalus latus* L. та ін.

Подібні зміни відбуваються й в угрупованнях денних метеликів, які особливо вразливі до змикання деревно-кущового ярусу на раніше «відкритих» лучно-болотних і лучно-степових оселищах (Рідкісні та зникаючі ..., 2013). Зокрема, досить звичайний у минулому на Розточчі, Опіллі та Малому Поліссі вид – *Colias myrmidone* Esp. (Hirschler, Romaniszyn, 1909; Romaniszyn, Schille, 1929) до кінця ХХ ст. зберігся, за нашими даними, лише на лучно-степових ділянках Гологоро-Вороняцького пасма (ур. «Біла гора» поблизу с. Підлисса; ур. «Лиса Гора і Гора Сипуха»). У липні 1998 р. в урочищі «Біла Гора» він був масовим, причому траплялися всі кольорові його форми. У наступні роки цей вид на Гологоро-Вороняцькому пасмі не реєстрували, а кількість відомих його популяцій за останні 20 років різко зменшилася в Україні загалом. Як і згадані вище види журунів, цей вид також належить до східно-європейського лісостепового комплексу.

Процеси сільватизації лісостепових біотопів вірогідно призвели й до зникнення звичайного в минулому європейсько-сибірського виду *Aporia crataegi* L. Ще відносно недавно його вважали «злісним шкідником» плодових культур (Загайкевич, 1958), але у 2004 р. ми виявили лише єдину локальну його популяцію в ур. «Біла гора», а в наступні роки вид уже ніде не траплявся.

Подібну тенденцію демонструють два рідкісні ксерофільні лучно-степові види синявців – *Polyommatus damon* D.-S. і *P. dorylas* D.-S. Перший був первинно дуже рідкісним і відомим лише з кількох локалітетів Західного Поділля (Гологори та Львівсько-Бережанське Опілля), а другий – локально поширеним на Розточчі, Західному Поділлі, у Вулканічних і Покутсько-Буковинських Карпатах (Hirschler, Romaniszyn, 1909; Romaniszyn, Schille, 1929). Одним із давніх локалітетів *P. damon* було вказано «Новосілки і Ляське (нині с. Червоне – прим. авт.) поблизу Золочева» (Romaniszyn, Schille, 1929), тобто, ур. «Лиса гора» і, можливо, деякі прилеглі до нього степові ділянки. Власне на Лисій горі ми вперше, після багаторічної перерви, виявили цей вид у 1995 р., реєстрували його там до 2009 р., після чого знахідок вже не було. Популяції *P. dorylas* також за останні 25 років значно зменшилися чисельно, проте й дотепер відзначаються у відомих раніше оселищах.

До рідкісних та тих, що зникають, метеликів регіону належать і такі характерні екотонні види, як *Argynnis laodice* Pall., *Melitaea phoebe* D.-S., *Glauc-*



*psyche alexis* Poda, котрі тепер взагалі перебувають під загрозою зникнення у Львівській області (Рідкісні та зникаючі..., 2013).

Загальний аналіз трендів зміни чисельності окремих біотопних груп денних метеликів у лучно-степових оселищах Гологоро-Вороняцького пасма за останні 25 років показав значне зменшення частоти трапляння екотонних мезофілів, степових ксерофілів і лучних гігрофілів, що, на нашу думку, зумовлено зміною просторової структури оселищ лучно-степової рослинності внаслідок їх заростання деревами й кущами та утворення ними зімкненого намету. При цьому за останнє десятиліття зникли три індикаторні види-маркери малопорушених екотонних оселищ (*Colias myrmidone*, *Argynnis laodice*, *Melitaea diamina* Lang) і єдиний вид – маркер унікальних лучно-степових оселищ *Polyommatus damon*.

**Природоохоронне оцінювання явища сільватизації оселищ лучно-степової рослинності у Гологорах.** Наведений вище історичний огляд літератури щодо природності *Pinus sylvestris* на Поділлі свідчить, що сучасні осередки соснових лісів тут мають вторинне походження. Наявність сосни на природоохоронних територіях у межах Гологірського горбогір'я не відповідає ні природоохоронній меті їх створення, ні природним типам лісових екосистем, а спонтанне розселення деревного виду по території призводить до деградації оселищ лучно-степової рослинності. Створюючи притінення, сосна витісняє лучно-степові види рослин, збіднює флористичне багатство природоохоронних об'єктів. Одночасно відбувається й зміна видового складу ентомофауни, збіднення видового різноманіття та випадання своєрідних еколого-біогеографічних комплексів безхребетних.

Така ситуація характерна і для колишньої ботанічної пам'ятки природи державного значення «Лиса Гора та Гора Сипуха», де відзначено інтенсивне заростання ділянок лучно-степової рослинності сосною та ліщиною. Заліснення відбувається у вигляді появи на трав'яних ділянках поодиноких особин і куртин сосни та кущів ліщини, а місцями формується зімкнутий деревно-кущовий покрив. Тому сільватизацію травостоїв на схилах розглядаємо як чинник негативний для збереження оселищ лучно-степової рослинності та їхнього біорізноманіття.

**Висновки.** Перебіг трансформаційних процесів у рослинному покриві природоохоронних об'єктів Гологірського горбогір'я в умовах заповідання підтверджує важливість застосування оселищної концепції збереження біорізноманітності. Аналіз спонтанного заліснення оселищ екстразональної лучно-степової рослинності на прикладі ботанічної пам'ятки природи державного значення «Лиса Гора і Гора Сипуха» свідчить про потребу застосування активної їх охорони. Результати досліджень потрібно розглядати як теоретичне підґрунтя практичної діяльності НПП «Північне Поділля» у напрямі збереження лучно-степової рослинності та фауни комах.

Потреба збереження первинної структури ксеромезофітних угруповань рослинності і безхребетних, їх просторової структури і видового складу, що не завжди забезпечується під час заповідання, свідчить про необхідність перегляду парадигми абсолютного заповідання, про важливість переходу на загальноєвропейські критерії охорони природи. Формування мережі природоохоронних об'єктів у Гологорах для охорони екстразональної лучно-степової рослинності та угруповань безхребетних, яке відбулося у 70-х роках ХХ ст., і вивчення стану їх збереженості та природоохоронне оцінювання змін має вагомое значення для практики охорони біорізноманіття як у межах національного природного парку, так і в регіоні Поділля загалом. Розвиток процесів заліснення оселищ мезоксерофітної рослинності, зокрема за участі сосни та ліщини, свідчить про посилення конкурентних відносин в угрупованнях екстразональної лучно-степової рослинності та потребу активного збереження біорізноманіття. Основним джерелом заліснення травостоїв у пам'ятці природи загальнодержавного значення «Лиса Гора та Гора Сипуха» є лісові культури сосни. Історичний огляд літератури щодо автохтонності цієї породи на Поділлі відображає як значну зацікавленість цим питанням у ХХ ст., так і розбіжність оцінок щодо її походження і поширення у регіоні. Сучасна участь сосни у рослинному покриві Поділля, зокрема Гологірського горбогір'я, є незначною.

Для збереження оселищ лучно-степової рослинності та угруповань безхребетних на горі Лисій потрібно вилучити самосів сосни й ліщини із ділянок мезоксерофітних трав. Такий захід треба застосувати і для інших природоохоронних територій у межах Гологірського горбогір'я, на яких збереглася й охороняється лучно-степова рослинність.

Аналіз сучасних змін видового складу жуків-турунів і денних метеликів у лучно-степових оселищах північно-західного Поділля також чітко відображає вплив двох основних чинників загрози різноманіттю їх угруповань, а саме – змін просторової структури оселищ унаслідок штучного й спонтанного заліснення та негативного впливу кліматичних змін. Тому вилучення самосіву сосни та кущів ліщини сприятиме також і збереженню оселищ рідкісних видів комах. Поряд з цим, наявні на «Лисій Горі та Горі Сипуха» лісові культури сосни відіграють фітомеліоративну роль, захищаючи верхів'я і схили цих підвищень від розмиву. Тому втручатися у подальший розвиток штучно створених сосняків доцільно лише з лісогосподарських позицій, застосовуючи необхідні протипожежні заходи їх локалізації для зменшення пожежної небезпеки. Вилучення самосіву сосни із ділянок трав'янистої рослинності зменшить також можливість переходу низових пожеж у верхові у разі загорання трави. Результати досліджень можуть бути використані у практичній діяльності НПП «Північне Поділля», зокрема щодо збереження оселищ лучно-степової рослинності.

## Список літератури

- Бондаренко В. Д., Криницький Г. Т., Крамарець В. О., Музика М. Я., Попадинець І. М., Оліяр Г. І. ... Чернявський М. В. (2006). Стратегія і тактика природоохоронної діяльності лісового заповідника (на прикладі природного заповідника «Медобори») / за ред. Г. Т. Криницького. Львів: Сполом. 408 с. [Bondarenko, V. D., Krynytsky, G. T., Kramarets, V. O., Musica, M. Ya., Popadynets, I. M., Oliyar, G. I. ... Chernyavsky, M. V. (2006). *Strategy and tactics of nature protection activities of the forest reserve (on the example of «Medobory» nature reserve)*. Lviv: Spolom] (in Ukrainian)
- Бутейко О. І. (1963). Соснові субучини, їх поширення і реставрація в західних областях УРСР. *Матеріали до вивчення природних ресурсів Поділля*. Тернопіль-Кременець, с. 43-45. [Buteyko, O. I. (1963). Pine-beech forests, their distribution and restoration in the western regions of the USSR. *Materials to the study natural resources of Podillya* (pp. 43-45). Ternopil-Kremenets] (in Ukrainian)
- Бутейко А. І. (1975). Сосново-букові ліси Запада Української ССР: автореф. ... канд. с.-х. наук: 06.093.03 / Львівський лесотехнічний інститут. Львів, 29 с. [Buteyko, A. I. (1975). Pine-beech forests of the West of Ukrainian SSR Abstract doctoral dissertation. Lviv Forestry Institute, Lviv, Ukraine] (in Ukrainian)
- Бухало М. О. (1961). Флора і рослинність Гологір. *Доповіді та повідомлення Львів. ун-ту*, 9, ч. 2, 115-118. [Bukhalo, M. O. (1961). Flora and vegetation of the Holohory range. *Reports and announcements of the Lviv University*, 9 (2), 115-118] (in Ukrainian)
- Вороб'єв Д. В. (1967). *Методика лесотипологічних досліджень*. Изд. 2-е., исправл. и дополн. Киев: Урожай, 383 с. [Vorobiev, D. V. (1967). *Methodology for forest typological research*. Edition 2., revised. and add. Kiev: Harvest] (in Russian)
- Горшенин Н. М., Швыденко А. И. (1977). *Лесоводство*. Львов: Вища школа, 304 с. [Gorshenin, N. M., & Shvydenko, A. I. (1977). *Forestry*. Lvov: High school] (in Russian)
- Гродзінський Д. М., Шеляг-Сосонко Ю. Р., Черевченко Т. М., Ємельянов І. Г., Собко В. Г., Лебеда А. П. (2001). *Проблеми збереження та відновлення біорізноманіття в Україні*. Київ: Видавничий дім «Академперіодика». 106 с. [Grodzinsky, D. M., Shelyag-Sosonko, Y. R., Cherevchenko, T. M., Yemelyanov, I. G., Sobko, V. G., & Lebeda, A. P. (2001). *Problems of the biodiversity conservation and restoration in Ukraine*. Kyiv: Akademperiodyka Publishing House] (in Ukrainian)
- Дебрюнюк Ю. М. (2003). *Лісокультурне районування Західного Лісостепу*. Львів: Камула [Debryniuk, Yu. (2003). *Forest zoning of the Western Forest-steppe of Ukraine*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Директива Ради 92/43/ЄС від 21 травня 1992 року (2012). Про збереження природних оселищ та видів природної фауни й флори (1992). У кн.: *Оселища концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу*. Ред. О. О. Кагало, Б. Г. Проць. Львів: ЗУКЦ. С. 29-39. [Council Directive 92/43 / EEU of May 21, 1992 (2012). On the conservation of natural habitats and species of natural fauna and flora (1992). In O. O. Kagalo, B. G. Prots (Ed.), *Habitat concept of biodiversity conservation: basic documents of EU* (pp. 29-39). Lviv, ZUKC] (in Ukrainian)
- Доброчаєва Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н., Барбарич А. И., Чопик В. И., Протопопова В. В. ... Орнст Э. Й. (1987). *Определитель высших растений Украины*. Киев: Наукова думка. 548 с. [Dobrochaeva, D. N., Kotov, M. I., Prokudin, Y. N., Barbarych, A. I., Chopik, V. I., Protopopova, V. V. ... Ornst E. Y. (1987). *Keys to higher plants of Ukraine*. Kiev: Scientific thought] (in Russian)
- Докучаев В. В. (1883). *Русский чернозем. Отчет Вольного экономического общества. С почвенной картой и 12 рисунками в тексте*. Санкт-Петербург, 376 с. [Dokuchaev, V. V. (1883). *Russian black soil*. Report of the Free Economical Society. With the soil map and 12 figures in the text. St. Petersburg] (in Russian)
- ДСТУ 4289:2004 (2005). *Якість ґрунту. Методи визначання органічної речовини*. Київ: Держспоживстандарт України, 18 с. [DSTU 4289:2004 (2005). *Soil quality. Methods for establishing organic speech*. Kyiv: Derzhspozhivstandart of Ukraine] (in Ukrainian)
- Дылис Н. В. (1974). *Программа и методика биогеоценологических исследований*. Москва: Наука. 404 с. [Dylis, I. V. (1974). *Program and methodology of biogeocenotic research*. Moscow: Science] (in Russian)
- Загайкевич І. К. (1958). *Комахи – шкідники деревних і чагарникових порід західних областей України*. Київ: Вид-во АН УРСР. 134 с. [Zagaykevich, I. K. (1958). *Insects – the pests of tree and shrub species in the western regions of Ukraine*. Kyiv: Publishers of Academy of Sciences of the USSR] (in Ukrainian)
- Кагало О. О., Крутлов І. С., Данилик І. М., Проць Б. Г., Реслер І. Я., Кіш Р. Я. (2012). Біотопи (оселища) України: наукові засади їх дослідження та практичні результати інвентаризації. *Методи інвентаризації оселищ і дослідження оселищної різноманітності (особливості підходів в Україні)*: матеріали робочого семінару (м. Київ, 21-22 березня 2012 р.). Київ-Львів, 2012. С. 37-43. [Kagalo, O. O., Kruglov, I. S., Danylyk, I. M., Prots, B. G., Resler, I. Ya., & Kish, R. Ya. (2012). Biotopes (habitats) of Ukraine: scientific principles of research and practical results of inventory. In *Methods of the habitats inventory and research of habitat diversity (features of approaches in Ukraine)*, 37-43. Kyiv-Lviv, Ukraine] (in Ukrainian)
- Канарський Ю. (2006). Про методику обліків і розрахунку чисельності денних лускокрилих. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*, 41, 63-70. [Kanarsky, Yu. (2006). To the methods of calculation and numbers account of the butterfly population for an aims of ecological; research. *Bulletin of L'viv University. Biology Series*, 41, 63-70] (in Ukrainian)



- Канарський Ю. В. (2007). *Визначник денних метеликів західних регіонів України: Lepidoptera: Zygaenidae, Hesperioidea, Papilionoidea*. Львів: Манускрипт. 112 с. [Kanarsky, Yu. (2007). *Determination keys to the butterflies of the western regions of Ukraine: Lepidoptera: Zygaenidae, Hesperioidea, Papilionoidea*. Lviv: Manuscript] (in Ukrainian)
- Кеппен Ф. (1885). Географическое распространение хвойных деревьев в Европейской России и на Кавказе. (С приложением, содержащим опыт разделения Европейской России на древеснорастительные области). Санкт-Петербург: *Записки Императорской Академии наук. Приложение к т. 50, № 4*. С. 634. [Keppen F. (1885) Geographical distribution of conifers in European Russia and the Caucasus. With an appendix containing the experience of dividing European Russia into forest vegetation regions. St. Petersburg: *Notes of Imp. Academy of Sciences. Appendix to v. 50, N. 4*, 634] (in Russian)
- Ковалишин В. П. (1971). Сосна обыкновенная как быстрорастущая и перспективная порода в культурах Западного Подолья: дис. ... канд. с.-х. наук. Львовский сельскохозяйственный ин-т. Львов, 305 с. [Kovalyshyn, V.P. (1971). *Common Pine as a fast-growing and promising species in the cultures of West Podolia*. Doctoral dissertation, Lviv Agricultural Institute, Lviv, Ukraine] (in Russian)
- Корчагин А. А. (1976). *Строение растительных сообществ. Полевая геоботаника*. Т. 5. Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 320 с. [Korchagin, A.A. (1976). *The structure of plant communities. Field geobotany*. Vol. 5. Leningrad: Science, Leningrad branch] (in Russian)
- Косець М. І. (1947). Букові ліси Західного Поділля. *Ботанічний журнал АН УРСР*, IV(3-4), 101-114. [Kosets, M.I. (1947). Beech forests of West Podillya. *Botany magazine Academy of Sciences USSR*, IV(3-4), 101-114] (in Ukrainian)
- Краснитский А. М., Сошнин Г. П. (1984). Внедрение деревьев и кустарников на некосимых участках Центрально-Черноземного заповедника. *Бюлл. Моск. о-ва испыт. природы. Отд. биол.* Т. 89, вып. 2. С. 88-97. [Krasnitsky, A.M., & Soshnin, G.P. (1984). The introduction of trees and shrubs in the un-mown parcels of Central Chernozem nature reserve. *Bulletin Moscow Society of Nature Investigators. Section of Biology*, 89(2), 88-97] (in Russian)
- Криницький Г. Т., Попадинець І. М., Бондаренко В. Д., Крамарець В. О. (2004). *Букові ліси Західного Поділля*. Тернопіль: Укрмедкнига. 168 с. [Krynitsky, G.T., Popadynets, I.M., Bondarenko, V.D., & Kramarets, V.O. (2004). *Beech forests of West Podillya*. Ternopil: Ukrmedknyha] (in Ukrainian)
- Лазорко В. (1938). Фауна хрущів Лисої гори в Золочівському повіті. Львів: *Збірник Фізіограф. Комісії*, 7, 3-11. [Lazorko, V. (1938). The beetle fauna of Lysa Hora IN Zolochiv county. *Digest of Physiographical Commission*, 7, 3-11] (in Ukrainian)
- Ляска В. (2017). Лиса гора на Голих Горах. Отримано з Zbruc.eu/node/70905. [Lyaska, V. (2017). Bald mountain on the Bare Mountains. Retrieved from Zbruc.eu/node/70905] (in Ukrainian)
- Морозов Г. Ф. (1926). *Учение о лесе*. Изд. третье. Ленинград: Гос. изд-во, 368 с. [Morozov, G.F. (1926). *The doctrine of the Forest*. Third ed. Leningrad: State Publishers] (in Russian)
- Одноралов В. С., Давидок В. П., Божко О. П., Олещенко В. І., Федоренко А. П., Фещенко П. І., ... Липа О. Л. (1986). *Природно-заповідний фонд Української РСР. Реєстр-довідник заповідних об'єктів / за ред. М. А. Воїнственського*. Київ, Урожай. 224 с. [Odnoralov, V.S., Davidok, V.P., Bozhko, O.P., Oleshchenko, V.I., Fedorenko, A.P., Feshchenko, P.I., ... Lipa, O.L. (1986). *Nature Reserve Fund of Ukrainian SSR. Directory register of protected areas*. (Ed.) M.A. Voinstvensky. Kyiv: Urozhai] (in Ukrainian)
- Оселишна концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу (2012). Ред. О. О. Кагало, Б. Г. Проць. Львів: ЗУКЦ. 278 с. [Habitat concept of biodiversity conservation: basic documents of the European Union (2012). O.O. Kagalo, & B.G. Prots (Eds). Lviv: ZUKC] (in Ukrainian)
- Погребняк П. С. (1931). Лісорослинні умови Поділля. *Праці Всесоюз. науково-досл. ін-ту лісового госп-ва та агролісомеліорації*, 10, 5-120. [Pogrebnyak, P.S. (1931). Forest vegetation conditions of Podillya. *Proceedings of the Whole-Union scientific research Institute of Forestry and Agriforestry*, 10, 5-120] (in Ukrainian)
- Почвоведение (1975). Изд. 2-е, перераб и доп. / под ред. И. С. Кауричева. Москва: Колос. 496 с. [Soil Science (1975). 2nd edition, revised and enlarged / I.S. Kaurichev (Ed.). Moscow: Kolos] (in Russian)
- П'ятківський І. (2003). Сучасний стан мережі природно-заповідного фонду та перспективи її розвитку в Тернопільській області. *Роль природно-заповідних територій Західного Поділля та Юри Ойцувської у збереженні біологічного та ландшафтного різноманіття: зб. наук. праць*. Гримайлів. С. 87-94. [Pyatkivsky, I. (2003). A present state of the protected areas network and perspectives of its development in Ternopil' region. *Role of protected areas of West Podillia and Jura Ojcowaska in the biological and landscape diversity conservation: scientific works collection*. Hrymailiv, 97-94] (in Ukrainian)
- Рідкісні та зникаючі види тварин Львівської області (2013). Ред. А.-Т. В. Башта, Ю. В. Канарський, М. П. Козловський. Львів: Ліга-Прес. 224 с. [Rare and threatened animal species of the L'viv region (2013). Bashta, A.-T., Yu. Kanarsky, M. Kozlovsky (Eds). Lviv, Ukraine: Liga-Press] (in Ukrainian)
- Самарин В. Ф. (1982). Об устойчивости степных фитоценозов в условиях заповедности. *Охрана растительных сообществ редких и находящихся под угрозой исчезновения экосистем: материалы I Всесоюз. конф. по охране редких растительных сообществ (Москва, 19 октября – 2 ноября 1981 г.)*. Москва, 1982. С. 61-63. [Samarin, V.F. (1982). On the resistance of steppe phytocenoses in the conservation con-

- ditions. *Protection of plant communities of the rare and tendangered ecosystems*: proceedings of the I All-Union conf. on the protection of rare plant communities. Moscow, 61-63] (in Russian)
- Семенова-Тян-Шанская А. М. (1982). Режим охраны травяных растительных сообществ. *Охрана растительных сообществ редких и находящихся под угрозой исчезновения экосистем*: материалы I Всесоюз. конф. по охране редких растительных сообществ (Москва, 19 октября – 2 ноября 1981 г.). Москва, 1982. С. 29-30. [Semenova-Tyan-Shanskaya, A.M. (1982). Protection regime for the grassland plant communities. *Protection of plant communities of the rare and endangered ecosystems*: proceedings of the I All-Union conf. on the protection of rare plant communities. Moscow, 29-30] (in Russian)
- Ткаченко В. С. (2004). *Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику*. Київ: Фітосоціоцентр. 184 с. [Tkachenko, V.S. (2004). *Phytocoenotic monitoring of reservation successions in the Ukrainian steppe nature reserve*. Kyiv: Phytosociocenter] (in Ukrainian)
- Фасулати К. К. (1971). Полевое изучение наземных беспозвоночных. Москва: Высшая школа. 424 с. [Fasulati, K.K. (1971). *The field studies of terrestrial invertebrates*. Moscow: High school] (in Russian)
- Штильмарк Ф. Р. (1981). Принципы заповедности (теоретические, правовые и практические аспекты). *Географическое размещение заповедников в РСФСР и организация их деятельности: сборник научн. трудов*. Москва: ЦНИЛ Главохоты РСФСР. С. 60-76. [Shtilmark, F.R. (1981). Principles of the nature conservation (theoretical, legal and practical aspects). *Geographical location of the nature reserves in the RSFSR and organization of their activities. Collection of scientific works*. Moscow: Glavokhota Central Scientific Research Laboratory of the RSFSR. pp. 60-76] (in Russian)
- Штильмарк Ф. Р. (1985). Определение и смысл заповедности. *Организация заповедного дела*. Алма-Ата: Кайнар. С. 35-36. [Shtilmark, F.R. (1985). Definition and sense of the nature conservation. In *Organization of the nature reserve management* (pp. 35-36). Alma-Ata: Kainar] (in Russian)
- Ященко П. Т. (2010). Активна охорона фітосистем – становлення концепції і результати застосування у природоохоронних об'єктах. *Природно-заповідний фонд України – минуле, сьогодення, майбутнє*: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю природного заповідника «Медобори» (смт. Гримайлів, 26-28 травня 2010 р.). Тернопіль: Підручники і посібники. С. 108-113. [Yashchenko, P.T. (2010). Active protection of phytosystems – formation of the concept and results of its application in the nature protected areas. *Nature Reserve Fund of Ukraine – Past, Present, Future*, 108-113. Ternopil, Ukraine: Textbooks and manuals] (in Ukrainian)
- Davies, C.E., Moss, D., & O'Hill, M. (2004). EUNIS habitat classification revised 2004. *Europeean Environment Agency. European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity*. Retrieved from [http://eunis.eea.europa.eu/upload/EUNIS\\_2004\\_report.pdf](http://eunis.eea.europa.eu/upload/EUNIS_2004_report.pdf)
- Freude, H., Harde K.-W., Lohse G. A., & Klausnitzer B. (2004). Die Käfer Mitteleuropas. Band 2. Adephega 1. Carabidae (Laufkäfer). 2. (erweiterte) Auflage. Spectrum, Heidelberg [Freude, H., Harde K.-W., Lohse G.A., & Klausnitzer B. (2004). The beetles of Central Europe. Volume 2. Adephega 1. Carabidae (ground beetles). 2nd (extended) edition. Spectrum, Heidelberg] (in Germany)
- Gaewski W. (1937). Elementy flory polskiego Podola. *Warszawa. Planta Polonica*, 5, 211 s. [Gaewski, W. (1937). Elements of the flora of Polish Podolia. *Warsaw. Planta Polonica*, 5] (in Polish)
- Hirschler J., Romaniszyn J. (1909) Motyle większe z okolic Lwowa. *Spr. Kom. Fiz. P.A.U.*, 43, 80-151. [Hirschler, J., & Romaniszyn, J. (1909). Butterflies and larger moths from the vicinity of Lviv. *Proceedings of Physiological Comission P.A.U.*, 43, 80-151] (in Polish)
- Hołowkiewicz E. (1890). Las na Podolu. *Sylvan*, 8, S. 2-11. [Hołowkiewicz, E. (1890). Forest in the Podolia. *Sylvan*, 8, 2-11] (in Polish)
- Kaminski R. (1935). Kilka uwag o gospodarce leśnej na terenie Województwa Tarnopolskiego. *Sylvan*, 53 (4), 159-174. [Kaminski, R. (1935). A few remarks on forest management in the Tarnopol Province. *Sylvan*, 53 (4), 159-174] (in Polish)
- Koczwarą W. (1925). Granice florystyczne Podola. *Kosmos*, 50, 1285-1322. [Koczwarą, W. (1925). Floristic boundaries of the Podolia. *Kosmos*, 50, 1285-1322] (in Polish)
- Koczwarą W. (1928). Z badan pylkowych nad torfowiskani Podola. *Kosmos*, A, 53, 109-120. [Koczwarą, W. (1928). From the pollen research upon the peat bogs of Podolia. *Kosmos*, A, 53, 109-120] (in Polish)
- Kudrna O., Pennerstorfer J. & Lux K. (2015). *Distribution Atlas of European Butterflies and Skippers*. Schwanfeld: Wissenschaftlicher Verlag Peks i K.
- Kuntze R. (1932). Wyniki badan nad fauna Chrzęszczy Podola w latach 1930/32. *Kosmos*, 57(1-4), 257-265. [Kuntze, R. (1932). The results of research upon the fauna of Podolian beetles in 1930/32. *Kosmos*, 57(1-4), 257-265] (in Polish)
- Kuntze R. (1936). Charakterystyka faunistyczna Łysej Góry pod Lackiem w powiecie zloczowskim. *Prace Komisji dla badań krawędzi Podola Nr. 7. Kosmos*, A, 61. S. 109-136. [Kuntze, R. (1936). Faunistical characteristics of the Lysa Gora site about Lackie in Zloczow county. Works of the Comission of investigations on the Podolian escarp No 7. *Kosmos*, A, 61, 109-136] (in Polish)
- Lóbl, I., & Smetana A. (2003). *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. Volume 1. Archostemata – Myxophaga – Adephega. Apollo Books, Stenstrup
- Łomnicki M. (1890). Fauna Lwowa i okolicy. 1. Chrzęszcze (Coleoptera). Cz. 1. *Sprawozdanie Komisji Fizyjograficznej, Kraków*, 25, 141-217.



- [Łomnicki, M. (1890). Fauna of Lwow and vicinity. I. Beetles (Coleoptera). Pt. I. *Proceedings of Physiographical Commission, Krakow, 25*, 141-217] (in Polish)
- Miklaszewski J. (1928). Lasy i lesnictwo w Polsce. Warszawa. 629 s. [Miklaszewski, J. (1928). *Forests and forestry in Poland*. Warsaw] (in Polish)
- Paczoski J. (1913). Wycieczka botaniczna na Podolie. *Kosmos, A, 38*, 1184-1220. [Paczoski, J. (1913). A botanical journey into Podolia. *Kosmos, A, 38*, 1184-1220] (in Polish)
- Raciborski M. (1911). O sosnie (*Pinus sylvestris* L.) w Polsce. *Kosmos, 36*, 321-329. [Raciborski, M. (1911). About Common Pine (*Pinus sylvestris* L.) in Poland. *Kosmos, 36*, 321-329] (in Polish)
- Romaniszyn J., Schiller F. (1929). Fauna motyli Polski (Fauna Lepidoptera Poloniae). T. 1. *Prace monograficzne Kom. fiziogr. PAU. T. 6*. Krakow. 552 s. [Romaniszyn, J., & Schiller, F. (1929). The Lepidoptera fauna of Poland (Fauna Lepidoptera Poloniae). The monographs of Kom. fiziogr. PAU. Vol. 6. Krakow] (in Polish)
- Sokolowski St. (1901). Z lasow podolskich. *Sylwan, 18*, 1-11; 39-47. [Sokolowski, St. (1901). From the Podolian forests. *Sylwan, 18*, 1-11; 39-47] (in Polish)
- Strzelecki H. (1894). O przyrodzonym rozszedleniu drzew lesnych w Galicji. *Sylwan, 12*. S. 295-306. [Strzelecki, H. (1894). About the natural distribution of forest trees in Galicia. *Sylwan, 12*, 295-306] (in Polish)
- Szafer W. (1910). Geobotaniczne stosunki Miodoborow galicyjskich. *Rozpr. wyd. mat.-przyrodn. Pol. Akad. Um. Krakow, 50*, 163-172. [Szafer, W. (1910). Geobotanical relations of Galician Miodoborow. *Proceedings of the mathematics-natural sciences department, Polish Academy of Sciences, Krakow, 50*, 163-172] (in Polish)
- Szafer W. (1935). Las i step na Zachodnim Podolu. *Rozpr. wydzialu mat.-przyrodn Pol. Akad. Um. Krakow, 71, B.2*, 1-123. [Szafer, W. (1935). Forest and steppe in West Podolia. *Proceedings of the mathematics-natural sciences department, Polish Academy of Sciences, Krakow, 71, B. 2*, 1-123] (in Polish)
- Wierdak Z. (1925). O rozszedleniu niekorych naszych drzew i krzewow. *Sylwan, B.42*, 245-260. [Wierdak, Z. (1925). About the distribution of some of our trees and shrubs. *Sylwan, B.42*, 245-260] (in Polish)
- Wierdak Z. (1927). O kresowych stanowiskach naszych drzew. *Sylwan, 45(2)*, 103-1145. [Wierdak, Z. (1927). About the positions of our trees in the borderlands. *Sylwan, 45 (2)*, 103-145] (in Polish)
- Zajaczkowski M. (1936). O poludniowej granicy zasięgu sosny pospolitej w Polsce i o występowaniu reliktovej sosny w Karpatach Polskich. Krakow, *PAU*. 52 s. [Zajaczkowski, M. (1936). *About the southern border of Common pine's range in Poland and the occurrence of relict pine in the Polish Carpathians*. Krakow: Polish Academy of Sciences] (in Polish)
- Zapałowicz H. (1906-1911). Krzytyczny przegląd roślinności Galicji. *Conspectus florum Galicie criticus. Rozpr. Wydz. mat.-przyrod. Pol. Acad. Um. Krakow. T. 1-3*. 296 s.; 311 s.; 246 s. [Zapałowicz, H. (1906-1911).

Critical overview of vegetation of the Galizia. *Conspectus florum Galicie criticus. Proceedings of the mathematics-natural Sciences department, Polish Academy of Sciences, Vol. 1-3*. 296 p.; 311 p.; 246 p.] (in Polish).

### **Afforestation of meadow-steppe and invertebrates' habitats in the nature protected areas of Hologory hilly range (environmental assessment of the phenomenon)**

P. Yashchenko<sup>1</sup>, Yu. Kanarsky<sup>2</sup>, I. Shpakivska<sup>3</sup>

In recent decades, Ukraine has been revising the paradigm of absolute conservation and applying the transition to habitual principles of biodiversity conservation. This is due to the fact that the use of only the protected regime for the preservation of rarities of flora and rare plant communities does not ensure the complete preservation of their original composition and structure. This situation is typical for the nature protection objects of the Hologory hills, where the areas of extra-zonal meadow-steppe grassland vegetation have been preserved as habitats for rare species of plants and insects.

The article describes the natural features of the Hologir, highlights the history of the establishing of environmental facilities in the region. It is pointed that the botanical natural monument of state importance "Lysa Hora & Hora Sypukha" with an area of 283 ha was established for the protection of beech shrub woodland. But the official description of the vegetation of this object states that the types of grasses listed in the Red Data Book of Ukraine grow in the steppe areas within its boundaries. This link shows that the natural monument actually had a small purpose – to preserve not only shrub woodland, but also meadow-steppe vegetation with rare species of flora and fauna of Ukraine, which confirms the significant zoological

<sup>1</sup> Pavlo Yashchenko – Corresponding Member of the Forest Academy of Sciences of Ukraine, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Department of Ecosystemology of the Institute of Ecology of the Carpathians, National Academy of Sciences of Ukraine, 4 Kozelnitska str., Lviv, 79026, Ukraine. Tel.: +38-097-344-74-82. E-mail: ecoinst08@ukr.net. E-mail: home@mail.lviv.ua ORCID: 0000-0002-9246-9978

<sup>2</sup> Yurii Kanarsky – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Department of Ecosystemology of the Institute of Ecology of the Carpathians, National Academy of Sciences of Ukraine, 4 Kozelnitska str., Lviv, 79026, Ukraine. Tel.: +38-067-602-51-22. E-mail: ykanarsky@gmail.com ORCID: 0000-0002-8426-3072

<sup>3</sup> Irina Shpakivska – Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Head of the Department of Ecosystemology of the Institute of Ecology of the Carpathians, National Academy of Sciences of Ukraine, 4 Kozelnitska str., Lviv, 79026, Ukraine. Tel.: +38-050-519-39-51. E-mail: ishpakivska@ukr.net ORCID: 0000-0002-5152-6083

value of the object. However, the artificial afforestation of the top of Lysa Hora with Common pine and Banks pine and their subsequent spontaneous settlement in steppe areas has a negative effect on the preservation of grass vegetation and some Invertebrata communities. An analysis of the literature on the distribution of Common pine in Podillya in the past reflects the divergence of scholars' views on its autochthony. The impact of afforestation (silvatization) on the meadow-steppe vegetation and invertebrates has been characterized from a conservation standpoint. It is concluded that the presence of pine in Hologory nature reserves does not meet the purpose of their creation, and the spontaneous expansion of this species leads to degradation of habitats of meadow-steppe vegetation and groups of insects that are subject to protection. As a result of artificial and spontaneous afforestation of meadow-steppe areas, the whole xerophilous complex of the Carabidae fauna disappears. The general analysis of trends in the number of habitat groups of butterflies in meadow-steppe habitats Holohir over the past 25 years has shown a significant decrease in the frequency of ecotone mesophiles, steppe xerophiles and meadow hygrophiles. It is expedient to apply active preservation of mesoxerophytic herbaceous groups and groups of invertebrates by regular removal of pine and hazel self-seeding from their habitats.

**Key words:** paradigm; botanical monuments of nature; xeromesophytic herbaceous communities; planted pine forest; spontaneous afforestation of slopes; rare species of plants and insects.

### **Сильватизация местообитаний лугово-степной растительности и беспозвоночных в природоохранных объектах Гологорского холмогорья (природоохранная оценка явления)**

П. Т. Яценко<sup>1</sup>, Ю. В. Канарский<sup>2</sup>,  
И. М. Шпакивская<sup>3</sup>

В последние десятилетия в Украине пересматривается парадигма абсолютной заповедности и осуществляется переход к охране местообитаний (габитатов) для сбережения биоразнообразия. Это обусловлено тем, что применение только заповедного режима для сохранения раритетов флоры и фауны, редкостных растительных сообществ не обеспечивает полного сбережения их первоначального состава и структуры. Такая ситуация характерна для природоохранных объектов в пределах Гологорского холмогорья, где сохранились участки экстремальной лугово-степной растительности как местообитания редкостных видов растений и насекомых. В статье охарактеризованы природные особенности Гологор, отражена история создания в этом регионе природоохранных объектов. Отмечено, что ботанический памятник природы государственно-

го значения «Лысая Гора и Гора Сипуха» площадью 283 га был создан для охраны бучин кустарниковых. Но в официальном описании растительности этого объекта указано, что на степных участках в его пределах растут виды трав, занесенные в Красную книгу Украины. Эта ссылка свидетельствует, что памятник природы фактически имел и имеет двойную цель – сохранение не только бучин кустарниковых, но и лугово-степной растительности с редкостными представителями флоры и фауны Украины, что подтверждает значительную эволюционную ценность объекта. Однако искусственное облесение верховий горы Лысой сосной обыкновенной и сосной Банкса, дальнейшее спонтанное их расселение на степные участки негативно сказывается на сохранении травяной растительности и группировок беспозвоночных. Анализ литературы по распространению сосны на Подолье в прошлом свидетельствует о расхождении взглядов ученых на ее автохтонность. Влияние облесения (сильватизации) местообитаний лугово-степной растительности и беспозвоночных рассмотрено с природоохранной позиции. Сделан вывод, что наличие сосны в природоохранных объектах Гологор не соответствует цели их создания, а спонтанное расселение этой породы приводит к деградации местообитаний лугово-степной растительности и группировок насекомых, подлежащих охране. В результате исчезает целый ксерофильный комплекс карабидофауны. Общий анализ трендов изменения численности отдельных биотопических групп дневных бабочек в лугово-степных местообитаниях Гологор за последние 25 лет показал значительное уменьшение частоты встречаемости экотонных мезофиллов, степных ксерофилов и луговых гигрофилов. Необходимо активное сохранение мезоксерофитных травостоев и группировок беспозвоночных путем регулярного изъятия из их местообитаний самосева сосны и лещины.

**Ключевые слова:** парадигма; ботанические памятники природы; ксеромезофитные травяные группировки; лесные культуры сосны; спонтанное облесение склонов; редкостные виды растений и насекомых.

<sup>1</sup> Яценко Павел Тихонович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник отдела экосистемологии Института экологии Карпат НАН Украины, ул. Козельницкая, 4, г. Львов, 79026, Украина. Тел.: +38-097-344-74-82. E-mail: ecoinst08@ukr.net. E-mail: home@mail.lviv.ua ORCID: 0000-0002-9246-99782

<sup>2</sup> Канарский Юрий Васильевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экосистемологии Института экологии Карпат НАН Украины, ул. Козельницкая, 4, г. Львов, 79026, Украина. Тел. : +38-067-602-51-22. E-mail: ykanarsky@gmail.com ORCID: 0000-0002-8426-30723

<sup>3</sup> Шпакивская Ирина Мироновна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующая отделом экосистемологии Института экологии Карпат НАН Украины, ул. Козельницкая, 4, г. Львов, 79026, Украина. Тел.: +38-050-519-39-51. E-mail: ishpakivska@ukr.net ORCID: 0000-0002-5152-6083

## 2. ЛІСОЗНАВСТВО ТА ЛІСІВНИЦТВО



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412103>  
Article received 2021.03.10  
Article accepted 2021.06.10

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

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

УДК 630\*181.9

### Особливості природного поновлення у букових деревостанах Українських Карпат

В. В. Лавний<sup>1</sup>, В. Г. Мазепа<sup>2</sup>, І. Ф. Шишканинець<sup>3</sup>, М. В. Заяць<sup>4</sup>

Вивчено особливості природного поновлення деревних порід в експлуатаційних букових лісах та в букових пралісах. Досліджено чисельність самосіву та підросту бука залежно від віку, повноти деревостану та розмірів просвітів («вікон») у наметі деревостану. Об'єктами досліджень були букові лісостани (> 60 років) у ДП «Воловецьке ЛГ» та ДП «Свялявське ЛГ», а також букові праліси Ужанського національного природного парку Закарпатської області. Успішність природного поновлення у букових деревостанах гірських лісів Українських Карпат залежить від лісівничо-таксаційних показників деревостану – його віку, повноти та освітленості під наметом деревостану. У експлуатаційних букових лісостанах кількість самосіву і підросту *Fagus sylvatica* L. збільшується з їх віком. Найбільша кількість підросту бука під наметом деревостанів у середньому становить 6,2 тис. шт./га у віці 101-140 років. У низькоповнотних деревостанах експлуатаційних лісів чисельність підросту бука є найбільшою і в середньому становить 12 тис. шт./га.

У букових пралісах добре природне поновлення деревних порід формується у «вікнах» намету деревостану. Кількість самосіву і підросту деревних порід зростає зі збільшенням розмірів просвітів у наметі і досягає у найбільших за площею «вікнах» 72,3 тис. шт./га. Частка *Fagus sylvatica* у складі підросту в окремих «вікнах» змінюється в межах 6,2-98,7%. Підріст бука переважає у 44% досліджених «вікон»; у 39% «вікон» переважає підріст клена-явора, у 9% – клена гостролистого; на 4% «вікон» спільно домінують бук лісовий і клен-явір.

У підрості букових пралісів за висотою переважає дрібна фракція (заввишки менше 50 см), частка якої в окремих «вікнах» змінюється від 13,5 до 94,0% від загальної його кількості. У складі дрібного підросту майже на половині пробних площ переважає клен-явір, кількість якого в окремих «вікнах» намету досягає

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

<sup>2</sup> Мазепа Василь Григорович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-788-45-10. E-mail: vasyli.mazepa@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2149-3409>

<sup>3</sup> Шишканинець Іван Феодорович – кандидат сільськогосподарських наук, заступник директора з наукової роботи. Національний природний парк «Зачарований край», вул. Партизанська, б/н, с. Ільниця, Іршавський р-н, Закарпатська обл., 90130, Україна. Тел.: +38-066-033-97-65. E-mail: schif@ukr.net

<sup>4</sup> Заяць Марина Василівна – заступник директора. Ужанський національний природний парк, вул. Незалежності, 7, смт. Великий Березний, Закарпатська обл., 89000, Україна. Тел.: +38-068-286-70-85. E-mail: marunkaza@gmail.com



50 тис. шт./га. Найбільше відпадання підросту спостерігається у дрібній фракції, що призводить до переважання бука у складі підросту більшої висоти.

У деревостанах вологої чистої бучини переважає підріст бука, клена-явора та клена гостролистого. У вологій ялицевій бучині кількість підросту бука лісового і клена-явора є однаковою, а також трапляється достатня кількість підросту ялиці білої. Наявна кількість підросту головних деревних видів в умовах чистої та ялицевої бучин є достатньою для формування корінних деревостанів у цих типах лісу.

**Ключові слова:** букові праліси; самосів; підріст; тип лісу; склад підросту; лісознавство.

**Вступ.** Лісові масиви з переважанням *Fagus sylvatica* L. в Україні займають 8% площі лісового фонду (Миклуш, 2011). На території Українських Карпат та Закарпатської області зокрема, букові ліси займають площу, відповідно, 35 та 60% вкритих лісовою рослинністю ділянок (Генсірук, 2002). За іншими даними (Гриник, 2012), в Українських Карпатах деревостани з переважанням у складі бука лісового займають площу 365,8 тис. га.

*Fagus sylvatica* є одним із основних лісотвірних деревних видів Карпат, який добре поновлюється природним шляхом. За даними П. І. Молоткова та ін. (1971), під наметом стиглих і перестійних букових і дубово-букових лісостанів у лісах Українських Карпат на 10% їхньої площі нараховується до 5 тис. екземплярів підросту на 1 га, на 24% – 5-10 тис., на 38% – 10-20 тис., на 17% – 20-50 тис. і на 11% – від 50 до 100 тис. шт./га. Подібну кількість підросту бука лісового було досліджено також Я. О. Сабаном (1988). За його даними, 33% букових лісостанів мають до 10 тис. шт. самосіву та підросту на 1 га, 47,6% – від 10 до 20 тис., 9,6% – від 20 до 50 тис., 9,5% – від 50 до 100 тис. шт./га і більше. У буковому пралісі в умовах вологої чистої бучини за 15 років спостережень кількість підросту деревних видів змінилася від 24 до 32 тис. шт./га (Shparyk, & Yanovska, 2017).

Оптимальні умови для поновлення бука лісового створюються у середньоповнотних лісостанах (Молотков та ін., 1971; Сабан, 1988; Генсірук, 2002; Куриляк, 2007; Гербут, Бродович, 2009; Левченко, & Рошнівський, 2010; Рошнівський, Бондар, Левченко, 2013; Шишканинець, Мазепа, Тереля, 2014). Так, за відносної повноти 0,5 під наметом букового лісостану у середньому налічується 35875 шт., за повноти 0,6 – 70000 шт., 0,7 – 13875 шт., 0,8 – 7500 шт. і 0,9 – 6875 шт. підросту на 1 га. За зімкнутості намету 0,3-0,4 кількість підросту є меншою на 1/3 порівняно із зімкнутістю 0,6-0,8 (Молотков та ін., 1971). Встановлено, що у гірських лісах Карпат найбільша кількість підросту бука лісового зосереджена у краще освітлених місцях деревостану – «вікнах», зріджених біогрупах, місцях з відмерлими материнськими деревами (Zlatnik, 1938; Сабан, 1988; Цурик, 1980; Бачинська, 2009; Feldman, Drössler, Hauck, Kuchel, Pichler, Leuschner 2018).

Від повноти деревостану також залежить і розподіл підросту за групами висот (Молотков, 1966; Криницький, Попадинець, Бондаренко, Крамарець, 2004). Так, у високоповнотних букових деревоста-

нах з непорушеною структурою переважна більшість підросту має висоту до 25 см. Зі збільшенням висоти підросту його кількість зменшується, а у висотному діапазоні понад 200 см його кількість знову зростає (Молотков, 1966). Дрібний підріст розміщений під наметом деревостану, зазвичай, відносно рівномірно, а великомірний – приурочений до «вікон» намету (Молотков, 1966; Цурик, 1980).

У сильно зріджених букових деревостанах природне поновлення проходить незадовільно, оскільки дрібний підріст бука пригнічується трав'яною рослинністю (Молотков, 1966). Найменшу кількість підросту виявлено у висотному діапазоні до 25 см, а найбільшу – у висотному діапазоні понад 200 см. У помірно зріджених букових деревостанах, із загальною зімкнутістю крон не менше 0,5, умови для природного поновлення деревних видів значно покращуються. У насінний рік, за сприятливих умов, під наметом материнського деревостану може появитися 100 і більше тис. шт./га самосіву і підросту деревних видів (Молотков, 1966). Проте внаслідок значного відпаду у перші роки життя, його кількість з віком істотно зменшується (Криницький та ін., 2004; Молотков та ін., 1971). Перевага кількості рослин у низьких ступенях висот поступово змінюється їх перевагою у високих. Під наметом букових деревостанів поступово формується добре виражене молоде покоління дерев.

Важливу роль у поновленні букових деревостанів відіграє і ґрунтове середовище. Так, на бурих лісових ґрунтах зі слабо вираженими ознаками опідзолення, слабо кислих (у верхніх горизонтах рН 5,4-5,6), насичених основами (у верхніх горизонтах 78%) ґрунтах створюються сприятливі умови для природного поновлення бука; на цих же ґрунтах, але з вираженими ознаками опідзолення, кислих (рН 4,4-4,6), слабо насичених основами (1,5-4,0%) ґрунтах формуються несприятливі умови для природного поновлення бука лісового (Тишкевич, Генсірук, 1954).

Проростання насіння та укорінення сходів деревних видів залежить від умов верхнього ґрунтового шару. Так, на ґрунтах зі слабо вираженими ознаками опідзолення нагромаджується невеликий (2-3 см завтовшки) шар лісової підстилки, на якому сходи бука можуть добре укорінюватися та рости. Однак на ґрунтах з явно вираженими ознаками опідзолення нагромаджується значно більший шар підстилки (5-6 см завтовшки), на якому сходи бука важко укорінюються та незадовільно ростуть (Генсірук, 2002).

Оптимальні умови проходження процесу природного лісопоновлення виникають у вологих бучинах і суббучинах (Молотков та ін., 1971; Генсірук, 2002; Гербут, Бродович, 2009; Левченко, Рошнівський, 2010; Рошнівський, Бондар, Левченко, 2013). Однак у суббучинах відновлювальні процеси проходять дещо гірше (Молотков, 1966). Негативно впливають на відновні процеси надмірні вологість і сухість ґрунту (Гербут, Бродович, 2009; Молотков, 1966). Так, у сирих типах лісу поновлення бука лісового практично відсутнє.

Найкраще поновлення бука відбувається в оптимальних екологічних умовах – на висотах 600-800 м над рівнем моря (Молотков та ін., 1971; Левченко, Рошнівський, 2010; Shparyk, Buergi, Commarmot, & Sukhariuk, 2008). Схили північної експозиції є сприятливішими для поновлення бука порівняно зі схилами південної експозиції.

На кількість підросту впливає і стрімкість схилу. Так, на пологих і спадистих схилах кількість підросту в 1,5 рази більша порівняно зі стрімкими і дуже стрімкими схилами (Левченко, Рошнівський, 2010).

Природне поновлення деревних порід у букових лісах вивчали також науковці інших країн Європи (Leibundgut, 1982; Korpel, 1995; Rozenbergar, Mikas, Anić, & Diaci, 2007; Bílek, Remeš, & Zahradník, 2009; Nagel, Svoboda, Rugani, & Diaci, 2010; Kucbel, Saniga, Jaloviar, & Vencurik, 2010; Barna, 2011; Garbarino et al., 2012; Commarmot, Brändli, Hamor, & Lavnyy, 2013; Hobi, Commarmot, & Bugmann, 2015; Vacek et al., 2015; Vacek et al., 2017; Feldmann et al., 2018; Gryazkin et al., 2020). Вони всі дійшли висновку, що бук лісовий за сприятливих умов добре поновлюється природним шляхом.

Окрім традиційних методик, в останні роки науковці застосовують і нові методики лазерного сканування підросту (Stiers et al., 2019; Willim et al., 2019), яка дає змогу проаналізувати просторове розміщення підросту у «вікнах» деревостану. Авторами зокрема встановлено, що найбільшу висоту підріст деревних порід має не у центрі «вікон», а посередині між їхнім центром і краєм.

Отже, формування нового покоління із самосіву бука лісового є надзвичайно важливою складовою для відновлення корінного материнського лісостану. Поява та збереження самосіву і підросту деревних видів залежить від екологічних і кліматичних чинників, лісогосподарської діяльності, тому потребує подальшого вивчення.

**Об'єкти та методика досліджень.** *Об'єкт досліджень* – експлуатаційні букові лісостани у лісовому фонді державних підприємств «Воловецьке ЛГ» і «Свалявське ЛГ» та букові праліси на території Ужанського національного природного парку. *Предмет досліджень* – успішність природного поновлення деревних видів в експлуатаційних букових лісах і букових пралісах.

Мета дослідження – вивчення особливостей природного поновлення деревних видів під наметом букових деревостанів Українських Карпат залежно від їх віку, повноти та категорії лісів.

Для вивчення особливостей природного поновлення під наметом букових деревостанів, починаючи з 60-річного віку, нами проаналізовано матеріали лісовпорядкування ДП «Воловецьке ЛГ» і «Свалявське ЛГ». Вивчення характеристик природного поновлення здійснювали за таксаційними виділами: загалом проаналізовано лісові ділянки букових деревостанів на площі 5195,8 га. Для аналізу враховано деревостани за участю бука у їх складі від 6 од. і більше.

Для вивчення природного поновлення у деревостанах з відсутністю господарської діяльності закладено пробні площі (ПП) у букових пралісах на території Ужанського національного природного парку. Кількість самосіву і підросту деревних порід у просвітах букового пралісу обліковували на 10 пробних площах розміром один гектар кожна у переважуючих типах лісу на різних висотах над рівнем моря (500-1000 м), на схилах різної експозиції та стрімкості (табл. 1).

Для вивчення особливостей природного поновлення у букових пралісах нами застосовано метод трансект, який показав надійні результати під час вивчення структури букових пралісів у лісовому резерваті Гавешова в Словаччині (Drössler, & von Lürke, 2005). До уваги брали «вікна» у наметі верхнього ярусу деревостану, які утворилися внаслідок відпаду хоча б одного дерева. Площу «вікон» визначали за методом J. R. Runkle (1992), який пропонував вимірювати їх за формулою еліпса. Для визначення площі просвіту за допомогою мірної стрічки заміряли велику і малу осі еліпса. Якщо просвіт не мав еліпсоподібної форми, його площу визначали як площу певної геометричної фігури, якій за формою відповідало «вікно» у наметі букового пралісу.

Для обліку самосіву і підросту деревних порід у межах просвіту закладали облікові площадки розміром 2 × 2 м. Облікові площадки закладали по контуру просвіту та по діагоналі через центр просвіту з метою охоплення всіх його частин. Кількість облікових площадок залежала від площі просвіту (чим більша площа, тим більше облікових площадок). На облікових площадках здійснювали підрахунок кількості самосіву і підросту за деревними видами та групами висот.

Якщо місце закладання облікової площадки співпадало з місцем знаходження лежачої мертвої деревини, крони лежачого дерева або великого каміння, то такий чинник не був підставою для перенесення облікової площадки. Проте у формулярі обліку підросту вказували, що вона вкрита мертвою деревиною (ділянка потенційно придатна для появи і росту підросту) або великим камінням чи скельними виходами (ділянка непридатна для росту підросту).

**Результати та обговорення.** Успішність природного поновлення в експлуатаційних букових лісостанах залежить від віку і повноти деревостанів: зі збільшенням віку та зменшенням повноти спостережено збільшення кількості підросту під наметом букових деревостанів (табл. 2).

Таблиця 1

## Лісівничо-таксаційні показники деревостану букового пралісу, в яких вивчали природне поновлення деревних порід

№ з.п.	Склад деревостану	Сер. вік за ярусами, р.	Н <sub>ср.</sub> , м	Бонітет	D <sub>ср.</sub> , см	Відн. повн.	Запас, м <sup>3</sup>	Висота н.р.м., м	Експозиція схилу	Стрімкість схилу, град.	Індекс типу лісу
1	10Бкл + Яв	150 90	34	I	44	0,8	606	575	Пн-Зх	35	D <sub>3</sub> -Бк
2	10Бкл + Яв	170 80	30	I	42	0,75	504	600	Пн	35	D <sub>3</sub> -Бк
3	10Бкл + Клг	180 110	30	I <sup>a</sup>	55	0,75	789	450	Пн-Зх	30	D <sub>3</sub> -Бк
4	10Бкл + Яв, Клг	160 110	35	I	54	0,8	736	440	Пн-Зх	30	D <sub>3</sub> -Бк
5	10Бкл + Яв	170 90	26	I	40	0,6	496	550	Пн	30	D <sub>3</sub> -Бк
6	8Бкл1Яв1Яцб + Взш	190 90	27	I	37	0,6	689	1000	Пд-Зх	25	D <sub>3</sub> -яцБк
7	9Бкл1Яцб + Яв	180 90	32	I	48	0,6	420	575	Пн-Сх	30	D <sub>3</sub> -яцБк
8	10Бкл	180 90	38	I <sup>a</sup>	56	0,8	590	850	Пн	25	D <sub>3</sub> -Бк
9	10Бкл + Яцб	180 90	38	I <sup>a</sup>	56	0,95	650	700	Пн-Зх	25	D <sub>3</sub> -Бк
10	8Бкл2Яв	190 90	38	I <sup>a</sup>	56	0,8	640	750	Пн-Зх	30	D <sub>3</sub> -Бк

Примітка. Середні таксаційні показники вказано для першого ярусу деревостану

Таблиця 2

## Розподіл площ букових лісостанів за кількістю підросту

Клас віку	Повнота	Площа, га					Разом	Середня кількість підросту, тис. шт./га
		кількість підросту, тис. шт./га						
		відсутній	до 3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	більше 8,1		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
61-70	0,6	0,7	–	6,4	–	–	7,1	4,5
	0,7	130,4	–	15,8	27,7	–	173,9	1,7
	0,8	248	64,5	32,6	46,8	–	391,9	1,9
	0,9	145	10,8	–	–	–	155,8	0,2
	Разом	<b>524,1</b>	<b>75,3</b>	<b>54,8</b>	<b>74,5</b>	–	<b>728,7</b>	<b>1,5</b>
71-80	0,6	3,8	4,5	–	11,6	–	19,9	5,3
	0,7	239,4	49,6	59,1	123,4	–	471,5	3,0
	0,8	310,5	109,1	10	61,6	–	491,2	1,8
	0,9	49,7	9,5	–	11,0	–	70,2	0,5
	Разом	<b>603,4</b>	<b>172,7</b>	<b>69,1</b>	<b>207,6</b>	–	<b>1052,8</b>	<b>2,4</b>
81-90	0,5	8,2	16,1	–	–	–	24,3	2,0
	0,6	46,4	10,0	5,6	–	–	62	0,9
	0,7	174,5	176,7	19,1	92,2	–	462,5	2,9
	0,8	179,6	16,6	34,0	36,8	34,9	301,9	3,1
	Разом	<b>408,7</b>	<b>219,4</b>	<b>58,7</b>	<b>129,0</b>	<b>34,9</b>	<b>850,7</b>	<b>2,8</b>

1	2	3	4	5	6	7	8	9
91-100	0,4	–	–	–	–	3,1	3,1	12,0
	0,6	18,3	15,5	12	–	2,8	48,6	2,9
	0,7	116,8	23,9	7,1	18,7	31	197,5	3,2
	0,8	192,1	8,5	–	–	2,5	203,1	0,3
	Разом	<b>327,2</b>	<b>47,9</b>	<b>19,1</b>	<b>18,7</b>	<b>39,4</b>	<b>452,3</b>	<b>1,9</b>
101-110	0,3	–	1,3	–	–	–	1,3	3,0
	0,4	–	–	–	–	7,1	7,1	12,0
	0,5	–	7,8	2,3	13,6	–	23,7	6,1
	0,6	16,8	1,5	6,9	9,5	–	34,7	3,3
	0,7	14,7	6,3	2,9	48,7	13	85,6	6,8
	0,8	–	–	6,4	–	3,8	10,2	7,6
Разом	<b>31,5</b>	<b>16,9</b>	<b>18,5</b>	<b>71,8</b>	<b>23,9</b>	<b>162,6</b>	<b>6,2</b>	
111-120	0,3	–	–	–	4,8	–	4,8	8,0
	0,4	–	–	5,7	–	2,1	7,8	6,9
	0,5	2,2	–	6,3	4,3	14,1	26,9	8,7
	0,6	10,8	1,9	5,0	22	–	39,7	5,2
	0,7	13,8	4,2	36,5	55,8	–	110,3	5,8
	0,8	–	–	7,5	7,5	–	15,0	6,5
Разом	<b>26,8</b>	<b>6,1</b>	<b>61,0</b>	<b>94,4</b>	<b>16,2</b>	<b>204,5</b>	<b>6,2</b>	
121-140	0,4	–	–	2,0	3,5	–	5,5	6,9
	0,5	1,3	–	14,7	13,5	6,0	35,5	7,1
	0,6	7,1	4,4	28,3	33	9,5	82,3	6,5
	0,7	8,6	8,1	34,1	19,9	–	70,7	5,0
	0,8	–	–	–	–	2,6	2,6	12,0
Разом	<b>17,0</b>	<b>12,5</b>	<b>79,1</b>	<b>69,9</b>	<b>18,1</b>	<b>196,6</b>	<b>6,2</b>	
≥141	0,4	7,6	6,4	5,0	4,0	2,8	25,8	4,3
	0,5	39,4	58,1	50,3	101,6	4,4	253,8	5,1
	0,6	5,7	371,2	193,3	293	67,9	931,1	5,6
	0,7	8,6	78,4	35,9	204,2	3,3	330,4	6,3
	0,8	–	–	–	6,5	–	6,5	8,0
Разом	<b>61,3</b>	<b>514,1</b>	<b>284,5</b>	<b>609,3</b>	<b>78,4</b>	<b>1547,6</b>	<b>5,7</b>	
Всього		<b>2000,0</b>	<b>1064,9</b>	<b>644,8</b>	<b>1275,2</b>	<b>210,9</b>	<b>5195,8</b>	

Найбільшу кількість підросту виявлено під наметом букових деревостанів у віці 101-140 років (у середньому 6,2 тис. шт./га). З 140-річного віку кількість підросту бука зменшується, що можна пояснити початком формування нижнього ярусу деревостану. У деревостанах сьомого і восьмого класів віку виявлено найменшу середню кількість підросту бука лісового (у середньому 1,5-2,4 тис. шт./га). Цей аспект пояснюється особливостями настання репродуктивної здатності породи, який розпочинається у 50-60 років, тоді як рясні урожаї насіння у букових деревостанах Українських Карпат настають тільки у 80-90 років (Молотков та ін., 1971).

Найбільше підросту в експлуатаційних букових деревостанах формується у низькоповнотних пристигаючих деревостанах з відносно повнотою 0,4, де його середня кількість становить 12 тис. шт./га. Таку ж кількість підросту бука виявлено на одній ділянці і в деревостані віком 121-140 років.

У віці 65-95 років на більшій площі букових деревостанів підріст відсутній. Так, частка деревостанів без підросту бука у цьому віковому діапазоні змінюється в межах 54-72%, а з наявністю підросту бука кількістю до 5 тис. шт./га – у межах 15-33% (рис. 1). Лише на невеликій частині площ (10-20%) формується достатня кількість підросту бука лісового кількістю понад 5,1 тис. шт./га. Починаю-



чи з 105-річного віку, частка деревостанів з наявністю підросту бука лісового зростає до 80-95%, а площі ділянок з наявністю підросту бука понад 5,1 тис. шт./га знаходяться у межах 45-59%.

Між кількістю підросту і віком середньоповнотних деревостанів бука за відносної повноти 0,7 та

0,8 спостережено тісний кореляційний зв'язок, а за відносної повноти 0,6 – слабкий (рис. 2). Слабка тіснота зв'язку, ймовірно, пов'язана з інтенсивною господарською діяльністю, коли у букових деревостанах значна кількість підросту гине під час проведення рубок лісу.

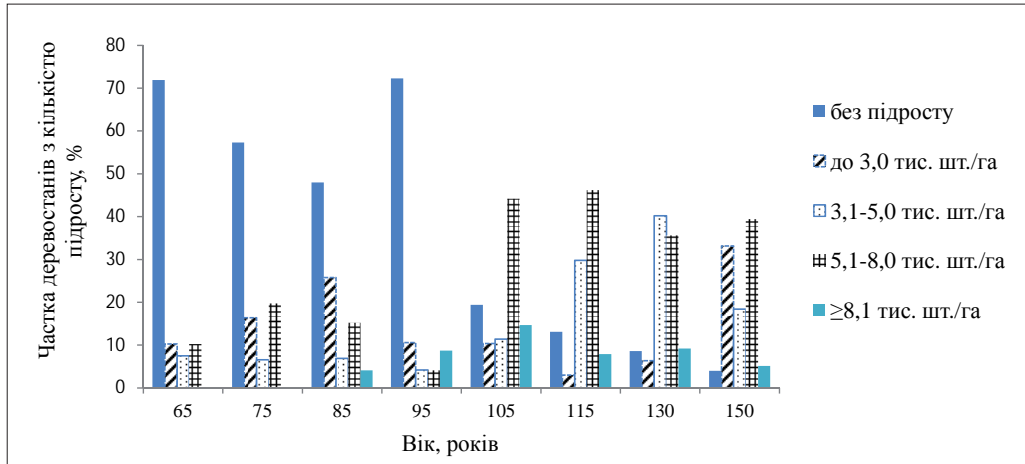


Рис. 1. Частка букових деревостанів з підростом залежно від їхнього віку

Дослідження букових пралісів показали, що на всіх пробних площах були наявні «вікна» у наметі деревостану. Кількість «вікон» на пробній площі (1 га) змінюється від одного до п'яти, а їхня сумарна площа становить від 98 (ПП № 3) до 4138 м<sup>2</sup> (ПП № 5). Більший розмір «вікон» на пробних площах № 5 та № 6 пояснюється тим, що буковий праліс знаходиться у фазі розпаду (Korpel, 1995; Leibundgut, 1982). Загалом на десяти пробних площах було зафіксовано 23 «вікна». Середня площа одного «вікна» становила 510 м<sup>2</sup>.

Майже у всіх «вікнах» спостережено добре природне поновлення деревних порід. Кількість самосіву і підросту у них становить від 2810 (ПП № 8) до 72263 (ПП № 6) шт./га. Зі збільшенням розміру просвітів виявлено тенденцію до зростання кількості самосіву і підросту деревних порід (рис. 3), але ця залежність має середню тісноту зв'язку ( $r = 0,43$ ).

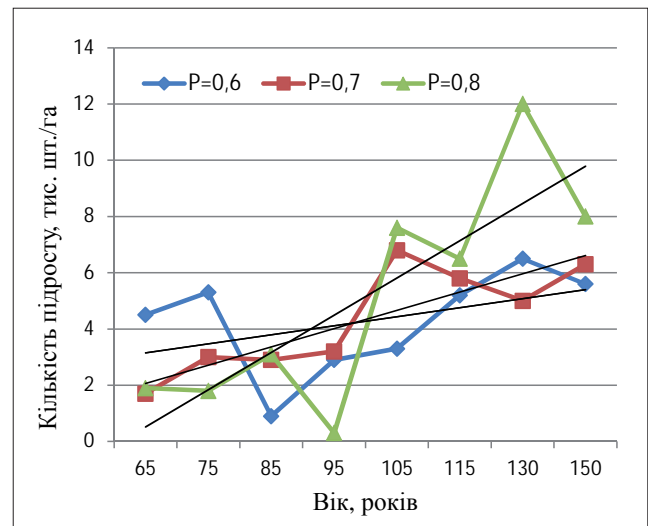


Рис. 2. Кількість підросту залежно від віку букових деревостанів

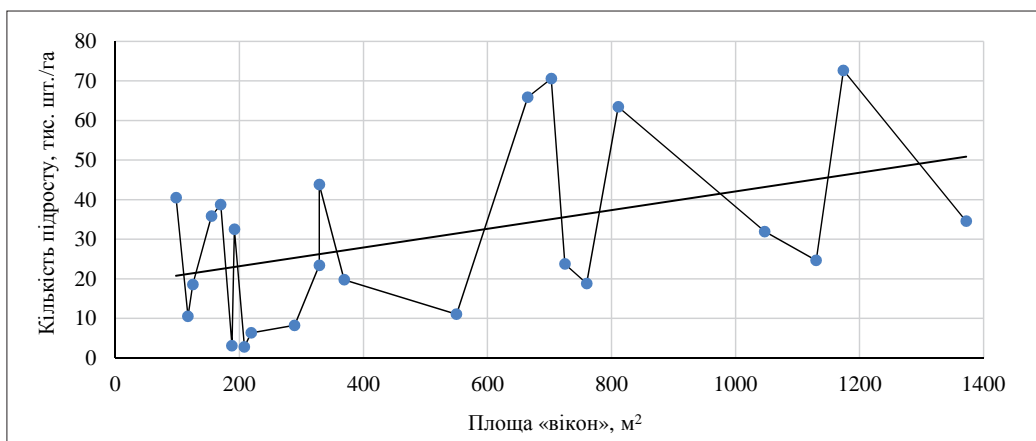


Рис. 3. Кількість підросту деревних видів у «вікнах» букових пралісів залежно від їхнього розміру

Частка бука лісового у складі підросту в окремих «вікнах» змінюється від 6,2 до 98,7% (рис. 4). Бук домінує у десяти «вікнах» з 23-х досліджених; у дев'яти «вікнах» переважає клен-явір, у двох – клен гостролистий, в одному спостережено спіль-

не домінування бука і клена-явора, а ще в одному зафіксовано майже однакову кількість бука лісового, клена-явора та в'яза шорсткого. Поряд з цими деревними видами, також інколи траплялися ясен звичайний, черешня і ялиця біла.

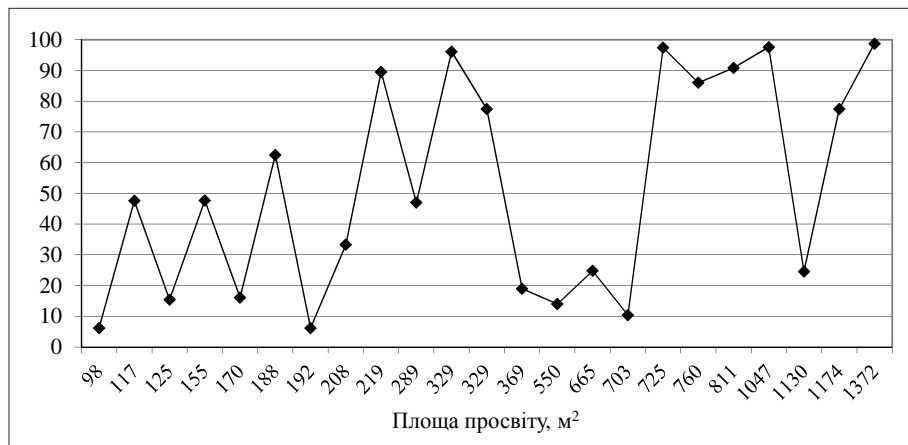


Рис. 4. Частка бука лісового (%) у підрості деревних порід залежно від площі просвітів у букових пралісах

Аналіз розподілу самосіву і підросту за висотними групами показує, що найбільшу частку становить дрібна фракція (< 50 см, рис. 5). Частка дрібного підросту в окремих «вікнах» змінюється від 13,5 до 94,0% від його загальної кількості. Саме у цій висотній групі майже на половині пробних площ переважає клен-явір, а його кількість у деяких випадках сягає понад 50 тис. шт./га (ПП №6). Однак варто відзначити, що саме у цій висотній групі спостережено найбільший природний відпад самосіву і підросту. У висотних групах більшої висоти у складі підросту серед деревних видів поступово починає переважати бук лісовий. Цей аспект пов'язаний з високою тіневитривалістю бука, який може тривалий період існувати під наметом материнського деревостану, а за покращення освітлення починає швидко рости у висоту. Так, у висотній групі підросту > 2 м серед усіх просвітів у дев'яти випадках переважав бук лісовий, в чотирьох – клен-явір, в інших чоти-

рьох – клен гостролистий, в одному випадку – ялиця біла і в'яз шорсткий, а в чотирьох просвітах висока фракція підросту була відсутня.

Варто зазначити, що у вологій чистій бучині (18 «вікон») частка бука у складі підросту становить 46, клена-явора – 35, клена гостролистого – 17, інших порід (ясен, черешня, в'яз) – 1% (табл. 3). У вологій ялицевій бучині (п'ять вікон) частка бука становить 42, явора – 43, ялиці – 13, інших порід (в'яз, ясен) – 2%.

Таким чином у вологій чистій бучині за участю клена-явора у складі материнського деревостану, під наметом пралісів переважає підріст бука за значної кількості підросту клена-явора і клена гостролистого. В умовах вологої ялицевої бучини кількість підросту бука і клена-явора однакова; при цьому трапляється також достатня кількість підросту ялиці, що є важливою умовою для формування корінного деревостану.

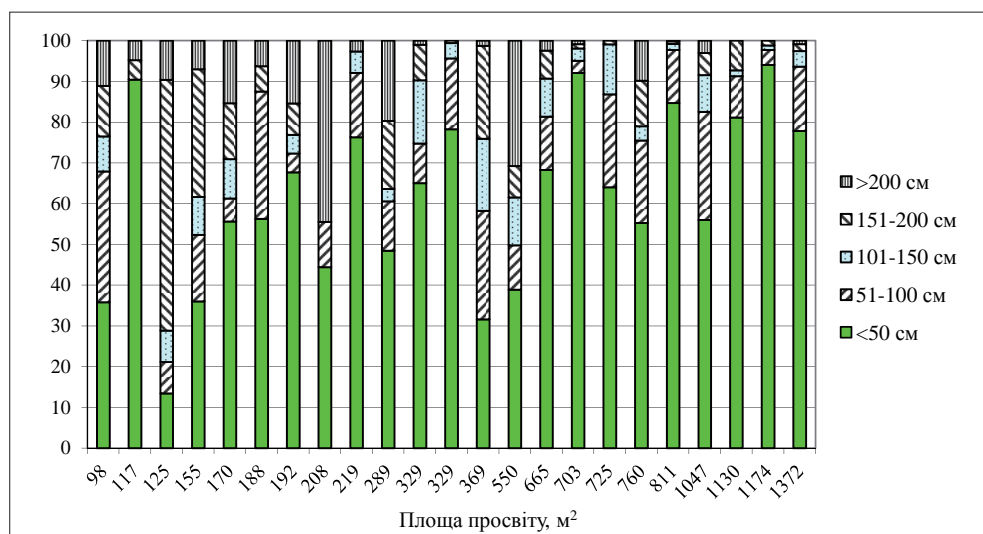


Рис. 5. Розподіл підросту деревних порід за висотними групами (%) залежно від розміру просвітів у букових пралісах

Розподіл підросту у «вікнах» намету залежно від типу лісу

Індекс типу лісу	Площа, м <sup>2</sup>	Загальна кількість підросту за деревними видами, шт.					
		Бкл	Яв	Клг	Яцб	Інші	Разом
D <sub>3</sub> -Бк	7578,0	196817	150594	73436	1578	3829	426254
%	64,6	46,2	35,3	17,2	0,4	0,9	100
D <sub>3</sub> -яцБк	4147,0	114896	119721	909	34667	4946	275139
%	35,4	41,8	43,5	0,3	12,6	1,8	100
Разом	11725,0	311713	270315	74345	36245	8775	701393
%	100	44,4	38,5	10,6	5,2	1,3	100

**Висновки.** Успішність і кількість природного поновлення у букових лісостанах Українських Карпат залежить від лісівничо-таксаційних показників деревостану та інших чинників – віку, повноти, освітленості під наметом лісостану.

В експлуатаційних букових лісостанах, де здійснюють господарську діяльність, кількість самосіву і підросту бука збільшується з віком. Найбільша кількість підросту бука лісового під наметом деревостанів у середньому становить 6,2 тис. шт./га у віці 101-140 років. Починаючи з 105-річного віку, частка площ деревостанів бука з наявністю підросту становить 80-95%, а частка площ букових лісів з наявністю підросту у кількості понад 5,1 тис. шт./га – 45-59%. У низькоповнотних деревостанах експлуатаційних лісів кількість підросту бука лісового є найбільшою і в середньому становить 12 тис. шт./га.

У лісостанах букових пралісів добре природне поновлення деревних порід формується у «вікнах» намету деревостану. Кількість самосіву і підросту деревних видів зростає зі збільшенням розмірів просвітів у наметі і досягає у найбільших за площею «вікнах» 72,3 тис. шт./га. Частка бука лісового у складі підросту в окремих «вікнах» змінюється в межах 6,2-98,7%. Підріст бука переважає у 44% досліджених «вікон», у 39% «вікон» переважає клен-явір, у 9% – клен гостролистий та у 4% «вікон» спільно домінують бук і клен-явір. У підрості також інколи трапляються в'яз шорсткий, ясен звичайний, ялиця біла та черешня.

У складі підросту букових пралісів за висотою переважає дрібна фракція (висота < 50 см), частка якої в окремих «вікнах» змінюється від 13,5 до 94,0% від загальної кількості. У складі дрібного підросту майже на половині пробних площ переважає клен-явір, кількість якого в окремих «вікнах» намету досягає 50 тис. шт./га. Найбільший відпад самосіву і підросту спостережено у дрібній фракції, що призводить до поступового переважання бука лісового у складі підросту більшої висоти.

У букових лісостанах в умовах вологій чистої бучини у складі материнського деревостану під наметом переважає підріст бука лісового, клена-явора та клена гостролистого. У вологій ялицевій бучині кількість підросту бука лісового і клена-явора є од-

наковою за достатньої кількості підросту ялиці білої. Досліджена кількість підросту головних деревних видів у вологій чистій і вологій ялицевій бучинах є достатньою для формування корінних природних деревостанів у цих типах лісу.

### Список літератури

- Бачинська У.О. (2009). Відновлення лісостанів бука лісового (*Fagus sylvatica* L.) на східній межі природного ареалу. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115, 90-94. [Bachynska, U. (2009). Restoration of forest beech stands (*Fagus sylvatica* L.) on the eastern border of the natural range. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 90-94] (in Ukrainian)
- Генсірук С.А. (2002). Ліси України. Львів: НВФ «Українські технології». 495 с. [Hensiruk, S. A. (2002). Forests of Ukraine. Lviv: NVF «Ukrainian technologies»] (in Ukrainian)
- Гербут Ф.Ф., Бродович Ю.Р. (2009). Комплексний підхід до лісовідновлення у гірському лісівництві. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 116, 165-169. [Gerbut, F.F., & Brodovych, J.R. (2009). An integrated approach to reforestation in mountain forestry. *Forestry and Forest Melioration*, 116, 165-169] (in Ukrainian)
- Гриник Г.Г. (2012). Експозиційно-орографічні моделі оптимально-продуктивних місцеположень деревостанів бука лісового в Українських Карпатах. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(8), 8-13. [Grunyk, G.G. (2012). Exposition-orographic models of optimal-productive locations of forest beech stands in the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University of Ukraine*, 22(8), 8-13] (in Ukrainian)
- Куриляк В.М. (2007). *Динамічні тенденції формування букових лісів Прикарпаття*: автореф. дис. ... кандидата с.-г. наук: 06.03.03/ Національний лісотехн. у-нт України. Львів [Kuryliak, V.M. (2007). *Dynamic tendencies of formation of beech forests of Prykarpattia*. Doctoral dissertation abstract. Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine. Retrieved from <http://referatu.net.ua/referats/7569/171557>] (in Ukrainian)
- Криницький Г.Т., Попадинець І.М., Бондаренко В.Д., Крамарець В.О. (2004). *Букові ліси*

- Західного Поділля. Тернопіль: Укрмедкнига. [Krynytskyu, H. T., Poradynets, I. M., Bondarenko, V. D., & Kramarets, V. O. (2004). *Beech forests of Western Podillya*. Ternopil: Ukrmedknyha] (in Ukrainian)
- Левченко В. В., Рошнівський Б. В. (2010). Природне поновлення лісу під пологом букових насаджень Українських Карпат. *Науковий вісник НУБіП України*, 147, 56-66. [Levchenko, V. V., & Roshnivskyu, B. V. (2010). Natural regeneration of the forest under the canopy of beech plantations of the Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 147, 56-66] (in Ukrainian)
- Миклуш С. І. (2011). *Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства*. Львів: ЗУКЦ. [Myklush, S. I. (2011). *Plain beech forests of Ukraine: productivity and organization of sustainable forestry*. Lviv: ZUKC] (in Ukrainian)
- Молотков П. І. (1966). *Буковые леса и хозяйство в них*. Москва: Лесная промышленность. [Molotkov, P. I. (1966). *Beech forests and forestry in them*. Moskva: Forest industry] (in Russian)
- Молотков П. І., Мамонов Н. І., Гниденко В. І., Молоткова І. І. (1971). *Естественное возобновление лесов*. Ужгород: Карпати. [Molotkov, P. I., Mamonov, N. I., Gnidenko V. I., & Molotkova, I. I. (1971). *Natural regeneration of forests*. Uzhhorod: Carpathians] (in Ukrainian)
- Рошнівський Б. В., Бондар А. О., Левченко В. В. (2013). Природне поновлення бука лісового на зрубках вологих бучин Прикарпаття. *Науковий вісник НУБіП України*, 187(2), 84-89. [Roshnivskyu, B. V., Bondar, A. O. & Levchenko, V. V. (2013). Natural regeneration of beech on logs in humid fertile beech forest type of Prykarpattia. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 187(2), 84-89] (in Ukrainian)
- Сабан Я. А. (1988). *Продуктивность и возобновление леса в горных условиях*. Львов: Вища школа. [Saban, J. A. (1988). *Productivity and reforestation in mountain conditions*. Lviv: Higher School] (in Russian)
- Тышкевич Г. Л., Генсирук С. А. (1954). Естественное возобновление бука в горных условиях Карпат. *Научные труды ЛЛТИ*. Львов: Изд-во Львовского государственного университета, 1, 121-134. [Tyshkevych, G. L. & Gensiruk, S. A. (1954). Natural renewal of beech in the mountainous conditions of the Carpathians. *Scientific works of Lviv Forestry Institute*. Lviv: Lviv State University Publishing House, 1, 121-134] (in Russian)
- Цурик Е. І. (1980). Структура и возобновление девственных буковых древостоев Карпат. *Лесоведение*, 5, 75-84. [Tsuruk, E. I. (1980). Structure and renewal of virgin beech stands of the Carpathians. *Forestry*, 5, 75-84] (in Russian)
- Шишканинець І. Ф., Мазепа В. Г., Тереля І. П. (2014). *Природне поновлення букових лісостанів Стрийсько-Міжгірської Верховини*. Матеріали 64-ої наук.-техн. конф-ї професорсько-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2013 р., 144-146. Львів, Україна: Національний лісотехнічний ун-т України [Shushkanynets, I. F., Mazepa, V. G. & Terelia, I. P. (2014). Natural regeneration of beech forests of Strij-Mizhhirya Verkhovyna. In *Scientific of the 64th scientific and technical conference of faculty researchers, doctoral students and graduate students on the results of scientific activity in 2013*, 144-146. Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Barna, M. (2011). Natural regeneration of *Fagus sylvatica* L.: a Review. *Austrian Journal of Forest Science*, 128, 71-92. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/236347334\\_Natural\\_regeneration\\_of\\_Fagus\\_sylvatica\\_L\\_a\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/236347334_Natural_regeneration_of_Fagus_sylvatica_L_a_Review)
- Bílek, L, Remeš, J., & Zahradník, D. (2009). Natural regeneration of senescent even-aged beech (*Fagus sylvatica* L.) stands under the conditions of Central Bohemia. *Journal of Forest Science*, 55, 145-155. <https://doi.org/10.17221/823-JFS>
- Commarmot, B., Brändli, U.-B., Hamor, F., & Lavnyy, V. (2013). *Inventory of the Largest Primeval Beech Forest in Europe. A Swiss-Ukrainian Scientific Adventure*. Birmensdorf: Swiss Federal Research Institute WSL; Lviv: Ukrainian National Forestry University; Rakhiv: Carpathian Biosphere Reserve
- Drössler, L. & von Lüpke, B. (2005). Canopy gaps in two virgin beech forest reserves in Slovakia. *Journal of Forest Science*, 51, 446-457. <https://doi.org/10.17221/4578-JFS>
- Feldmann, E., Drössler, L., Hauck, M., Kucbel, S., Pichler, V., & Leuschner, C. (2018). Canopy gap dynamics and tree understory release in a virgin beech forest, Slovakian Carpathians. *Forest Ecology and Management*, 415-416, 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.02.022>
- Garbarino, M., Mondino, E. B., Lingua, E., Nagel, T. A., Dukić, V., Govedar, Z., & Motta, R. (2012). Gap disturbances and regeneration patterns in a Bosnian old-growth forest: a multispectral remote sensing and ground-based approach. *Annals of Forest Science*, 69, 617-625. <https://doi.org/10.1007/s13595-011-0177-9>
- Gryazkin, A. V., Gutal, M. M., Belyaeva, N. V., Bespalova, V. V., Kazi1, I. A., & Van, H. Vu. (2020). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 574 012032. Retrieved from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/574/1/012032/pdf>
- Hobi, M. L., Commarmot, B. & Bugmann, H. (2015). Pattern and process in the largest primeval beech forest of Europe (Ukrainian Carpathians). *Journal of Vegetation Science*, 26, 323-336. <https://doi.org/10.1111/jvs.12234>
- Korpel, S. (1995). *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Jena, New York: Gustav Fischer Verlag [Korpel, S. (1995). *The primeval forests of the Western Carpathians*. Stuttgart, Jena, New York: G. Fischer] (in German)
- Kucbel, S., Saniga, M., Jaloviar, P., & Vencurik, J. (2012). Stand structure and temporal variability in old-growth beech-dominated forests of the north-western Carpathians: A 40-years perspective. *Forest*



*Ecology and Management*, 264, 125-133. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.10.011>

Leibundgut, H. (1982). *Europäische Urwälder der Bergstufe*. Bern, Stuttgart: Haupt Verlag [Leibundgut, H. (1982). *European primeval forests of the mountain stage*. Bern, Stuttgart: Haupt] (in German)

Nagel, T.A., Svoboda, M., Rugani, T., & Diaci, J. (2010). Gap regeneration and replacement patterns in an old-growth *Fagus-Abies* forest of Bosnia-Herzegovina. *Plant Ecol*, 208(2), 307-318. <https://doi.org/10.1007/s11258-009-9707-z>

Rozenberger, D., Mikac, S., Anić, I., & Diaci, J. (2007). Gap regeneration patterns in relationship to light heterogeneity in two old-growth beech-fir forest reserves in South East Europe. *Forestry*, 80(4), 431-443. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm037>

Runkle, J.R. (1992). *Guidelines and sample protocol for sampling forest gaps*. Gen. Tech. Rep. PNW-283. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station

Shparyk, Y., & Yanovska, I. (2017). Natural Regeneration of Beech (*Fagus sylvatica* L.). Virgin Forests in Wet Mehathrophic Soil Conditions. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 27(4), 21-24. <https://doi.org/10.15421/40270403>

Shparyk, Y., Buergi, A., Commarmot, B., & Sukharyuk, D.D. (2008). Changes in the natural regeneration of a virgin beech forest. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 18(2), 45-51. Retrieved from [http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2008/18\\_2/18\\_2\\_Szparyk\\_45.pdf](http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2008/18_2/18_2_Szparyk_45.pdf)

Stiers, M., Willim, K., Seidel, D., Ammer, C., Kabal, M., Stillhard, J., & Annighöfer, P. (2019). Analyzing Spatial Distribution Patterns of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) regeneration in Dependence of Canopy Openings. *Forests*, 10(8), 637-656. <https://doi.org/10.3390/f10080637>

Vacek, Z., Vacek, S., Podrazský, V., Bílek, L., Štefančík, I., Moser, W.K. ... Králíček, I. (2015). Effect of tree layer and microsite on the variability of natural regeneration in autochthonous beech forests. *Polish Journal of Ecology*, 63, 233-246. <https://doi.org/10.3161/15052249PJE2015.63.2.007>

Willim, K., Stiers, M., Annighöfer, P., Ammer, C., Ehbrecht, M., Kabal M., ... Seidel, D. (2019). Assessing Understory Complexity in Beech-dominated Forests (*Fagus sylvatica* L.) in Central Europe-From Managed to Primary Forests. *Sensors*, 19(7), 1684. <https://doi.org/10.3390/s19071684>

Zlatnik, A. (1938). Prozkum přírodných lesů na Podkarpatské Rusi. Díl první: Vegetace a stanoviště rezervace Stužica, Javorník a Pop Ivan. Sborník Výzk. Ust. Zeměděl. Praha, 644 p. [Zlatník, A. (1938). *Exploration of natural forests in Podkarpats'ka Rus'. Part one: Vegetation on reservation sites Stužica, Javorník and Pop Ivan*. Proceedings of agricultural research institutes of the Czechoslovak Republic] (in Czech)

## Peculiarities of natural regeneration in beech stands of the Ukrainian Carpathians

V. Lavnyy<sup>1</sup>, V. Mazepa<sup>2</sup>, I. Shyshkanynets<sup>3</sup>, M. Zayats<sup>4</sup>

The peculiarities of natural regeneration have been studied in beech stands in which management activities are carried out or are absent. Investigated was the dependence of the amount of self-seeding and young growth of beech upon the age of the trees, stand density, and the size of gaps («openings») in the stand canopy. The objects of the study were beech forests over 61 years old at the state enterprises «Volovets Forestry» and «Svalyava Forestry», as well as beech virgin forests in Uzhansky National Nature Park of Transcarpathian region.

The success of natural regeneration of beech stands in the mountain forests of the Ukrainian Carpathians depends on the forestry and inventory indicators of the stand: age, stand density and light intensity under the canopy of the stand. In commercial beech stands, the amount of self-seeding and young growth of beech increases with their age. The largest amount of beech young growth under the canopy of forest stands averages 6.2 thousand pcs/ha at an age of 101-140 years. The amount of beech young growth in commercial forests reaches its highest value in low-density stands and averages 12 thousand pcs/ha. The areas of 65-95-year-old beech stands in which young growth is absent prevail. The share of stands without young growth of beech of these age groups varies between 54 and 72%, and the share of stands with the presence of young growth of beech up to 5 thousand pcs/ha varies between 15 and 33%. There is a significant correlation between the amount of young growth and the age of beech stands at density of 0.7 and 0.8, and the correlation is weak at density of 0.6. The low level of correlation is apparently due to intensive management activities, when a significant amount of young growth dies in stands during felling.

<sup>1</sup> *Vasyl Lavnyy* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, doctor of agricultural Sciences, Professor, Vice-rector for scientific work. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-098-859-72-07. E-mail: [lavnyy@gmail.com](mailto:lavnyy@gmail.com) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

<sup>2</sup> *Vasyl Mazepa* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, doctor of agricultural Sciences, Professor of chair of Forestry. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-788-45-10. E-mail: [vasyl.mazepa@gmail.com](mailto:vasyl.mazepa@gmail.com) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2149-3409>

<sup>3</sup> *Ivan Shyshkanynets* – PhD in Agricultural Sciences, Deputy Director for Research, «Enchanted Edge» Natural Park, Partysanska str., Hnytsia, Transcarpathian district, 90130, Ukraine. Tel.: +38-066-033-97-65. E-mail: [schif@ukr.net](mailto:schif@ukr.net)

<sup>4</sup> *Maryna Zayats* – Deputy Director, Uzhansky National Natural Park, Nezalezhnosti str., 7, Veliky Berezny, Transcarpathian region, 89000, Ukraine. Tel.: +38-068-286-70-85. E-mail: [marunkaza@gmail.com](mailto:marunkaza@gmail.com)

In virgin beech forests good natural regeneration of trees is formed in the gaps of the stand canopy. The amount of self-seeding and young growth of the tree species increases with an increase in the size of the openings in the canopy and in the largest gaps reaches 72.3 thousand pcs/ha. The share of beech in the young growth in individual gaps ranges from 6.2 to 98.7%. Beech young growth predominates in 44% of the studied gaps; in 39% of gaps sycamore maple prevails, and in 9% of gaps – Norway maple, and 4% of gaps is dominated by beech and sycamore maple. In the young growth composition of virgin beech forests, the fraction of small-size plants (less than 50 cm in height) predominates, the share of which in individual gaps ranges from 13.5 to 94.0% of the total amount of young growth. In the composition of small young growth, sycamore maple prevails in almost half of the trial plots, the amount of which in individual canopy gaps reaching 50 thousand pcs/ha. The greatest loss of young growth is observed in the fraction of small-size plants, which leads to the predominance of beech in the young growth of greater height.

In the stands of a moist fertile beech forest type with the presence of sycamore maple, young growth of beech, sycamore and Norway maple prevails. In the stands of a moist fertile beech forest type involving fir, the amount of beech and sycamore young growth is the same, and there is also a sufficient amount of fir young growth. The available amount of young growth of the main tree species in the pure and fir fertile beech forest type is sufficient to form primary stands in these types of forests.

**Key words:** virgin beech forests; self-seeding; young growth; forest type; young growth composition; forestry.

### Особенности естественного возобновления в буковых древостоях Украинских Карпат

В. В. Лавный<sup>1</sup>, В. Г. Мазепа<sup>2</sup>, И. Ф. Шишканинец<sup>3</sup>,  
М. В. Заяц<sup>4</sup>

Изучены особенности естественного возобновления буковых древостоев в эксплуатационных буковых лесах и в буковых девственных лесах, где отсутствует хозяйственная деятельность. Исследована численность самосева и подроста бука и других древесных видов в зависимости от возраста, полноты и величины просветов («окон») в пологе древостоя.

Успешность естественного возобновления буковых древостоев горных лесов Украинских Карпат зависит от лесоводственно-таксационных показателей древостоя – возраста, полноты и освещенности

под пологом древостоев. В эксплуатационных буковых древостоях численность самосева и подроста бука увеличивается с их возрастом. Наибольшее количество подроста бука под пологом древостоев составляет в среднем 6,2 тыс. шт./га в возрасте 101-140 лет. Численность подроста бука в эксплуатационных лесах достигает наибольшей величины в древостоях низкой полноты и в среднем составляет 12 тыс. шт./га.

В девственных буковых лесах хорошее естественное возобновление древесных пород формируется в «окнах» полога древостоя. Количество самосева и подроста древесных пород возрастает с увеличением размеров проемов в пологе и в наиболее крупных «окнах» достигает 72,3 тыс. шт./га. Участие бука лесного в составе подроста в отдельных «окнах» колеблется в пределах 6,2-98,7%. Подрост бука преобладает у 44% исследованных «окон», в 39% «окон» преобладает подрост клена-явора, в 9% – клена остролистного и на 4% «окон» совместно доминируют бук лесной и клен-явор. В составе подроста буковых лесов по высоте преобладает мелкая фракция (высотой менее 50 см), доля которой в отдельных «окнах» колеблется от 13,5 до 94,0% от общего его количества. В древостоях влажной чистой бучины преобладает подрост бука лесного, клена-явора и клена остролистного. Во влажной пихтовой бучине количество подроста бука лесного и клена-явора одинаковое, также встречается достаточное количество подроста пихты белой. Имеющееся количество подроста главных древесных видов в чистой и пихтовой бучинах является достаточным для формирования коренных древостоев в этих типах леса.

**Ключевые слова:** буковые девственные леса; самосев; подрост; тип леса; состав подроста; лесоведение.

<sup>1</sup> Лавный Василий Владимирович – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-098-859-72-07. E-mail: lavnyy@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2069-9026>

<sup>2</sup> Мазепа Василий Григорьевич – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-097-788-45-10. E-mail: vasyi.mazepa@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2149-3409>

<sup>3</sup> Шишканинец Иван Федорович – кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научной работе, Национальный природный парк «Зачарованный край», ул. Партизанская, с. Ильница, Иршавский р-н, Закарпатская обл., 90130, Украина. Тел.: +38-066-033-97-65. E-mail: schif@ukr.net

<sup>4</sup> Заяц Марина Васильевна – заместитель директора, Ужанский Национальный природный парк, ул. Незалежности, 7, пгт. Великий Березный, Закарпатская обл., 89000, Украина. Тел.: +38-068-286-70-85. E-mail: marunkaza@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/10.15421/412104>  
Article received 2021.01.21  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Vasyl Losyuk  
[losyuk@i.ua](mailto:losyuk@i.ua)

Druzhby str., 84, Kosiv, 78600, Ukraine

УДК 630\*228.8

## Стан і структура природних ялинових лісів Покутських Карпат

В. П. Лосюк<sup>1</sup>, О. О. Погрібний<sup>2</sup>, М. В. Томич<sup>3</sup>, О. Г. Часковський<sup>4</sup>, П. І. Ванджурак<sup>5</sup>, Ю. М. Дебринюк<sup>6</sup>

*Природні ялинові ліси Покутських Карпат сформувались на площі 8,2 тис. га, що становить близько 21% площі всіх лісів досліджуваного регіону, займаючи висотні місцеположення понад 900 м н.р.м. Під час здійснення робіт використано новітні GIS-методи дослідження, багатоканальні супутникові знімки Landsat та інтерактивну карту поширення ялинових пралісів і квазіпралісів у Карпатському регіоні.*

*Основні таксаційні характеристики та динаміку сукцесій ялинових лісостанів проаналізовано на прикладі постійної пробної площі (ППП), закладеної в ялиновому природному лісі, за своїми характеристиками дуже близького до пралісового угруповання, в умовах вологої чистої високогірної сушмеречини. Польові дослідження здійснено з 2010 р. з п'ятирічним інтервалом відповідно до методики екологічного моніторингу II рівня за програмою «ICP-Forest». Лісостан на ППП представлений корінним триярусним різновіковим чистим ялиновим деревостаном, який характеризується високою кількістю дерев, високим запасом стовбурової деревини, вагомим запасом мертвої лежачої деревини, високою кількістю благонадійного підросту різних висотних груп, близькою до середньої життєвістю дерев, високою їх товарністю, незначним антропогенним впливом. Розташування дерев у деревостані має груповий характер, зімкнутість крон змінюється в межах 0,8-1,0. Трав'яне вкриття представлено більш ніж 30 видами із загальним проективним вкриттям 85%. При цьому спостережено процеси трансформації рослинного покриву.*

*Наведено розташування та площу ялинових пралісів і квазіпралісів Покутських Карпат, які є еталонами природних екосистем і дають можливість прогнозувати розвиток природних ялинових лісів.*

**Ключові слова:** Українські Карпати; деревостан; мертва лежача деревина; природне поновлення; трав'яне вкриття; праліс; квазіпраліс.

<sup>1</sup> Лосюк Василь Петрович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник. Національний природний парк «Гуцульщина», вул. Дружби, 84, м. Косів, Івано-Франківська обл., 78600, Україна. Тел.: +034-78-23-709. E-mail: [losyuk@i.ua](mailto:losyuk@i.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1807-1264>

<sup>2</sup> Погрібний Олег Олегович – кандидат сільськогосподарських наук, начальник наукового відділу. Національний природний парк «Гуцульщина», вул. Дружби, 84, м. Косів, Івано-Франківська обл., 78600, Україна. Тел.: +034-78-23-709. E-mail: [pogribnyj@i.ua](mailto:pogribnyj@i.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8428-6514>

<sup>3</sup> Томич Марія Василівна – кандидат біологічних наук, начальник лабораторії екологічного моніторингу. Національний природний парк «Гуцульщина», вул. Дружби, 84, м. Косів, Івано-Франківська обл., 78600, Україна. Тел.: +034-78-23-709. E-mail: [maritom82@ukr.net](mailto:maritom82@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7274-3618>

<sup>4</sup> Часковський Олег Григорович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +032-237-80-94. E-mail: [oleh.chaskov@gmail.com](mailto:oleh.chaskov@gmail.com) ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624> Scopus ID: 26323447500

<sup>5</sup> Ванджурак Павло Іванович – здобувач наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів 79057, Україна. Тел.: +0322-378094. E-mail: [pavlov.76@ukr.net](mailto:pavlov.76@ukr.net)

<sup>6</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: [debrynuk\\_ju@ukr.net](mailto:debrynuk_ju@ukr.net) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>



**Вступ.** Покутські Карпати розташовані у південно-східній частині північного мегасхилу Український Карпат і займають площу 659,7 км<sup>2</sup>, що складає близько 3% площі Українських Карпат (Гостюк, Мельник, 2017). Площа лісів Покутських Карпат становить 39,1 тис. га, з них, частка природних ялинових лісостанів – 8,2 тис. га або 21% площі лісів регіону. Близько 30,3% території Покутських Карпат віднесено до природно-заповідного фонду. Лісове господарство на цій території здійснюють п'ять лісокористувачів: ДП «Кутське ЛГ», ДП «Верховинське ЛГ», ДП «Гринявське ЛГ», Косівське районне підприємство «Райагроліс», Верховинський районний лісгосп та Національний природний парк «Гуцульщина».

Породний склад і структура лісів Покутських Карпат змінювалися відповідно до кліматичних умов геологічних періодів. Зокрема, Г.В. Козій (1950) виділяв шість стадій розвитку гірських східно-карпатських лісів. Так, у ранньому голоцені тут переважали мішані ліси з домінуванням *Pinus sylvestris* L. за участю *Picea abies* (L.) Karst.; в останньому льодовиковому періоді домінувала соснова стадія, лише з мінімальною часткою ялини або верби; у післяльодовиковий період – березово-соснова стадія з вербою та сосною кедровою у високогір'ї; пізніше – стадія хвойно-широколистяних ялиново-дубових лісів; ще пізніше – ялицево-букова стадія.

У першому тисячолітті використання лісів Гуцульщини людиною було здебільшого фрагментарним і не мало системного характеру. Інтенсивне освоєння цієї території припало на друге тисячоліття, яке почалося з примітивного випасання худоби та вирощування сільськогосподарських культур на полях поблизу населених пунктів і закінчилося масовим зрубуванням лісів у XIX-XX ст. внаслідок розвитку сільського господарства, промисловості та влаштування нових поселень. Впродовж агрокультурного періоду висотне розташування рослинності Карпат значно змінено, що найсильніше проявилось через трансформацію ялицево-букових лісів у ялинники та польові угіддя. Зміни мають висотний характер, будучи наймасштабнішими у поясі букових лісів (до висоти 800 м н.р.м.). Деякі слабші зміни відбулись у смугі мішаних лісів ялинового поясу (800-1100 м н.р.м.) і найслабші – в ялиновій смугі верхнього поясу (понад 1100 м н.р.м.) (Клапчук, 2006).

Історія досліджень лісів Покутських Карпат така ж давня, як і інших частин Українських Карпат і Прикарпаття. У XIX ст. флору Галичини описував В. Besser (1809). Територію регіону фрагментарно досліджували Е. Wittman (1824a, 1824b), А. Zawadzki (1835), F. Herbich (1865), А. Śleńdziński (1875, 1876), М. Raciborski (1886), L. Waigl (1883), I. Jachno (1884), О. Wołoszczak (1888). Рослинний покрив описав в етнографічній праці В. Шухевич (1899-1908). Фрагментарні дані подають також А. Wroblewski (1917), Н. Kozij (1936). Опис рослинного покриву наведено також у працях: Flora Polska

(1919-1980) за редакцією В. Шафера та у визначнику рослин Польщі (Szafer, Kulczyński, & Pawłowski, 1924). Р. Kontny (1937) виявив на досліджуваній території пеньки *Taxus baccata* L.

Рослинність Покутських Карпат у післявоєнний час вивчали співробітники кафедри ботаніки Чернівецького університету ім. Ю. Федьковича (Артемчук, Барикіна, 1965; Артемчук, Якимчук, 1973). Важливим етапом у вивченні лісових екосистем Українських Карпат став організований у 1964 р. Карпатський філіал при Українському науково-дослідному інституті лісівництва і агролісомеліорації імені Г.М. Висоцького (тепер – Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака). Тут здійснювали наукові дослідження, спрямовані на вирішення основних проблем лісового господарства (Пастернак, 1961; Трибун, 1969; В.І. Парпан, Шпарик, Лосюк, 2003; В.І. Парпан, Шпарик, Т.В. Парпан, 2006 та ін.). Значний вклад у вивчення рослинності Українських Карпат внесли вчені Інституту екології Карпат (Голубець, 1967, 2003) та НЛТУ України (Герушинський, 1996; Чернявський, 2000) та ін.

Рельєф та історичний розвиток Покутських Карпат зумовив наявність пралісових ділянок, що входять до загальної мережі пралісів Європи (Sabatini et al., 2018). Праліси є зразком природних стійких екосистем і вивчення їхньої структури є завданням наближеного до природи лісівництва (Leibundgut, 1959).

На субформацію чисті букові ліси (Fageta) формації бука лісового (Fageta silvaticae) припадає 16,6 тис. га пралісів, на субформацію чисті ялинові ліси (Piceeta) формації ялини європейської (Piceetea excelsae) – 8,3 тис. га пралісів. Букових пралісів з домішкою *Acer pseudoplatanus* L. і *Picea abies* (L.) Karst, а також за участю *Abies alba* Mill. обліковано, відповідно, 4,8 та 4,5 тис. га. Мішані темнохвойно-букові праліси за участю *Picea abies* та *Abies alba* займають відповідно 2,7 і 1,0 тис. га (В.І. Парпан, Стойко, Т.В. Парпан, 2013).

Беручи до уваги характерні ценотичні ознаки пралісу, С.М. Стойко (2018) дає таке його визначення: *праліс* – це сформована упродовж філоценогенезу екосистема, в якій представлені усі вікові групи – від ювенільної до групи розпаду ценозу, взаємозв'язки між автотрофним і гетеротрофним блоками та педосферою, й тому він функціонує як саморегульована екосистема. Поряд з цим, *квазі-праліси* – це екосистеми, в окремих парцелях яких проявився незначний тимчасовий антропогенний вплив, який однак не змінив її природної ценотичної структури. У разі його припинення, впродовж певного періоду часу може відтворитися природний стан екосистеми.

Букові праліси Українських Карпат вивчено та описано вітчизняними і зарубіжними вченими досить повно (В.І. Парпан, Стойко, 1999; Чернявський, 2000; Brändli, Dowhanytsch, 2003; Стойко, 2018). Проте, ялинові праліси Українських Карпат ще недостатньо вивчені, а їхня структура може слу-

гувати еталоном формування стійких смерекових насаджень Українських Карпат.

**Об’єкти та методика досліджень.** *Об’єкт досліджень* – природні ялинові ліси Покутських Карпат. *Предмет дослідження* – стан і структура природних ялинових лісів регіону, тенденції динаміки їхнього розвитку. *Мета досліджень* – оцінювання стану і структури природних ялинових угруповань Покутських Карпат.

Відповідно до проекту WWF-Україна «Ідентифікація пралісів Українських Карпат», обстежено ліси Покутських Карпат для визначення належності лісових територій до пралісових, квазіпралісових і природних ялинових угруповань. Основні таксаційні характеристики та динаміку сукцесій ялинових лісостанів проаналізовано на прикладі постійної пробної площі (ППП), закладеної в ялиновому природному лісі в умовах вологої чистої високогірної сушмеречини. Досліджуваний природний ліс відповідає практично всім ознакам ялинового пралісу, за винятком площі (< 20 га). Тому досліджуваний об’єкт можна вважати природним лісом, який за своїми характеристиками максимально наближений до пралісу.

Польові дослідження здійснено з 2010 р. з п’ятирічним інтервалом відповідно до методики екологічного моніторингу II рівня за програмою «ICP-Forest» із частковим доповненням положеннями загальноприйнятих методик з лісівничо-таксаційних досліджень (ГОСТ..., 1984; Вицега, Гриник, 2004; Герушинський, 1996; Король, Горошко, 2000; Горошко, Миклуш, Хомюк, 2004; Горошко та ін., 2012). Всю територію постійної пробної площі поділяли на квадрати розміром 10 × 10 м та присвоювали умовні координати  $x$  і  $y$  для подальшого визначення місцеположення розташованих на ППП дерев (Гриник, 2006; Вайс, 2007; Бойко, Тарнопільський, 2011).

Під час обстеження дерев здійснювали їх розподіл за шкалою Крафта на: домінуючі, що виді-

ляються над наметом деревостану (I); панівні, що представляють головну частину деревостану (II); субпанівні, що входять до загального намету деревостану, але частково затінені (III); пригнічені, що досягають нижньої частини намету деревних крон (IV); цілком пригнічені, майже позбавлені гілок і відмирають (V); всохлі, мертві дерева (V<sup>a</sup>).

*Таксаційні та біометричні показники лісостанів* визначали за методичними положеннями М. П. Горошка, С. І. Миклуша, П. Г. Хомюка (2004) та М. М. Грома (2005). Середні висоти дерев вираховували за формулою Чамана-Ріхарсона (Король, Горошко, 2000):

$$H = a(1 - e^{-bD_{1.3}})^c,$$

де  $H$  – висота дерева, м;  $D$  – діаметр дерева, см;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти рівняння.

На підставі розрахованої висоти й діаметра для кожної ступені товщини у розрізі деревного виду розраховували видове число за формулою (Король, 2000):

$$f = \frac{1}{1 + e^{(b_1 + \frac{b_2}{\ln(d)} + \frac{b_3}{\ln(h)} + b_4 \cdot h^d)}},$$

де  $d$  – діаметр дерева на висоті 1,3 м, см;  $h$  – висота дерева, м;  $b_1, \dots, b_4$  – коефіцієнти рівняння.

*Просторову структуру деревостанів* вивчали на підставі вертикального й горизонтального розміщення дерев. Для дослідження горизонтальної структури, а також диференціації дерев у ступенях товщини використали бімодальний розподіл:

$$f(x) = g \cdot f_u(x) + (1 - g) \cdot f_o(x),$$

де  $f_u(x)$  – функція розподілу Вейбула для нижнього ярусу;  $f_o(x)$  – функція розподілу Вейбула для верхнього ярусу;  $g$  – параметр зв’язку двох функцій. Звідки,

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{якщо } x \leq a_u \\ g \cdot \left[ \frac{c_u}{b_u} \cdot \left( \frac{x - a_u}{b_u} \right)^{c_u - 1} \cdot e^{-\left( \frac{x - a_u}{b_u} \right)^{c_u}} \right] & \text{якщо } a_o < x \leq a_u \\ g \cdot \left[ \frac{c_u}{b_u} \cdot \left( \frac{x - a_u}{b_u} \right)^{c_u - 1} \cdot e^{-\left( \frac{x - a_u}{b_u} \right)^{c_u}} \right] + (1 - g) \cdot \left[ \frac{c_o}{b_o} \cdot \left( \frac{x - a_o}{b_o} \right)^{c_o - 1} \cdot e^{-\left( \frac{x - a_o}{b_o} \right)^{c_o}} \right] & \text{якщо } a_o < x \end{cases}$$

де  $x$  – значення варіанти, ступеня товщини;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коефіцієнти рівняння.

*Тип просторового розміщення* дерев на ППП визначали шляхом визначення індексу Клафам-Кокса, за яким встановлювали тип розміщення особин. Для цього дослідну ділянку поділяли на квадрати (10 × 10 м) і обліковували кількість дерев у кожному з них. Надалі встановлювали середню

кількість дерев у квадраті, як частку від загальної кількості дерев на дослідній ділянці до кількості квадратів на цій ділянці. Значення індексу розраховували, як частку дисперсії до середньої кількості дерев (Король, 2000; Гриник, 2006; Вайс, 2007; Бойко, Тарнопільський, 2011; Горошко та ін., 2012):

$$I_c = \frac{\delta^2}{n}$$

де  $I_c$  – індекс Кокса;  $\delta^2$  – дисперсія;  $n$  – середня кількість дерев в одному квадраті, шт.

На підставі значення індексу встановлювали тип розміщення: рівномірний (при  $I_c < 1,0$ ); груповий (при  $I_c > 1,0$ ) або випадковий (при  $I_c = 1,0$ ).

Видову структуру визначали за індексом Шеннона:

$$H'(p_1, p_2, \dots, p_s) = -\sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i),$$

де  $H'$  – індекс Шеннона;  $s$  – кількість особин, шт.;

$$p_i = n_i / N,$$

де  $n_i$  – кількість особин одного виду, шт.;  $N$  – загальна кількість особин, шт.

На підставі значення індексу визначали видову структуру: дуже низька (при  $H < 0,06$ ); низька (при  $0,05 < H < 0,16$ ); середня (при  $0,15 < H < 0,31$ ); висока (при  $0,30 < H < 0,61$ ); дуже висока (при  $H > 0,60$ ).

Опис трав'яної рослинності здійснювали за методикою Браун-Бланке, а проективне вкриття лісових трав'яних видів (%) визначали окомірно. Знаком «+» позначали проективне вкриття виду, якщо воно становило менше 1% або за наявності хоча б однієї особини трав'яного виду на ППП.

Приналежність лісостанів до пралісів, квазіпралісів і природних лісів Покутських Карпат встановлювали відповідно до положень «Методики визначення належності лісових територій до пралісів, квазіпралісів і природних лісів (2018).

Для достовірного встановлення загальної лісистості Покутських Карпат використано новітні GIS-методи дослідження, багатоканальні супутникові знімки Landsat та уточнену сучасну межу Покутських Карпат (Миклуш, Горошко, Часковський 2006; Гостюк, Мельник, 2017). За допомогою GIS-програм нами в межах території досліджень було розподілено пікселі растрового шару супутникового знімка на різні категорії земель, а саме: на хвойні ліси, листяні ліси, мішані ліси, луки, пасовища, рілля, забудови, сади, води, кам'яні розсипища; в автоматичному режимі вираховано кількість пікселів, розміром  $30 \times 30$  м (рис. 1). Отже, перемноживши кількість пікселів на їхню площу встановлено загальну площу лісів регіону – 39,1 тис. га, з яких площа хвойних лісів становить 17,2 тис. га.

**Результати та обговорення.** Деякі дослідники виділяли в Українських Карпатах п'ять рослинних поясів: передгірський, нижній гірський лісовий, верхній гірський лісовий, субальпійський і альпійський (Комендар, 1957; Котов, Чопик, 1960). Проте М. А. Голубець (1967, 2003) вважав, що цей поділ на пояси не дає можливості розкрити геоботанічну сутність та еколого-географічну обумовленість висотного розподілу рослинності, і тому основою для виділення рослинних поясів повинна слугува-

ти карта корінного рослинного покриву. Виходячи з цього положення, існує підстава стверджувати, що в Покутських Карпатах, починаючи з висоти понад 900 м н.р.м., серед хвойних і мішаних лісів корінними є виключно смерекові деревостани. Ліси з перевагою *Abies alba* формуються на нижчих висотах, а чисті соснові деревостани на території досліджуваного регіону відсутні. На створеній цифровій моделі рельєфу Покутських Карпат було побудовано ізолінії по висотних відмітках у 900 м н.р.м. та здійснено обчислення кількості пікселів за відповідними категоріями земель. За результатами підрахунків встановлено, що природні ялинові ліси на території Покутських Карпат займають площу 8,2 тис. га.

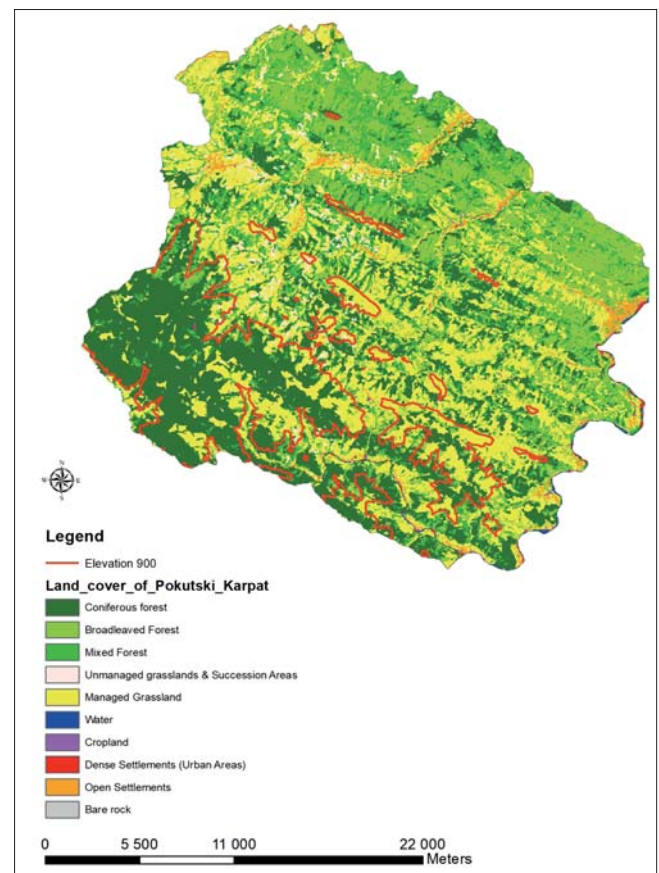


Рис. 1. Розподіл території Покутських Карпат за категоріями земель (за З. В. Гостюк, А. В. Мельник, 2017)

Характеристику структури, стану, природного поновлення і трав'яного вкриття природних ялинових лісів Покутських Карпат розглянемо на прикладі ППП №5, закладеної у кв. 29, вид. 24 Космацького лісництва ДП «Кутське ЛГ». Пробна площа закладена у серпні 2010 р., а повторні обстеження здійснено у серпні 2015 та липні 2020 років. Характеристика ділянки така: категорія – заповідна зона НПП «Гуцульщина» без вилучення у користувачів (заповідне урочище «Грегит»); висота над рівнем моря 1334-1360 м; ґрунти – бурі гірсько-лісові; тип лісорослинних умов – вологий сугруд ( $C_3$ ); тип лісу – чиста волога високогірна сусмеречина ( $C_3$ -См) (рис. 2).





Рис. 2. Фрагменти загального вигляду ялинового лісостану в умовах чистої високогірної сусмеречини (ППП №5)

Постійна пробна площа має прямокутну форму (62,5 × 80 м, 0,5 га), обмежена візирами і по периметру відзначена білою фарбою. Прив'язку ППП здійснено шляхом встановлення географічних координат за допомогою GPS-технологій. Під час дослідження визначали основні таксаційні показники всіх дерев у деревостані. Статистична характеристика розподілу дерев ялини європейської на ППП №5 за діаметром представлена в табл. 1. Наведені дані дають підставу стверджувати, що вибірка на ППП є репрезентативною, а її статистичні показники – достовірними, оскільки дослід виконано з точністю 98,06%.

Лісостан на ППП №5 представлений двоярусним, з частковим вираженням третього ярусу, корінним різновіковим чистим ялиновим деревостаном. Варто відзначити, що деревостан росте у від-

носно багатих лісорослинних умовах, про що свідчать його достатньо високі загальні таксаційні показники (табл. 2).

Динаміка кількісних характеристик деревостану (табл. 3) за останні 10 років свідчить про деяке зменшення загальної кількості дерев. Впродовж 2015-2020 рр. відзначено різке збільшення особин ялини у другому ярусі, тоді як третьому ярусі кількість дерев стабільно низька. Кількість живих дерев першого ярусу впродовж 10-річного періоду спостережень суттєво знизилась (майже на 24%).

Показники абсолютної та відносної повноти деревостану протягом 10-річного періоду дослідження є досить високими і подібними. Середній діаметр впродовж дослідження виявляє тенденцію до деякого зростання, тоді як показник середньої висоти змінюється слабо.

Таблиця 1

**Статистика ряду розподілу дерев за діаметром на ППП №5**

Середній діаметр, $D_{1,3}$ , см	Середньоквадратичне відхилення, см	Коефіцієнт варіації, %	Асиметрія	Експес	Точність дослід, %
38,0 ± 0,70	11,94 ± 0,49	33,12 ± 1,51	-0,19 ± 0,14	-0,34 ± 0,29	1,94

Таблиця 2

**Таксаційні характеристика ялинового деревостану на ППП №5**

Деревний вид	Загальна кількість дерев, шт.	Абсолютна повнота, м <sup>2</sup> /га	Середні			Запас деревини, м <sup>3</sup>
			D, см	H, м	A, роки	
Ялина європейська	292	33,08	38,0	27,1	30-120	460,9
Разом на 1 га	584	66,16	38,0	27,1		921,8

Примітка. У загальну кількість дерев включено живі та сухостійні особини

Запас стовбурової деревини живих дерев має тенденцію до збільшення, особливо впродовж останнього 5-річного періоду. Поряд з цим, протягом цього ж проміжку часу спостережено різке зростання запасу деревини сухостійних особин, особливо – третього і другого ярусів.

Варто відзначити високу частку дерев без пошкоджень, хоча все ж існує тенденція до деякого зниження показника категорії їхнього стану.

Розподіл деревини живих і сухостійних дерев за запасом в межах ступенів товщини представлено на рис. 2. Найбільший запас деревини формують живі

дерев з діаметром стовбурів 40-48 см. Це дерева першого ярусу – домінуючі і панівні, меншою мірою – субпанівні.

Найбільший запас сухоостою формують дерева діаметром 28-36 см. Серед найкраще розвинутих дерев, які мають високий показник діаметра (48 см і більше), сухостій практично відсутній.

Варто відмітити, що досить значна амплітуда коливань дерев ялини європейської за діаметром дає підставу стверджувати про різновіковість деревостану. Додатковою підставою цьому твердженню є наявність у лісостані трьох деревних ярусів, а також підросту різних вікових і висотних категорій.

Наведена діаграма на рис. 3 підтверджує, що найбільша частка дерев (72,5%) росте в першому ярусі. Четверта частина дерев (25,7%) формує другий ярус. Третій ярус є слабо вираженим, відносна кількість дерев в якому складає близько 2%.

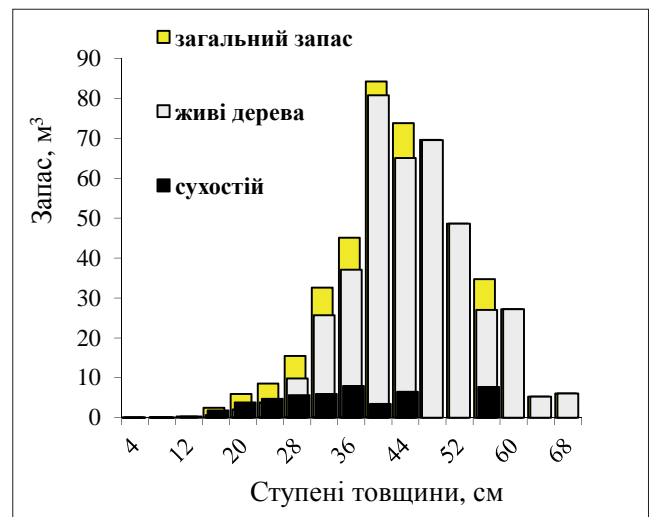


Рис. 2. Розподіл дерев за запасом стовбурової деревини на ППП №5 станом на 2020 рік

Таблиця 3

**Лісівничо-таксаційна характеристика ялинового деревостану на ППП №5**

Склад ярусу	Породи	Кількість живих дерев на 1 га		Абсолютна повнота, м²·га⁻¹	Відносна повнота	Середній діаметр, см	Середня висота, м	Запас стовбурової деревини живих дерев на 1 га		Сухостій, м³·га⁻¹	Клас за Крафтом	Середня категорія стану
		шт.	%					м³	%			
<b>2010 рік</b>												
<b>Ярус 1</b>												
10 См	См	414	84	51,3	0,83	39,8	30,4	640,5	93,4	4,2	2,1	1,3
<b>Ярус 2</b>												
10 См	См	69	14	3,6	0,08	26,1	23,1	42,5	6,3	9,9	2,9	2,1
<b>Ярус 3</b>												
10 См	См	8	2	0,2	0,01	18,2	16,7	2,5	0,3	38,0	3,2	2,2
<b>Весь деревостан</b>												
10 См	См	491	100	55,1	0,92	37,5	29,6	685,5	100	52,1	3,0	1,4
<b>2015 рік</b>												
<b>Ярус 1</b>												
10 См	См	371	77	50,35	0,84	40,8	30,5	630,6	88,2	13,1	1,9	1,8
<b>Ярус 2</b>												
10 См	См	110	23	7,09	0,12	27,8	26,2	84,2	11,8	12,1	2,4	2,6
<b>Ярус 3</b>												
10 См	См	2	0	0,03	0,00	14,3	15,7	0,4	0,0	10,8	2,7	2,9
<b>Весь деревостан</b>												
10 См	См	483	100	57,48	0,96	37,7	29,7	715,2	100	36,0	2,1	2,0
<b>2020 рік</b>												
<b>Ярус 1</b>												
10 См	См	316	72,5	49,3	0,81	44,2	30,3	736,1	88,3	13,9	2,0	1,9
<b>Ярус 2</b>												
10 См	См	112	25,7	8,1	0,14	28,9	27	96,2	11,5	27,4	2,6	2,7
<b>Ярус 3</b>												
10 См	См	8	1,8	0,2	0,01	26,1	17	1,4	0,2	46,8	2,7	3,0
<b>Весь деревостан</b>												
10 См	См	436	100	57,6	0,96	40,6	28,8	833,7	100	88,1	2,5	2,4

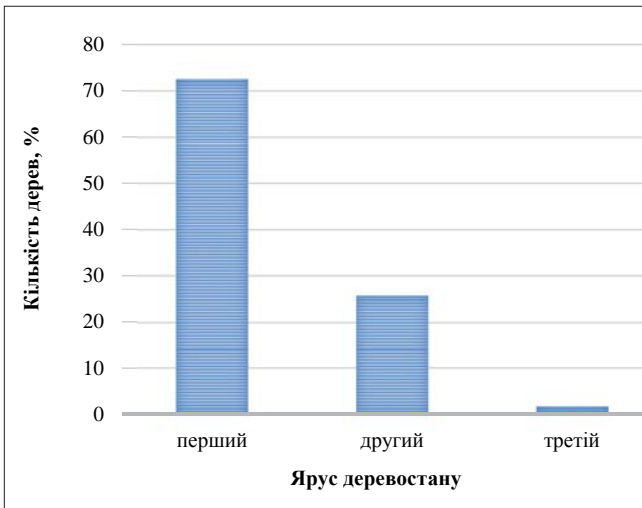


Рис. 3. Розподіл кількості дерев за ярусами у деревостані на ППП №5 станом на 2020 рік

Згідно з положеннями методики екологічного моніторингу II рівня за програмою «ICP-Forest», за таксаційною будовою деревостан є триярусним. Криві, що відображають динаміку висот дерев ялини кожного ярусу за ступенями товщини, наведено на рис. 4.

Фактичний розподіл дерев ялини європейської в досліджуваному деревостані наближається до модального розподілу, а, отже, цей аспект підтверджує природний процес розвитку деревостану (без втручання людини). Наявність грубих (і найстарших!) особин ялини у деревостані є ще одним підтвердженням природного розвитку лісостану (рис. 5).

Окрім лісівничо-таксаційних показників досліджуваного деревостану, встановлено і біологічно-екологічні особливості дерев на ППП. Нами здійснено розподіл дерев за класами Крафта, категоріями санітарного стану, пошкодженням крони і стовбура (табл. 4-6).

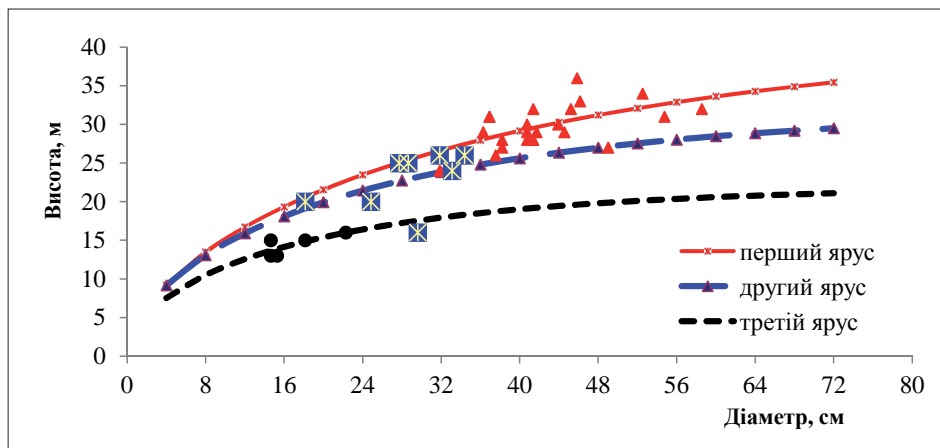


Рис. 4. Розподіл висоти дерев ялини європейської в межах ярусів деревостану на ППП №5 за результатами моніторингу 2020 року

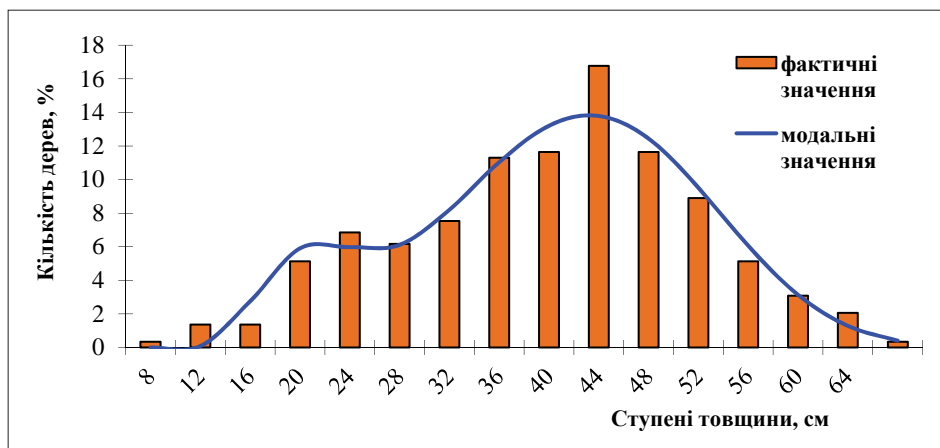


Рис. 5. Розподіл кількості живих дерев ялини за ступенями товщини в деревостані на ППП №5 станом на 2020 рік

Проаналізувавши розподіл дерев ялини за класами Крафта, можна стверджувати, що структура деревостану відповідає такому, який розвивається природним шляхом. Співвідношення дерев ялини різних класів є близьким до оптимального та відповідає принципу природному розвитку лісостану. Присут-

ність дерев V<sup>a</sup> та V<sup>b</sup> класів також свідчить про природність проходження процесів розвитку деревостану та мінімальний вплив на них з боку людини.

Категорія санітарного стану є одним із найважливіших біологічних показників дерев у деревостані. У табл. 5 представлено розподіл дерев за відповідними



категоріями стану. За наведеними результатами можна стверджувати, що санітарний стан дерев у досліджуваному деревостані є задовільним. Так, найбільшу частку представляють особини без ознак ослаблення; разом із ослабленими вони складають 73% від загальної кількості дерев. Проте досить високою часткою у лісостані представлений і сухостій – 25,4%. Останній складений переважно пригніченими та цілком пригніченими в минулому деревами.

Таблиця 4

**Розподіл дерев ялини європейської на ППП №5 за класами Крафта**

Одиниці виміру	Клас Крафта						Разом
	I	II	III	IV	V <sup>a</sup>	V <sup>b</sup>	
шт./га	186	200	44	12	142	0	584
%	31,8	34,2	7,5	2,1	24,3	0,0	100,0

Використання нових методик, особливо тих, що активно застосовують у багатьох іноземних

наукових установах, на сьогодні є важливим напрямом удосконалення наукових досліджень. Однією із них є методика IUFRO для визначення комплексної стійкості деревостану. Нами використано цю методику під час здійснення польових досліджень на ППП. Особливості розподілу дерев за класами IUFRO, згідно з положеннями цієї методики, наведено у табл. 6.

За результатами останнього моніторингу (2020 р.), частка дерев без пошкоджень по деревостану загалом залишається відносно стабільною і становить в середньому 22-26% впродовж періоду досліджень. Найменшу варіабельність за цим показником відзначено у дерев першого, найвищу – у дерев другого ярусів.

Клас життєвості дерев впродовж 10-річного періоду досліджень вказує на високу і середню життєвість особин (1,4-1,8) з чіткою тенденцією до зниження цього показника. За результатами досліджень 2020 р., найвища життєвість притаманна деревам першого ярусу, тоді як особини другого і третього ярусів відзначаються середнім показником життєвості.

Таблиця 5

**Розподіл дерев ялини на ППП №5 за категорією санітарного стану**

Одиниці виміру	Категорія санітарного стану дерева						Разом
	без ознак ослаблення	ослаблені	сильно ослаблені	всихаючі	свіжий сухостій	сухостій минулих років	
шт./га	328	98	8	2	64	84	584
%	56,2	16,8	1,4	0,3	11,0	14,4	100,0

Таблиця 6

**Розподіл дерев ялини європейської за класами IUFRO та пошкодженнями у досліджуваному деревостані**

Кількість живих дерев, шт./га	Частка дерев без пошкоджень, %	Класи IUFRO (середні)						Кількість дерев за видами пошкоджень (шт./га)									
		ярус	життєвість	положення	лісівнича цінність	товарність	довжина крони	сухі сучки	суха верхівка	зламана верхівка	нихил	дві верхівки	тріщини	вигин	механічні пошкодження	дупла	трутовики
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>2010 рік</b>																	
Ярус 1																	
414	24,6	1	1,3	2,1	4,2	4,1	4,5	296	2	2	12	6	6	10	6	8	-
Ярус 2																	
69	36,2	2	1,7	1,4	4,7	4,2	4,8	31	2	2	6	-	-	2	2	-	-
Ярус 3																	
8	0,0	3	2	1,2	5	5	4,7	4	-	-	2	-	-	-	2	-	-
Весь деревостан																	
<b>491</b>	<b>25,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>2</b>	<b>4,3</b>	<b>4,1</b>	<b>4,6</b>	<b>331</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>-</b>
<b>2015 рік</b>																	
Ярус 1																	
356	26,4	1	1,5	2,2	4,1	4,0	4,7	238	-	-	4	2	17	-	6	6	-

Продолж. табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ярус 2																	
106	9,4	2	2,0	1,5	4,5	4,3	5,1	60	2	23	2	2	6	-	2	2	-
Ярус 3																	
2	0,0	3	2,0	2,0	5,0	5,0	5,0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Весь деревостан																	
<b>464</b>	<b>22,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,6</b>	<b>2,1</b>	<b>4,2</b>	<b>4,1</b>	<b>4,8</b>	<b>300</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>-</b>
<b>2020 рік</b>																	
Ярус 1																	
316	20,9	1	1,6	1,6	4	4	4,9	229	1	1	5	4	12	5	3	1	4
Ярус 2																	
112	29,3	2	2	2	4,85	4,7	5,1	88	4	6	4	3	7	4	2	-	1
Ярус 3																	
8	50,0	3	2	2	5,2	5,1	5,5	8	-	18	1	-	-	1	-	-	-
Весь деревостан																	
<b>436</b>	<b>26,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>4,8</b>	<b>4,6</b>	<b>5,1</b>	<b>325</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>

Показник класу положення дерева у деревостані підтверджує, що більшість дерев не мають ознак пригнічення, тобто володіють необхідним простором для росту. Його середнє значення для деревостану складає 1,81, а для ярусів – 1,6-2,0. Що стосується динаміки цього показника, то за останніх п'ять років він дещо зменшився за рахунок збільшення дерев у другому і третьому ярусах.

Клас лісівничої цінності дерев в межах ярусів помітно знижується – від 4,0 (перший ярус) до 5,2 (третій ярус), що цілком закономірно з огляду на ярусне розташування особин. Впродовж 10-річного циклу досліджень також спостережено деяке зниження показника (від 4,3 до 4,8), що є результатом динамічного зменшення дерев першого ярусу впродовж 10-річного періоду.

Показники класу товарності дерев за ярусами змінюються від 4,0 у першому до 5,1 – у третьому ярусах. Можна відзначити високу товарність дерев першого ярусу, де переважають ділові стовбури ялини. Загалом показник має незначну тенденцію до зменшення, насамперед, внаслідок зниження кількості дерев ялини у першому ярусі, де переважають ділові екземпляри.

Середнє значення класу довжини крони становить 5,1, а в межах ярусів показник змінюється від 4,9 до 5,5. На основі отриманих значень можна стверджувати, що більшість дерев мають крону, довжина якої становить більш ніж половину висоти стовбура. Такі дерева складають основну (стабілізує) частину деревостану. Поряд з цим, упродовж 10-річного періоду спостережено деяке зменшення показника класу довжини крони, що може свідчити про зниження біотичної стійкості насадження загалом.

Основними видами пошкоджень, які виявлено у деревостані на ППП №5, є наявність значної кількості дерев з різною часткою (від 10 до 70%) сухих сучків (325 шт./га). Досить часто трапляються дерева зі зламаною (25 шт./га) та сухою верхівкою (5 шт./га), з двома верхівками (7 шт./га), а також дерева з тріщинами (19 шт./га). Кількість нахилених дерев і дерев з вигнутим стовбуром становить, відповідно, по 10 шт. на 1 га. На поодиноких деревах виявлено трутовики, дула та механічні пошкодження (1-5 шт./га).

Динаміка пошкоджень впродовж останнього десятиріччя доволі стабільна. Трутовики виявлено лише під час останнього обстеження (2020 р.), що підтверджує поступове зниження біотичної стійкості деревостану загалом.

Окрім лісівничо-таксаційних показників деревостану, нами також досліджено просторову та видову його структури. Просторову горизонтальну структуру досліджували шляхом присвоєння кожному обліковому дереву на ППП умовних координат за допомогою координатної сітки. Просторове розташування дерев на ППП №5 зображено на рис. 6.

Згідно встановленого індекса Кокса (1,2), для досліджуваного деревостану характерний груповий тип розташування дерев, який визначається, насамперед, розташуванням дерев першого ярусу. Такий тип розміщення притаманний деревостанам природного походження, які і надалі продовжують розвиватися природним шляхом без антропогенного втручання. Зімкнутість крон в куртинах змінюється від 0,8 до 1, а середня повнота на ППП становить 0,96.

Розрахований для лісостану індекс різноманітності Шеннона виявився дуже низьким ( $H < 0,06$ ),

оскільки об'єктом дослідження є чистий ялиновий деревостан.

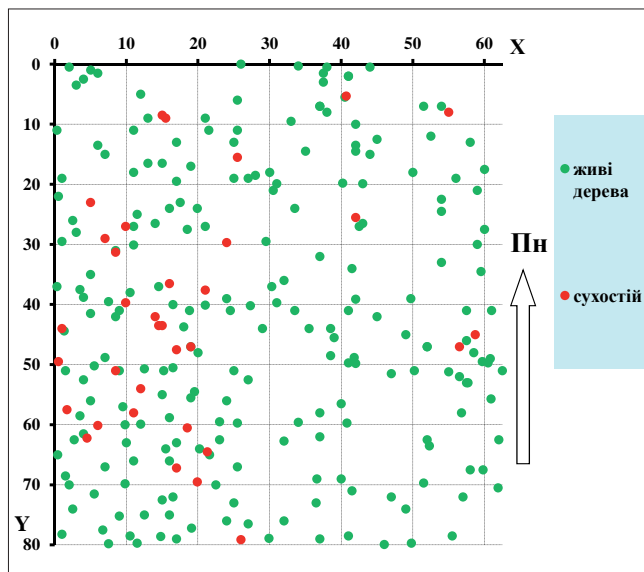


Рис. 6. Горизонтальне розташування дерев ялини європейської на ППП №5

Розподіл мертвої лежачої деревини за ступенем розкладання наведено у табл. 7. На досліджуваній пробній площі знаходиться 230 мертвих лежачих

дерев або їхніх частин із запасом 86,4 м<sup>3</sup>/га. Найбільший запас характерний для тих особин, деревина яких знаходиться у фазі сильного розкладання – 48,6 м<sup>3</sup>/га.

Впродовж останнього п'ятиріччя відзначено збільшення запасу мертвої деревини, особливо на 1-й та 4-й стадіях розкладання. Поряд з цим, запас мертвої лежачої деревини, порівняно з 2010 р. (128,8 м<sup>3</sup>/га), дещо зменшився, особливо на сильній і слабкій стадіях розкладання.

Дослідження процесу проходження природного поновлення деревних порід на ППП здійснено за методикою обліку підросту IUFRO, котра передбачає закладання п'яти кругових облікових площадок площею 20 м<sup>2</sup> кожна. На облікових площадках до розрахунку включали всю кількість підросту із його поділом на висотні групи.

Загальний розподіл підросту із його перерахунком на 1 га представлено в табл. 8. Варто відзначити високу чисельність підросту ялини найнижчих висотних груп. Цей молодий підріст з'являється у «вікнах» лісового намету на місці вітровальних і буреломних дерев. Проте він не довговічний і, внаслідок дії несприятливих природних чинників (засухи, задерніння ґрунту тощо), гине впродовж наступних декількох років, що підтверджено низькою кількістю ялинового підросту у вищих висотних групах.

Таблиця 7

**Розподіл запасу мертвої лежачої деревини у природному лісостані за ступенем розкладання**

Порода	Запас, м <sup>3</sup> /га	К-сть колод, шт./га	Запас за ступенем розкладання, м <sup>3</sup> /га			
			1	2	3	4
<b>2010 рік</b>						
Ялина	128,7	289	7,9	13,7	53,9	53,2
<b>2015 рік</b>						
Ялина	62,2	100	3,4	10,8	18,6	29,4
<b>2020 рік</b>						
Ялина	86,4	230	13,9	10,9	13,0	48,6

Таблиця 8

**Результати обліку підросту деревних порід на ППП №5**

Порода	В тому числі за висотними групами, шт./га							Всього, шт./га
	10-20 см	21-30 см	31-50 см	51-70 см	71-90 см	91-130 см	>130 см	
<b>2010 рік</b>								
Ялина	5750	2750	1250	125	62	125	-	10062
Горобина	-	-	-	62	125	62	-	249
Разом	5750	2750	1250	187	187	187	-	10311
<b>2015 рік</b>								
Ялина	7812	3906	2995	1302	651	781	260	17707
Горобина	-	-	-	391	-	130	260	781
Разом	7812	3906	2995	1693	651	911	520	18488
<b>2020 рік</b>								
Ялина	13900	1600	1600	100	100	100	100	17500
Разом	13900	1600	1600	100	100	100	100	17500



Динаміка кількості природного поновлення впродовж останніх п'яти років суттєво не змінилась, однак суттєво збільшилась порівняно з 2010 роком. Збільшення кількості підросту відбувається за рахунок ялини, особливо у першій висотній групі. Натомість кількість підросту в інших висотних групах суттєво зменшилася. Отримані результати підтверджують, що частина природного поновлення гине з переходом у більшу висотну групу і цей аспект зумовлює проблему під час формування корінного деревостану.

Підлісок на пробній площі відсутній. Проте присутні трав'яні види, які формують тут досить щільний покрив, проективне вкриття якого становить 80-85%. Активна вегетація на досліджуваній ППП починається лише наприкінці травня, що є характерною особливістю для середньогірної частини Парку.

У травні 2020 р. на ППП-5 ідентифіковано минулорічні пагони п'яти видів трав'яних рослин з проективним вкриттям 70%. У липні обліковано 34 види із загальним проективним вкриттям 85%. Видовий склад трав'яних рослин з їх проективним вкриттям (%) на ділянці такий: *Luzula sylvatica* (Hudson) Gaudin – 30, *Athyrium filix-femina* (L.) Roth. – 25, *Vaccinium myrtillus* L. – 15, *Oxalis acetosella* L. – 15, *Dryopteris dilatata* Hoffm. A. Gray – 12, *Homogyne alpine* (L.) Cass. – 15, *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart. – 5, *Rumex pseudoalpinus* Hoeffft – 5, *Soldanella hungarica* Simonk. – 5, *Campanula patula* L. – 3, *Circaea alpina* L. – 3, *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm. – 3, *Agrostis capillaris* L. (*A. tenuis* Sibth.) – 3, *Adenostyles alliariae* (Gouan) Kern. – 2, *Anagallis arvensis* L. – 2, *Anemone nemorosa* L. – 2, *Myosotis sylvatica* Ehrh. ex Hoffm. – 1, *Dentaria glandulosa* Waldst. et Kit. – +, *Impatiens noli-tangere* L. – +, *Symphytum cordatum* Waldst. et Kit. ex Willd. – +, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth – +, *Circaea lutetiana* L. – +, *Galeobdolon luteum* Huds. – +, *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman – +, *Hieracium sylvularum* Jord. ex Boreau – +, *Luzula luzuloides* (Lam.) Dandy et Wilmott – +, *Petasites albus* (L.) P. Gaertn. – +, *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt. – +, *Rubus hirtus* Waldst. et Kit. – +, *Rubus idaeus* L. – +, *Streptopus amplexifolius* (L.) DC. – +, *Symphytum cordatum* Waldst. et Kit. ex Willd. – +.

Отже, у середині липня на ППП у трав'яному ярусі домінували шість видів – *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Luzula sylvatica*, *Dryopteris dilatata*, *Homogyne alpine* та *Athyrium filix-femina*. За результатами десятирічних досліджень спостережено появу на ділянці видів, більш характерних для фагетальних комплексів – *Anemone nemorosa*, *Dentaria glandulosa*, *Impatiens noli-tangere*, *Symphytum cordatum*. З іншого боку, впродовж 10-річного періоду з ППП зникли трав'яні види, які траплялися поодинокі і були світлолюбнішими, ніж інші типові сільванти – *Cirsium wallsteinii* Rouy, *Gentiana asclepiadea* L., *Leucanthemum rotundifolium* (Waldst. et Kit. ex Willd.) DC. Необхідно зазначити, що на ППП у 2020 р. не виявлено *Lycopodium*

*annotinum* L., що може бути пов'язано як з глобальними кліматичними змінами, так і локальними процесами у межах досліджуваної ділянки.

Проективне вкриття мохів за моніторинговий період суттєво не змінилося і становить більше 90%, серед яких домінують *Polytrichum commune* – 60%, *Dicranum rugosum* – 30% та *Hylocomium splendens* – 3%.

Еталонами розвитку природних лісів є праліси та квазі-праліси. Саме в цих лісових угрупованнях можна відстежити природні процеси розвитку ялинових лісостанів, що відбуваються без антропогенного впливу.

За результатами інвентаризації лісових масивів Українських Карпат (відповідно до проекту WWF-Україна «Ідентифікація пралісів Українських Карпат») нами створено інтерактивну карту поширення пралісів і квазіпралісів досліджуваної території. За допомогою GIS-програм на карту накладено межі Покутських Карпат та отримано схему розташування пралісових угруповань на цій території (рис. 7). Варто зазначити, що на карту нанесено об'єкти, які вже отримали офіційний статус пралісових та квазіпралісових ділянок, а також ті, які проінвентаризовано, однак статус яких ще не погоджено з постійними землекористувачами. Загалом на території Покутських Карпат офіційний статус отримали 65,3 га ялинових пралісів, проте ще 267 га ялинових пралісів і квазіпралісів не отримали погодження на присвоєння цього статусу від постійних землекористувачів.



Рис. 7. Схема розташування пралісів і квазіпралісів Покутських Карпат (<http://gis-wwf.com.ua/>)

**Висновки.** Природні ялинові ліси займають найвищі хребти та вершини середньогір'я Покутських Карпат на висотах 900-1400 м н.р.м. і виконують, насамперед, протиерозійні, водорегулятивні, ґрунтозахисні та інші важливі функції.

Природні ялинові ліси Покутських Карпат характеризуються такими показниками: високою кількістю дерев та високим запасом стовбурової деревини; значним запасом мертвої лежачої деревини; близькою до середньої життєвістю дерев і високою

х товарністю; достатньою кількістю підросту нижчих висотних груп та недостатньою – вищих; незначним антропогенним впливом. Лісові трав'яні види формують досить щільний покрив, проєктивне вкриття якого становить 85% за наявності більше 30 видів. Поряд з цим, спостережено процеси трансформації рослинного покриву у природних ялинових лісах.

Вивчення стану і структури ялинових пралісових та квазіпралісових кластерів на території Покутських Карпат у динаміці дасть можливість спрогнозувати подальший розвиток природних ялинових лісів на досліджуваній території.

Останні моніторингові дослідження виявили деяке зниження показників категорії стану, життєвості, товарності, довжини крони у дерев ялини європейської, збільшення обсягу сухоостою та видів пошкоджень, порівняно із 2010 роком. Причина полягає, насамперед, у кліматичних змінах, на які ялинові ліси реагують особливо відчутно.

### Список літератури

- Артемчук І. В., Барикіна Т. В. (1965). Геоботанічна характеристика природних кормових угідь Покутських Карпат. *Флора і фауна Українських Карпат*: матеріали доповідей міжвуз. ювілейн. конф., присвяч. 20-річчю Ужгородського держ. ун-ту, 12-13. Ужгород, Україна: Ужгородський держ. ун-т [Artemchuk, I. V., & Barikina, T. V. (1965). Geobotanical characteristic of natural feeds of the Pokutsky Carpathians. In *Flora and fauna of Ukrainian Carpathians*, 12-13. Uzhgorod, Ukraine: Uzhgorod State University] (in Ukrainian)
- Артемчук І. В., Якимчук М. К. (1973). Луки Покутського Прикарпаття й шляхи їх поліпшення. *Український ботанічний журнал*, 31(5), 605-609. [Artemchuk, I. V., & Yakymchuk, M. K. (1973). Meadows of Pokutsky Prykarpattia and ways to improve them. *Ukrainian Botanical Journal*, 31(5), 605-609] (in Ukrainian)
- Бойко С. В., Тарнопільський О. М. (2011). Типи розміщення дерев у природних сосняках. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21(5), 71-74. [Boiko, S. V., & Tarnopilskiy, O. M. (2011). Types of tree placement in natural pines. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 21(5), 71-74. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21\\_5/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_5/index.htm)] (in Ukrainian)
- Вайс А. А. (2007). Классификация деревьев и горизонтальная структура ценозов *Научный журнал КубГАУ*, 31(7), 1-13. [Vais, A. A. (2007). Types of tree placement in natural pines *Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*, 31(7), 1-13. Retrieved from <http://ej.kubagro.ru/2007/07/pdf/14.pdf>] (in Russian)
- Вицега Р. Р., Гриник Г. Г. (2004). Таксаційна будова смерекових деревостанів за діаметром. *Науковий вісник НЛТУ України*, 14(4), 55-58. [Vytsheha R. R., & Hrynyk, N. H. (2004). Taxation structure of spruce stands according to diameter. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 14(4), 55-58. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14\\_4/index14\\_4.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_4/index14_4.htm)] (in Ukrainian)
- Герушинський З. Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. 208 с. [Herushynskiy, Z. Yu. (1996) *Typology of Forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Pyramida. ISBN 5-7763-9366-3] (in Ukrainian)
- Голубець М. А. (2003). Геоботанічне районування Українських Карпат – основа раціонального природокористування. *Екологічний збірник: Екологічні проблеми Карпатського регіону. Наукове товариство ім. Т. Шевченка, XII*, 283-292. [Holubets, M. A. (2003) Geobotanical zoning of the Ukrainian Carpathians – the basis of rational using of nature. *Ecological collection: Ecological problems of the Carpathian region. Scientific Society by T. Shevchenko, XII*, 283-292] (in Ukrainian)
- Голубець М. А. (1967). О высотной зональности растительного покрова Украинских Карпат. *Проблемы ботаники: Растительный мир высокогорий СССР и вопросы его использования*, 9, 56-60. [Holubets, M. A. (1967). About the high-altitude zonality of the vegetation cover of the Ukrainian Carpathians. *Problems of botany: The flora of the highlands of the USSR and questions of its use*, 9, 56-60] (in Russian)
- Горощко М. П., Миклуш С. І., Хомюк П. Г. (2004). Біометрія. Львів: Камула. 236 с. [Horoshko, M. P., Myklush, S. I., & Khomiuk, P. H. *Biometrics*. Lviv: Kamula. ISBN 5-7763-1486-0] (in Ukrainian)
- Горощко М. П., Миклуш С. І., Король М. М., Білас М. Ю., Миклуш Ю. С. (2012). Теоретичні аспекти оцінки просторової структури насаджень. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем*: матеріали 62-ої наук.-техн. конф. професорського-викладацького складу, наукових працівників, докторантів та аспірантів за підсумками наукової діяльності у 2011 р., 31-34. Львів, Україна: Національний лісотехнічний ун-т України. [Horoshko, M. P., Myklush, S. I., Korol, M. M., Bilas, M. Yu., Myklush, Yu. S. (2012). Theoretical aspects of assessment of spatial structure of plantations. In *Scientific principles of improvement of productivity and biological stability of forest and urban ecosystems*, 31-34. Lviv, Ukraine: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- ГОСТ 56-69-83. Площади пробне лесоустроительные. Метод закладки. [Введен в действие 1984-01-01]. Издание офиц. Москва: ЦБНТИ Гослесхоза СССР [GOST 56-69-83. The trial areas of forest management areas. Bookmark method. [Effective from January 01, 1984]. Official edition. Moscow: *CBNTI Gosleskhoz of the USSR*] (in Russian)
- Гостюк З. В., Мельник А. В. (2017). Покутські Карпати в системі фізико-географічного районування Українських Карпат. *Фізична географія та геоморфологія*, 4(88), 12-21. [Hostiuk, Z. V., & Melnyk, A. V. (2017). Pokutski Carpathians in the system of physical and geographical zoning of the Ukrainian Carpathians. *Physical geography and geomorphology*,



- 4(88), 12-21. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz\\_geo\\_2017\\_4\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2017_4_4) (in Ukrainian)
- Гриник Г.Г. (2006). Дослідження впливу горизонтальної структури ялинових деревостанів на будову за відносними показниками морфологічних показників деревостанів ДП «Сколівське лісове господарство». *Науковий вісник НЛТУ України*, 16(6), 52-56. [Hrynyk, H. H. (2006). Researching of influence of horizontal structure of the spruce stands on structure according to relative indicators of morphological indicators of stands of DP «Skole forestry». *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 16(6), 52-56. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16\\_6/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_6/index.htm)] (in Ukrainian)
- Гром М.М. (2005). Лісова таксація. Львів: УкрДЛТУ. 416 с. [Hrom, M. M. (2005). *Forest Taxation*. Lviv: Ukrainian State Forestry University. ISBN 5-7763-0179-3] (in Ukrainian)
- Клапчук В.М. (2006) Схема визначення пріоритетів антропогенного впливу на природні екосистеми. *Наукові основи ведення сталого лісового господарства: матеріали міжнародної наук.-практ. конф.*, 92-94. Івано-Франківськ, Україна: Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва. [Klapchuk, V.M. (2006). Scheme for determination of the priorities of anthropogenic impact on the natural ecosystems. In *Scientific bases of sustainable forestry management: materials of the international scientific-practical conference*, 92-94. Ivano-Frankivsk, Ukraine: Ukrainian Scientific-Research Institute of Mountain Forestry] (in Ukrainian)
- Козий Г.В. (1950). *Четвертична історія Восточно-Карпатських лесов*: автореф. дис. ... д-ра біолог. наук / Львовський науково-природознавчий музей АН УРСР, Львів. [Kozyi, H. V. (1950) *Quaternary history of the East Carpathian forests*: doctoral dissertation abstract. Lviv Museum of Natural History of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Lviv, Ukraine] (in Russian)
- Комендар В.І. (1957). До питань про динаміку рослинних поясів у Східних Карпатах *Український ботанічний журнал*, 14(4), 15-25 [Komendar, V.I. (1957). To the questions about dynamic of plant belts in the Eastern Carpathians. *Ukrainian Botanical Journal*, 14(4), 15-25] (in Ukrainian)
- Король М. М., Горошко М. П. (2000). Видове число та його зв'язок з іншими об'ємоутворюючими показниками. *Науковий вісник національного аграрного ун-ту*, 25, 351-356. [Korol, M.M., & Horoshko, M.P. (2000). Species number and its relation with other volume-forming indicators. *Scientific Bulletin of National Agrarian University*, 25, 351-356] (in Ukrainian)
- Котов М.И., Чопик В.И. (1960). Основные черты флоры и растительности Украинских Карпат. *Флора и фауна Карпат*. Москва: Изд-во АН СССР, 3-33. [Kotov, M. Y., & Chopyuk, V. Y. (1960). The main features of the flora and vegetation of the Ukrainian Carpathians. In *Flora and Fauna of the Carpathians* (pp. 3-33). Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences] (in Russian)
- Методика визначення належності лісових територій до пралісів, квазіпралісів і природних лісів (2018). Затверджено наказом № 161 від 18.05.2018 р. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України. 8 с. [Methods for determining the affiliation of forest areas to virgin, quasi-virgin and natural forests (2018). Approved by Order № 161 of May 18, 2018. Kyiv: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine] (in Ukrainian)
- Миклуш С.І., Горошко М.П., Часковський О.Г. (2006). Геоінформаційні системи в лісовому господарстві. Львів: НЛТУ України. 128 с. ISBN 5-7763-0180-7. [Myklush, S.I., Horoshko, M.P., & Chastkovskiy, O.H. (2006). *Geographic information systems in Forestry*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Парпан В.І., Стойко С.М. (1999). Букові праліси Українських Карпат: їх охорона і ценотична структура. *Наукові записки УкрНДІгірліс*, 4, 81-86. [Parpan, V. I., Stoyko, S. M. (1999). Beech virgin forests of the Ukrainian Carpathians: their protection and coenotic structure. *Scientific notes of Ukrainian Scientific-Research Institute of Mountain Forestry*, 4, 81-86] (in Ukrainian)
- Парпан В.І., Стойко С.М., Парпан Т.В. (2013). Екологічна та фітоценотична характеристики *Fageta sylvaticae* України: можливості розширення їхньої площі в контексті глобального потепління. *Український ботанічний журнал*, 70(3), 361-368. [Parpan, V.I., Stojko, S.M., & Parpan, T.V. (2013). Ecological and phytocoenotical characteristics of *Fagetae sylvaticae* of Ukraine and possibility to expand their areas due to global warming. *Ukrainian Botanical Journal*, 70(3), 361-368. Retrieved from file:///C:/Users/User/Downloads/UBJ\_2013\_70\_3\_14.pdf] (in Ukrainian)
- Парпан В.І., Шпарик Ю.С., Лосюк В.П. (2003). Моніторинг лісів Косівського району. *Еколого-методичні проблеми Гуцульщини: матеріали четвертої регіональної наук.-практ. конф.* 39-43. Косів: НПП «Гуцульщина». [Parpan, V.I., Shparuk, Yu. S., & Losiuk, V.P. (2003). Monitoring of forests of Kosiv district. In *Ecological and methodological problems of Hutsulshchyna*, 39-43. Kosiv, Ukraine: Hutsul National Nature Park] (in Ukrainian)
- Парпан В.І., Шпарик Ю.С., Парпан Т.В. (2006). Перспективи розвитку гірського лісівництва. *Лісовий і мисливський журнал*, 4, 18-19. [Parpan, V.I., Shparuk, Yu. S., & Parpan, T.V. (2006). *Perspectives of the development of mountain forestry Forest and hunting magazine*, 4, 18-19] (in Ukrainian)
- Пастернак П.С. (1961). Типы еловых лесов. *Типы горных лесов*. Ужгород: Карпати. С. 54-63. [Pasternak, P.S. (1961). Types of spruce forests. In *Types of mountain Forests* (pp. 54-63). Uzhgorod: Karpaty] (in Ukrainian)
- Стойко С.М. (2018). Екологія, ценотична гетерогенність формації бука лісового в Україні та збереження пралісових екосистем. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 17, 149-157. [Stoyko, S. (2018). Ecology, coenotic heterogeneity of the forest beech formation in Ukraine and the protec-



- tion of pristine ecosystems. *Proceedings of the forestry academy of sciences of Ukraine*, 17, 149-157. <https://doi.org/10.15421/411830>] (in Ukrainian)
- Трибун П. А. (1969) Предгорные леса Ивано-Франковской области и пути повышения их продуктивности: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Харьковский сельскохозяйственный институт, Харьков. [Trybun, P. A. (1969). *Foothill forests of Ivano-Frankivsk region and ways to increase their productivity*: PhD dissertation abstract. Kharkiv Agricultural Institute, Kharkiv, Ukraine] (in Russian)
- Чернявський М. В. (2000). Букові праліси як еталони лісів майбутнього. *Дослідження басейнової екосистеми Верхнього Дністра*. Львів: Інститут екології Карпат. С. 164-183. [Chernyavsky, M. V. (2000). Beech virgin forests as standards of forests of the future. In *Research of the Upper Dniester basin ecosystem* (pp. 164-183). Lviv: Institute of Carpathian Ecology] (in Ukrainian)
- Шпарик Ю. С., Коммармотт Б., Беркела Ю. Ю. (2010). *Структура букового пралісу Українських Карпат*. Снятин: Прут принт. 144 с. [Shparyk, Yu. S., Kommarmott, B., & Berkela, Yu. Yu. (2010). *Structure of beech virgin forest of the Ukrainian Carpathians*. Sniatyn: Prut print. Retrieved from <http://194.44.152.155/elib/local/3309.pdf>] (in Ukrainian)
- Шухевич В. О. (2019). Гуцульщина в 5 частинах. (Репринтне видання 1899-1908 рр.). Харків: Видавець Олександр Савчук. [Shukhevych, V. O. (2019). *Hutsulshchyna in 5 parts*. (Reprint edition 1899-1908). Kharkiv: Publisher Oleksandr Savchuk. ISBN 111-111-111-128] (in Ukrainian)
- Besser W. (1809). *Primitiae florum Galiciae austriacae utriusque. Pars 1. Viennae*. [Besser, W. (1809). *Flora of the Austrian Galicia. Part 1. Vienna*] (in Latin)
- Brändli, U.-B.; Dowhanytsch, J. (Red.) (2003). *Urwälder im Zentrum Europas. Ein Naturführer durch das Karpaten-Biosphärenreservat in der Ukraine*. Birmensdorf, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL; Rachiw, Karpaten-Biosphärenreservat. Bern, Stuttgart, Wien, Haupt. 192 s. [Brändli, U.-B., Dowhanytsch, J. (Red.) (2003). *Primeval Forests in Central Europe. A nature guide to the Carpathian Biosphere Reserve in Ukraine*. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL; Rakhiv, Carpathian Biosphere Reserve. Bern, Stuttgart, Vienna, Haupt.] (in German)
- Flora Polska: rośliny naczyniowe polski i ziem oscienych (1919-1980). Warszawa: Inst. Bot. Pol. Acad. Nauk [Flora of Poland: Polish vascular plants and neighboring lands (1919-1980). Warsaw: Institute of Botany of the Polish Academy of Sciences] (in Polish)
- Herbich F. (1865). Przyczynek do geografii roślin w Galicyi. *Rocznik Towarzystwa nauk Kraków*, 33, 70-129. [Herbich, F. (1865). Contribution to plant geography in Galicia. *Yearbook of the Society of Sciences Krakow*, 33, 70-129] (in Polish)
- Jachno, J. (1884). Systematyczny przegląd galicyjskich roślin wedle systemu Linneusza ze szczegółowym uwgylednieniem gatunkow rosnących w okolicy miasta Stanislawowa i Kolomyi. Stanislawow. [Jachno, J. (1884). A systematic overview of Galician plants according to the Linnaeus system with a specific attention to species growing in the outskirts of the cities of Stanisławów and Kolomyia. Stanislawow] (in Polish)
- Kontny P. (1937). Z przeszłości cisa (*Taxus baccata* L.). *Sylwan: Organ Polskiego Towarzystwa Lésnego. Rocznik Anneé LV., ser. A., 29-68*. [Kontny, P. (1937). Yew from the past (*Taxus baccata* L.). *Sylwan: Organ of the Polish forest Society. Yearbook Anneé LV., ser. A., 29-68*] (in Polish)
- Kozij G. (1936). Zapiski florystyczne z Karpat Pokuckich. *Kosmos*, 61, 515-523. [Kozij, G. (1936) Floristic notes from the Pokutki Carpathians. *Kosmos*, 61, 515-523] (in Polish)
- Leibundgut H. (1959). Über Zweck und Methodik der Struktur-und Zuwachsanalyse von Urwäldern. *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen*, 110(3), 111-124. [Leibundgut, H. (1959). About the purpose and methodology of the structure and growth analysis of primeval forests. *Switzerland. Journal of Forestry*, 110(3), 111-124] (in German)
- Raciborski M. (1886). Rośliny zebrane przez A. J. Ślędzińskiego w r. 1880, oznazone przez M Raciborskiego. *Spraw. Kom. Fizyogr.*, 20, 1-44. [Raciborski, M. (1886). Plants collected by A. J. Ślędziński in 1880, identified by M. Raciborski. *Physiographic commission's report*, 20, 1-44] (in Polish)
- Sabatini, F. M., Burrascano, S., Keeton, W. S., Levers, Ch., Lindner, M., Pötzschner, F.,... Kuemmerle, T. (2018). Where are Europe's last primary forests? *Divers Distrib.*, 24, 1426-1439. <https://doi.org/10.1111/ddi.12778>
- Ślędziński A. J. (1875). Przyczynek do flory obwodu kolomyjskiego. *Spraw. Kom. Fizyogr.*, 9, 49-71. [Ślędziński, A. J. (1875). Contribution to the flora of the Kolomyia region. *Physiographic commission's report*, 9, 49-71] (in Polish)
- Ślędziński A. J. (1876). Wykaz roślin zebranych w obwodzie Kolomyjskim w roku 1876. *Spraw. Kom. Fizyogr.*, 10, 91-112. [Ślędziński, A. J. (1876). List of plants collected in the Kolomyia region in 1876. *Physiographic commission's report*, 10, 91-112] (in Polish)
- Szafer W., Kulczyński S., Pawłowski B. (1924). Rośliny polskie: opisy i klucze do oznaczania wszystkich gatunków roślin naczyniowych rosnących w Polsce bądź dziko, bądź też zdziczałych lub częściej hodowanych. Lwow-Warszawa. [Szafer, W., Kulczyński, S., Pawłowski, B. (1924) Polish plants: descriptions and keys for marking all species of vascular plants growing in Poland either in the wild, or feral or more often bred. Lwiv-Warszawa] (in Polish)
- Wajgl L. (1883) Flora miasta Kołomyi i jego okolicy. *Spraw. c.k. dyrekcji wyżn. Gymnaz. w Kołomyi za rok 1882*. Kołomyja, 1-47. [Wajgl L. (1883) Flora of the city of Kołomyja and its surroundings. Report of directorate of the Gymnazia in Kołomyja for 1882. Kołomyja. 1-47] (in Polish)
- Wittman N. (1824a). Bemerkungen auf einer botanischen. Raise durch den südostlichen. Theil Gali-

ziens nach der Bukowina und lands der Karpatischen Bergstrasse. (Im Jahre, 1823). *Mnemosyne*, 45-46, 50-51, 58-59, 62, 68, 75-76, 83-84. [Wittman, N. (1824a). Notes of a botanical. Raise through the southeast part of Galicia to Bukovina and lands of the Carpathian Mountain Road. (in 1823). *Mnemosyne*, 45-46, 50-51, 58-59, 62, 68, 75-76, 83-84] ( in German)

Wittman N. (1824b). Spoztrezenie w podrozy podjętej we względzie botanicznym r. 1823 przez południową-wschodnią czesc Galicyi do Bukowiny i drogą pod Karpaty idąca. *Rozmaitosci*, 137-140, 145-150. [Wittman, N. (1824b). Summary trip taken in botanical terms in 1823 in the south-eastern part of Galicia to Bukovina and the road nearby Carpathians. *Variety*, 137-140, 145-150] (in Polish)

Wołoszczak E. (1888). Przyczynek do flory Pokucia. *Spraw. Kom. Fizyogr.*, 21, 111-139. [Wołoszczak, E. (1888). Contribution to the flora of Pokuttia. *Physiographic commission's report*, 21, 111-139] (in Polish)

Wróblewski A. (1917). Kilka rzadszych roślin Pokucia i Wołynia galicyjskiego. *Spraw. Kom. Fizyogr.*, 51, 89-99. [Wróblewski, A. (1917). Several rare plants of Pokuttia and Volyn Galician. *Physiographic commission's report*, 51, 89-99] (in Polish)

Zawadski A. (1835). Enumeracio Plantarum Galiciae und Bucovinie oder die in Galicien und der Bucovina wildwachsenden Pflanzen. *Breslau*, 24, 200. [Zawadski, A. (1835). Enumeracio Plantarum Galiciae et Bucovinie or the plants that grow wild in Galicia and Bucovina. *Breslau*, 24, 200] (in German)

## State and structure of the natural spruce forests in the Pokuttia Carpathians

V. Losyuk<sup>1</sup>, O. Pohribnyi<sup>2</sup>, M. Tomych<sup>3</sup>, O. Chaskovsky<sup>4</sup>, P. Vandzhurak<sup>5</sup>, Iu. Debryniuk<sup>6</sup>

The Pokuttia Carpathians are located in the south-eastern part of the northern mega-slope of the Ukrainian Carpathians, covering an area of 659.7 square km, which is about 3% of the Ukrainian Carpathians area. The forest area of the Pokuttia Carpathians is 39.1 thousand hectares, including 8.2 thousand hectares of the natural spruce forests or 21% of the forests of study region. The forests of the Pokuttia Carpathians where studied in the framework of the WWF-Ukraine project «The identification of the virgin forest of the Ukrainian Carpathians» to identify their belonging to virgin, quasi-virgin and natural spruce groups of protected forests. The main assessment characteristics and the successions dynamics in the spruce forests are analyzed based on the example of a permanent research plot in the spruce forest. Its characteristics are very close to the virgin forest in the conditions of moist pure highland spruce forests. The studied natural forest corresponds to almost all the features of spruce virgin forests, except the area (less than 20 hectares).

The field studies were conducted since 2010 with five-year intervals in accordance with the method of second level environmental monitoring under the program “ISR-Forest”. The assessment results on the condition and structure of natural spruce communities of the Pokuttia Carpathians are presented in the paper. An interactive map of the virgin and quasi-virgin forests distribution at the study area has been developed.

The dynamics of the quantitative characteristics of natural spruce stands over the past 10 years indicates a little rate of the total number of trees decreasing. During 2015-2020 there was a significant increase of the spruce-trees number in the second layer, while the number of trees in the third layer is consistently low. The number of live trees of the first tier during the 10-year observation period decreased significantly (by almost 24%). The trees are located in the stand as a biogroups. The crowns in the biogroups ranges from 0.8 to 1. Forest herbaceous species (34 species) form a fairly dense cover. Their projective cover is 85% in the presence of more than 30 species. At the same time, the processes of vegetation transformation in natural spruce ecosystems are observed. The recent monitoring shows some decreasing of the indices at the category of condition, vitality, marketability and crown length of spruce trees and increasing of the indices at the category deadwood volume and variety of damages (compared to 2010). The reason is, first of all, in climate change. Spruce forests very sensitive to such changes. The study of the state and structure of natural spruce forests

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

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

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

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

<sup>5</sup> *Pavlo Vandzhurak* – PhD candidate. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: + 0322-37-80-94. E-mail: pavlov.76@ukr.net

<sup>6</sup> *Iurii Debryniuk* – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the FASU, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka str., 103, 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>



in the Pokuttia Carpathians in the dynamics provides an opportunity to foresee the future developments of spruce virgin and quasi-virgin forests in the Ukrainian Carpathians.

**Key words:** forest fund; spruce natural forest; stand; dead wood; natural recovery; grass cover; virgin; quasi-virgin.

## Состояние и структура природных еловых лесов Покутских Карпат

В. П. Лосюк<sup>1</sup>, О. О. Погрибный<sup>2</sup>,  
М. В. Томыч<sup>3</sup>, О. Г. Часковский<sup>4</sup>, П. И. Ванджурак<sup>5</sup>,  
Ю. М. Дебрынюк<sup>6</sup>

Покутские Карпаты расположены в юго-восточной части северного мегасклона Украинский Карпат, занимая площадь 659,7 км<sup>2</sup>, что составляет около 3% площади Украинских Карпат. Площадь лесов Покутских Карпат составляет 39,1 тыс. га, из них доля природных еловых древостоев – 8,2 тыс. га или 21% площади лесов исследуемого региона. Согласно проекта WWF-Украина «Идентификация лесов Украинских Карпат», обследованы леса Покутских Карпат для определения принадлежности лесных территорий к девственным, квазидевственным и природным еловым лесам. Основные таксационные характеристики и динамика сукцессий еловых древостоев проанализированы на примере постоянной пробной площади, заложенной в еловом природном лесу, по своим характеристикам очень близкому к девственным лесам, в условиях влажной чистой высокогорной сурамени. Исследуемый природный лес отвечает практически всем признакам елового девственного леса, за исключением площади (< 20 га).

Полевые исследования осуществлены с 2010 г. с пятилетним интервалом в соответствии с методикой экологического мониторинга II уровня по программе «CP-Forest». Приведены результаты оценки состояния и структуры природных еловых лесов Покутских Карпат. Создана интерактивную карту распространения девственных и квазидевственных лесов исследуемой территории.

Природные еловые леса занимают высокие хребты и вершины среднегорья Покутских Карпат на высотах 900-1400 м над уровнем моря и выполняют, прежде всего, противоэрозионные, водорегулирующие, почвозащитные и другие важные функции. Они характеризуется следующими показателями: высоким количеством деревьев и высоким запасом стволовой древесины; значительным запасом мертвой лежащей древесины; близкой к средней жизненности деревьев и высокой их товарностью; достаточным количеством подростов низших высотных групп и недостаточным – выших; незначительным антропогенным воздействием.

Динамика количественных характеристик природного елового древостоя за последние 10 лет сви-

детельствует о некотором уменьшении общего количества деревьев. В течение 2015-2020 гг. отмечено значительное увеличение особей ели во втором ярусе, тогда как в третьем ярусе количество деревьев стабильно низкая. Количество живых деревьев первого яруса в течение 10-летнего периода наблюдений существенно снизилось (почти на 24%). Расположение деревьев в древостое имеет групповой характер, сомкнутость крон варьирует в пределах 0,8-1,0. Лесные травяные виды формируют достаточно плотный покров, проективное покрытие которого составляет 85% при наличии более 30 видов. Наряду с этим, обнаружены процессы трансформации растительного покрова в девственных лесах. Последние мониторинговые исследования выявили некоторое снижение показателей категории состояния, жизнестойкости, товарности, длины кроны у деревьев ели европейской, увеличение объема сухостоя и видов повреждений по сравнению с 2010 годом. Причина заключается, прежде всего, в климатических изменениях, на которые еловые леса реагируют особенно остро.

**Ключевые слова:** Украинские Карпаты; древостой; мертвая лежащая древесина; естественное возобновление; травяной покров; девственный лес; квазидевственный лес.

<sup>1</sup> Лосюк Василий Петрович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник. Национальный природный парк «Гуцульщина», ул. Дружбы, 84, г. Косов, Ивано-Франковская обл., 78600, Украина. Тел.: +034-78-23-709. E-mail: losyuk@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1807-1264>

<sup>2</sup> Погрибный Олег Олегович – кандидат сельскохозяйственных наук, начальник научного отдела. Национальный природный парк «Гуцульщина», ул. Дружбы, 84, г. Косов, Ивано-Франковская обл., 78600, Украина. Тел.: +034-78-23-709. E-mail: pogribnyj@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8428-6514>

<sup>3</sup> Томыч Мария Васильевна – кандидат биологических наук, начальник лаборатории экологического мониторинга. Национальный природный парк «Гуцульщина», ул. Дружбы, 84, г. Косов, Ивано-Франковская обл., 78600, Украина. Тел.: +034-78-23-709. E-mail: maritom82@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7274-3618>

<sup>4</sup> Часковский Олег Григорьевич – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +032-237-80-94. E-mail: oleh.chaskov@googlemail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624> Scopus ID: 26323447500

<sup>5</sup> Ванджурак Павел Иванович – соискатель научной степени кандидата сельскохозяйственных наук. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. генерала Чупринки, 103, г. Львов 79057, Украина. Тел.: +0322-378094. E-mail: pavlov.76@ukr.net

<sup>6</sup> Дебрынюк 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: debrynyuk\_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>





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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412105>  
Article received 2020.09.28  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Leonid Osadchuk  
[l.osadchuk@nltu.edu.ua](mailto:l.osadchuk@nltu.edu.ua)

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

УДК 630+574

## Сучасний стан і поширення *Pinus mugo* Turra в Українських Карпатах

Л. С. Осадчук<sup>1</sup>, І. І. Коляджин<sup>2</sup>, Л. М. Кондратюк<sup>3</sup>

Сучасний ареал *Pinus mugo* Turra в Українських Карпатах сформувався у післяльодовиковий період. Значне поширення деревного виду поза нижньою межею його сучасного ареалу в древньому голоцені підтверджується наявністю пилку в найдревніших шарах голоценових напластуваль. Сосна гірська в той час мала широке розповсюдження, значно нижче, ніж сучасне положення верхньої межі лісу. Куртини *Pinus mugo* на болотах спостережено і в наш час, на абсолютних висотах близько 700 м н.р.м. В Українських Карпатах криволісся сосни гірської в минулому зазнали значних змін, зокрема, внаслідок антропогенної діяльності – знищення криволісся та розробляння площ для ведення полонинського господарства. Цей захід суттєво вплинув на формування сучасного ареалу сосни гірської. Соснове криволісся відіграє надзвичайно екологічно-важливу роль у високогір'ї Карпат. Зокрема, це – ґрунтозахисна, протиерозійна, водорегулювальна, ґрунтоутворювальна та інші функції. На сьогодні угруповання формації сосни гірської (*Pineta mugi*) знаходяться під охороною та включені до Зеленої книги України. З використанням матеріалів лісовпорядкування 2009 р. здійснено аналіз розподілу площ деревостанів за участю сосни гірської за віковими групами, запасами, повнотою, бонітетом, висотою над рівнем моря, експозицією та стрімкістю схилів. Відзначено найвищі та найнижчі природні місця росту *Pinus mugo* в Українських Карпатах. Вивчення розповсюдженості сосни гірської показали, що на південно-західному мегасхилі Українських Карпат, порівняно з північно-східним, криволісся сосни гірської є поширенішими та продуктивнішими, формують більші запаси деревини.

**Ключові слова:** сосна гірська; криволісся; верхня межа поширення лісу; субальпійський пояс; мегасхил.

**Вступ.** Впродовж останніх років в Українських Карпатах внаслідок зростання активності сукцесійних процесів природні популяції рослин, у т. ч. і *Pinus mugo* Turra, зазнають значних трансформаційних змін. Ці зміни відбуваються через негативні впливи кліматичних, едафічних чинників, а також лісогосподарської та антропогенної діяльності, що поступово змінюють природний гірський ландшафт. Зокрема, багатовікове пасовищ-

не використання рослинності на верхній межі лісу призвело до часткового знищення первинних фітоценозів *Pinus mugo* та *Alnus viridis* (Chaix) DC., які формували верхню межу лісів, значного зниження верхньої межі смерекових і букових лісів, руйнування їхньої природної структури і часткової втрати захисних функцій. Тому сучасний стан верхньої межі лісу та приполонинної рослинності в Українських Карпатах визнають як загрозливий

<sup>1</sup> Осадчук Леонід Семенович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ботаніки, деревнознавства та недревних ресурсів лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [l.osadchuk@nltu.edu.ua](mailto:l.osadchuk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8719-8125>

<sup>2</sup> Коляджин Іван Ігорович – аспірант кафедри ботаніки, деревнознавства та недревних ресурсів лісу. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [ivan\\_ko@i.ua](mailto:ivan_ko@i.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

<sup>3</sup> Кондратюк Любов Миколаївна – асистент кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. E-mail: [l.kondratiuk@nltu.edu.ua](mailto:l.kondratiuk@nltu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4760-2127>

(Малиновський, 2003; Коліщук, 1958; Фельбаба-Клушина, 2010).

Соснове криволісся відіграє надзвичайно важливу екологічну роль у високогір'ї Карпат. Зокрема, це – ґрунтозахисна, протиерозійна, водорегулятивна, ґрунтоутворювальна, снігозатримувальна та інші функції. На північних схилах сосна гірська має більший ареал висотного поширення, на відміну від південних. Взимку, під вагою снігу стовбури та гілки стелюхів прилягають до землі, а навесні після танення снігу вони піднімаються, завдяки чому соснове криволісся є стійким до суворих умов карпатського високогір'я. Сосна гірська добре росте на кам'янистих розсипищах, а внаслідок природного відпаду виконує тут ґрунтоутвірну функцію. У високогір'ї, де спостережено найбільшу кількість опадів, вона перетворює поверхневий водний стік у підземний, запобігаючи ерозії ґрунтів (Чубатий, 1965).

Зарості жерепу у минулому піддавались значному господарському впливу. Заняття екстенсивним скотарством упродовж століть змушувало використовувати всі можливості для розширення площ пасовищ, що згубно вплинуло на гірські ліси і сланники. Впродовж ХХ ст. господарською діяльністю завдано неабиякої шкоди рослинності високогір'я, що вплинуло на зниження захисних функцій гірських лісів. Чималих спустошень субальпійські сланки угруповання зазнали також під час влаштування прикордонних фортифікаційних споруд і ведення самих військових дій під час двох останніх світових воєн. Шкоди стану рослинності останнім часом завдає й туризм, який інтенсивно розвивається (прорубування стежок, використання деревини для вогнищ тощо).

У промисловості *Pinus mugo*, як джерело одержання деревини, практично не має значення. Частково її використовують як паливо та інколи для токарських та різьбярських виробів, а також для добування ефірної олії. Зокрема, з молодих пагонів рослини виготовляли ефірну олію (*Oleum pini pumilionis*), яку використовують у фармацевтичній і парфюмерній промисловості як популярний ароматичний засіб.

На сьогодні Карпатські чагарникові зарості *Pinus mugo* віднесено до зникаючих, рідкісних та уразливих типів оселищ лісових територій України (Кагало, Проценко, Бондарук, Скрильніков, 2015). У Національному каталозі біотопів України (2018) включено й такі біотопи: Ч1.1 Гірськососнове криволісся (жерепняки) та Ч1.2 Заболочені рідколісся сосни гірської. Поряд з цим, угруповання формації сосни гірської (*Pineta mugii*) внесено до Зеленої книги України (Зелена книга України, 2009).

Отже, зарості сосни гірської, займаючи відносно невеликі площі у гірській екосистемі Карпат, виконують надзвичайно важливі ґрунтозахисні і водорегулятивні функції, як середовища існування дикої природи. Розуміння процесів росту і розвитку соснового криволісся має важливе значення для

прогнозування часової динаміки та просторового розподілу цієї життєво важливої високогірної екосистеми.

**Об'єкти і методи досліджень.** *Об'єкт досліджень* – лісові біоценози за участю *Pinus mugo* Turra в Українських Карпатах. *Предмет досліджень* – розподіл площ лісостанів соснового криволісся за лісотаксаційними показниками, висотою розташування, експозицією схилів в регіоні досліджень.

*Мета досліджень* – встановлення типологічної, висотної та експозиційної структури поширення біоценозів за участю *Pinus mugo* в Українських Карпатах на основі власних досліджень, аналізу літературних джерел та лісоінвентаризаційних матеріалів.

Вихідними для дослідження були матеріали базового лісовпорядкування 2009 р. Львівської лісовпорядної експедиції. Здійснено експедиційні дослідження та аналітичний аналіз даних розподілу вікових груп сосни гірської за площею, класами бонітету, повнотою, типами лісорослинних умов, висотою н.р.м., експозицією та стрімкістю схилу.

Вік, площу, запаси, повноту і класи бонітету лісостанів з участю сосни гірської встановлювали за даними матеріалів базового лісовпорядкування 2009 р. Львівської лісовпорядної експедиції.

**Історична довідка.** В Українських Карпатах, починаючи з 1912 р., експлуатацією *Pinus mugo* у значних обсягах займалися спеціалізовані акціонерні об'єднання, спочатку «Олеарта», а з 1925 р. – «Говерла». Сліди нищівної діяльності цих об'єднань були відчутні в Українських Карпатах аж до середини ХХ ст. (Чубатий, 1965). Наслідком антропогенного чинника стало знищення цілого поясу смерекових лісів у ландшафтах Бескидів, на південних схилах Свидовця і Горганів та частково – у південно-західній частині Чорногори, Чивчинських і Мармароських горах, майже повне знищення гірсько-соснового криволісся у Бескидах, Свидовці, на Полонині-Красній, Полонині-Боржаві, Полонині-Руні (Рівна), винищення значних масивів гірських сосняків у Чорногорі, Чивчинських і Мармароських горах (Байцар, 2014).

У другій половині ХХ ст. зарості карпатського соснового криволісся в держлісфонді було віднесено до особливо захисної категорії. Багатьма вченими здійснена дослідницька робота з вивчення соснового криволісся, обґрунтування його ґрунтоутвірної, ґрунтозахисної та водорегулятивної ролі. Зокрема, розроблено рекомендації із заліснення еродованих кам'янистих ділянок (Пастернак, 1967). У другій половині ХХ ст. в окремих господарствах розпочато роботи зі штучного вирощування сосни гірської та створення дослідних культур (Грабар, 1953; Пастернак, Бакаленко, Юркевич, Юрченко, 1984). Вирішували питання біологічного оздоровлення заростей соснового криволісся шляхом їх реконструкції, сприяння природному поновленню, поширенню робіт зі штучного вирощування сосни, організації раціонального використання полонин, переходу від нерегульованої до загінної системи випасання худоби тощо. Успішне вирі-



шення цих питань сприяло всебічному і раціональному використанню соснового криволісся (Смаглюк, 1972).

Матеріали палеоботанічних досліджень свідчать про те, що сучасний ареал *Pinus mugo* в Українських Карпатах сформувався у післяльодовиковий період. Значне поширення деревного виду поза нижньою межею його сучасного ареалу в древньому голоцені підтверджено максимальним вмістом пилюк сосни у найдревніших шарах голоценових напластувань. Пилюк *Pinus mugo* у цих напластуваннях змішаний з пилюкою *Pinus cembra* L. та *P. sylvestris* L. Більшість дослідників вважають, що пилюк сосни у цих напластуваннях, відноситься переважно до пилюк *Pinus mugo* (Арап, 1984; Navrotskaya, Syabryaj, Bezus'ko, Stuchlik, & Tassenkevich, 1991; Stuchlik, & Kvavadze, 1995; Tsaryk, Didukh, Tassenkevich, Waldon, & Boratynski, 2006; А. Г. Безусько, Л. Г. Безусько, 2014).

З подальшим потеплінням клімату і поступовим підняттям верхньої межі лісу впродовж раннього і середнього голоцену, відбувалась зміна сосни гірської сосною звичайною, ялиною, буком та іншими породами. В той час, коли нижня межа поширення *Pinus mugo* впродовж древнього, раннього і середнього голоцену формувалась в основному під впливом природних чинників, верхня межа, як і зарості загалом, в пізньому голоцені зазнали істотних змін під впливом діяльності людини (Solár, 2013; Parobeková et al., 2018).

**Результати та обговорення.** *Pinus mugo* Turra – сланкий чагарник (стелюх) заввишки переважно 0,5-4,5 м, який в субальпійському поясі Карпат утворює густі зарості криволісся. Також вид широко представлений в горах і болотах Центральної і Західної Європи. У «Флорі Європи» (Tutin et al., 1964) та її останніх (2013 р.) актуалізованих онлайн-версіях наведено два близькі види сосни, про які йдеться – *Pinus mugo* і *P. uncinata*, в той час як *P. montana* подається лише як синонім до *P. mugo* (рис 1).

Перший вид відзначається сланким ростом і майже симетричними шишками. До другого виду віднесено деревоподібні форми з асиметричними шишками, які поширені у Західній Європі. Опіраючись на визначення, подане у «Флорі Європи», сосну гірську, поширену в субальпійському поясі Карпат, потрібно ідентифікувати як *Pinus mugo* Turra. Окрім *P. mugo*, для Польських Карпат наведено також *P. uncinata*, котра, на відміну від західноєвропейських зразків, найчастіше має сланку форму росту і відома з літературних джерел під різними синонімами. За деякими даними (Trampler, 1937) в Українських Карпатах зрідка також трапляються екземпляри різних перехідних форм, які виникли внаслідок спонтанного схрещування (Чубатий, 1965). Деякі автори використовують для означення сланкої життєвої форми термін «стелюх», який прижився поруч із більш традиційним – «сланник» (Малиновський, 1973; Криницький, Третяк, 2003).

Сучасне розповсюдження криволісся *Pinus mugo* у гірських регіонах Західної (Альпи), Центральної

та Східної (Судети, Татри, Карпати) Європи (див. рис. 1) спостережено аж до висоти близько 2700 м від південного сходу через Боснію і Герцеговину, Чорногорію, Сербію, Румунію до гори Рила та Піреней в Болгарії, де вид формує значні за площею чагарникові популяції (Critchfield, Burke, & Little, 1966; Caudullo, Welk, & San-Miguel-Ayanz, 2017).

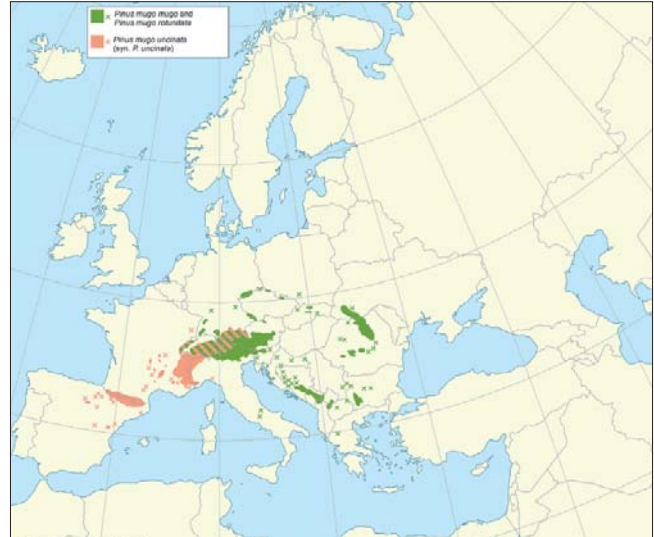


Рис. 1. Поширення *Pinus mugo* Turra в Європі (Caudullo, Welk, & San-Miguel-Ayanz, 2017)

В Українських Карпатах поширення соснового криволісся пов'язане безпосередньо з геологічною будовою. В поясі соснового криволісся ґрунтовий покрив представлений переважно незначними торф'яними нагромадженнями, проте домінуюче значення тут мають виходи кам'янистих розсипищ. Зазвичай вони зосереджені на гірських масивах, утворених пісковиками – магурського, що утворює в основному Чорногору, і ямненського, який утворює Горгани. Останній масив представлений переважно кам'янистими розсипищами. На цій частині Українських Карпат, де гірські хребти утворені кристалічними породами, пояс соснового криволісся майже відсутній, а висотні місцезростання займають субальпійські луки (полонини) або ж ялинові рідколісся (рис. 2).



Рис. 2. Сосна гірська на кам'янистих ґрунтах у Чивчинських горах (Фото Б. І. Вихора, 24.05.2018 р.)

До цієї ж категорії гірських хребтів потрібно віднести Чивчинські і Гринявські гори, де соснове криволісся розповсюджене слабо, за винятком ви-



сокогірних плато Гнітеса і Палениця, розташованих у південній частині гірських хребтів (рис. 3).



Рис. 3. Соснове криволісся на Палениці – найбільшому плоскогір'ї в Українських Карпатах (Фото І.І. Коляджина, 12.07.2016 р.)

Цей пояс Pawlowski & Walas (1949) умовно назвали зоною соснового криволісся, вкладаючи у цю форму лише зміст кліматичного поясу. Відсутність соснового криволісся вони пояснюють недостатньою пристосованістю місцевих екотипів гірської сосни до поширення на вапнякових і кристалічних породах, з яких утворені хребти Чивчинських і Гринявських гір.

Місце *Pinus mugo* у ландшафті Карпат визначається її високою пристосованістю до суворих ґрунтово-кліматичних умов субальпійського поясу. На різних висотах над рівнем моря та в різних ґрунтових умовах деревний вид має різну інтенсивність росту і відповідно різну висоту і густоту крони. На верхній межі лісу рослини найвищі (до 4,5 м), а на межі з альпійським поясом – нижчі, проте мають густішу крону (Колищук, 1967). Сосна добре витримує сильні вітри і навали снігу, морози і спеку, надмірну вологість і короткочасні засухи, зсуви каміння і снігові лавини. Гірська сосна успішно розповсюджується і на позбавлених ґрунтового покриву кам'янистих розсипищах, а також на кислих і надмірно зволжених сфагнових болотах (Коляджин, 2016).

У місцях, представлених сфагновими торфовищами, ялина може просуватися вгору лише у випадку деградації цих торфовищ. Таке явище спостережено на верхній межі лісу, де внаслідок сильного зволоження атмосферними опадами і танення снігу формується достатній запас вологи, однак наявний добрий дренаж ґрунту. У таких місцях ялиновий ліс «наступає» на зарості соснового криволісся. Сосна гірська, яка не виносить затінення, зріджується і відмирає, поступаючи місцем ялині (Колищук, 1958).

Характерно, що в пониженнях улоговинах, розташованих біля підніжжя стрімких схилів, внаслідок надмірної акумуляції вологи та відсутності її відтоку формуються сфагнові болота з виходом води на поверхню. На цих терасоподібних елементах ре-

льефу формуються кращі лісорослинні умови для сосни гірської. В урочищах на верхових сфагнових болотах дещо погіршується ріст сосни гірської в окремі вікові періоди (Колищук, 1968). Проте, завдяки болотам, і збереглися осередки природного розповсюдження *Pinus mugo* на нижній межі її поширення, зокрема, в урочищах «Дике поле» (координати місця знахідки: 48.033464, 24.755861; 780 м н.р.м., с. Зелене) та «Гучівка» (координати місця знахідки: 48.173118, 24.736421; 700 м н.р.м., с. Ільці) Верховинського району. Деревостани з ялини європейської не в змозі сформувати в таких умовах намет достатньої повноти, який би сильно затінював сосну гірську й став би причиною її поступового відмирання (рис. 4).



Рис. 4. Сосна гірська з ялиною європейською на заболочених ґрунтах (Фото І.І. Коляджина, 10.07.2020 р.)

Експедиційними дослідженнями підтвержене місцезростання сосни гірської на г. Говерла – приблизно 100 м від її вершини, на висоті 2000 м н.р.м., яке можна вважати найвищим місцем росту *Pinus mugo* в Українських Карпатах (рис. 5). Одне із найнижчих природних місцезростань сосни гірської на північно-східному мегасхилі Українських Карпат зафіксовано на болотистих терасах річок в Карпатах (700 м н.р.м.; 48.173118, 24.736421, ур. Гучівка). У Карпатському біосферному заповіднику встановлено ще нижче місцезростання *Pinus mugo* (500 м н.р.м.).

Опрацювання матеріалів Львівської лісовпорядної експедиції (2009 р.) дало змогу встановити поширення заростей соснового криволісся в Українських Карпатах (табл.).

Загальна площа проінвентаризованих ділянок Українських Карпат, на яких зосереджено криволісся *Pinus mugo*, становить 9319,2 га. Соснове криволісся поширене нерівномірно, в основному – у південно-східній частині Карпат, де більшість площ зосереджені на північно-східному мегасхилі (7642,2 га або 82,0%). У Карпатському регіоні сосна гірська переважно формує чисті лісостани, площа яких становить 8427,4 га (90,43%). Незначні площі займають мішані деревостани *Pinus mugo* та

*Picea abies* (L.) Karst. (707,4 га), а також зарості *Pinus mugo* та *Alnus viridis* (Chaix) DC (165,8 га).

Розподіл площі і запасів деревостанів за участю сосни гірської за віковою структурою (2 – молодняки 1 класу, 3 – молодняки 2 класу, 4 – середньовікові, 5 – середньовікові, включені до розрахунку, 6 – пристигаючі, 7 – стиглі, 8 – перестійні лісостани) показує, що найпоширенішими є середньовікові деревостани, як на північно-східному, так і на південно-західному мегасхилах Українських Карпат (рис. 6).

Аналіз лісівничо-таксаційних показників деревостанів за участю сосни гірської свідчить про переважання низьких ( $V^a$  та  $V^b$ ) класів бонітету (рис. 7). Площа заростей сосни гірської найнижчого класу бонітету ( $V^b$ ) становить 7719,5 га (82,3%), а  $V^a$  класу бонітету – 835,9 га (8,9%). При цьому деревостани за повнотою розподілені рівномірно, з невеликим переважанням середньоповнотних деревостанів. Поблизу верхньої межі лісу сосна гірська, яка не виносить затінення, трапляється лише у

низькоповнотних ялинових і вільхових деревостанах на площі 732,9 га (7,86%), а на межі з альпійським поясом формує високоповнотні чисті деревостани площею 3994,8 га (42,87%).



Рис. 5. Куртина сосни гірської поблизу вершини г. Говерла (Фото Л. С. Осадчука, 28.09.2019 р.)

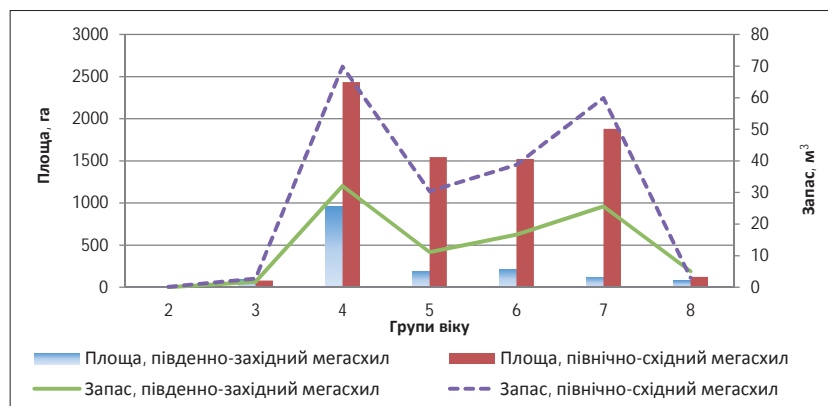


Рис. 6. Розподіл вікових груп *Pinus mugo* за площею та запасом в Українських Карпатах

Таблиця

**Розподіл площі деревостанів за участю сосни гірської за адміністративними областями і типами деревостану в Українських Карпатах (га)**

Тип деревостану	Області		Закарпатська обл.		Львівська обл.		Всього	
	Івано-Франківська обл.	%		%		%		%
Чисті із сосни гірської	7377,9	79,17	1049,5	11,26	0,4	<0,01	8427,4	90,43
Мішані сосни гірської та ялини європейської	393	4,22	314,4	3,37	–	–	707,4	7,59
Мішані сосни гірської та вільхи зеленої	113,8	1,22	52	0,56	–	–	165,8	1,78
Мішані сосни гірської та сосни звичайної	–	–	6,8	0,07	–	–	6,8	0,07
Мішані сосни гірської та вільхи сірої	2,5	0,03	–	–	–	–	2,5	0,03
Мішані сосни гірської та сосни кедрової європейської	3,2	0,03	–	–	–	–	3,2	0,03
Мішані сосни гірської та ялиці білої	6,1	0,07	–	–	–	–	6,1	0,07
Разом	7896,5	84,73	1422,7	15,27	0,4	<0,01	9319,2	100,0



Розподіл деревостанів за участю сосни гірської за орографічними характеристиками (експозиція і стрімкість схилів) свідчить, що основні площі зосе-

реджені на висоті 1400-1700 м н.р.м., а переважаючими експозиціями є північно-східний та південно-східний схили зі стрімкістю 20-40°.

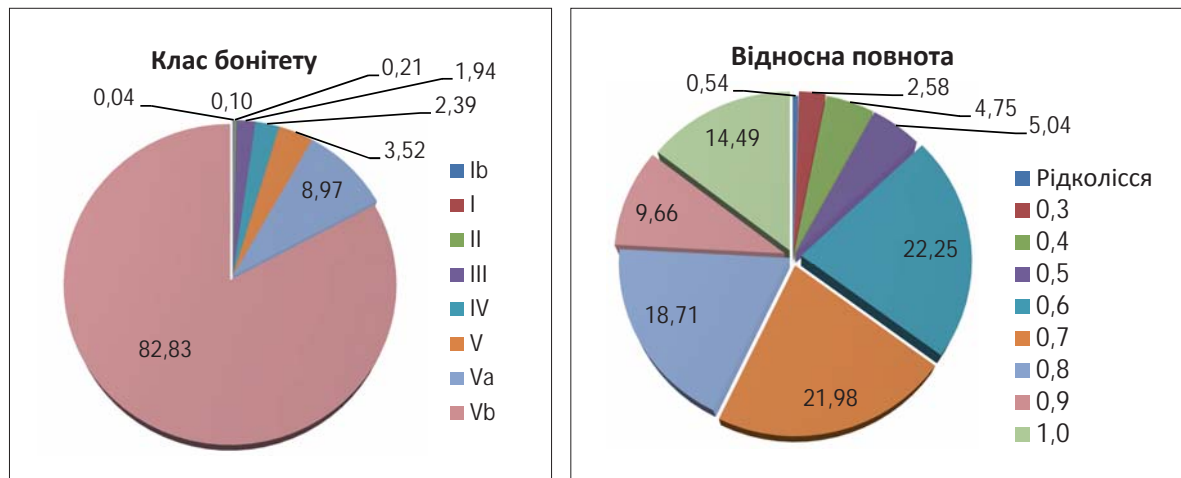


Рис. 7. Розподіл площ деревостанів за участю *Pinus mugo* за класами бонітету та відносною повнотою

**Висновки.** *Pinus mugo* в Українських Карпатах займає загальну площу 9319,2 га, має значне природоохоронне, наукове, історико-культурне значення й виконує захисні та рекреаційно-оздоровчі функції.

Встановлено найвищі (г. Говерла 2000 м н.р.м.) та найнижчі (північно-східний мегасхил, ур. Гучівка, с. Ільці – 700 м н.р.м., південно-західний мегасхил, Карпатський біосферний заповідник – 500 м н.р.м.) природні місця зростання сосни гірської в Українських Карпатах.

Значна частина лісового фонду соснового криволісся (близько 82%) зосереджена у південно-східній частині Українських Карпат на північно-східному мегасхилі (7896,5 га). Порівняно з південно-західним мегасхилом (1422,7 га), соснове криволісся займає майже у чотири рази більші площі. Цей аспект пов'язаний, насамперед, з біологією сосни гірської, яка є витривалою до суворих умов в субальпійському поясі та відмінністю кліматичних умов на мегасхилах. На північно-східному мегасхилі, порівняно із південно-західним, вона займає ширший (від 500 до 2000 м н.р.м.) діапазон місцезростання, оскільки на цьому мегасхилі *Pinus mugo* не витісняють інші деревні види на верхній межі лісу. В цих умовах сосна гірська також слабо пошкоджується сонячними опіками, а ґрунти краще забезпечені вологою. Проте на південно-західному мегасхилі, порівняно з північно-східним, деревостани за участю сосни гірської продуктивніші, формують більші запаси деревини. Ця відмінність пов'язана зі значно кращими умовами росту і теплішим кліматом південно-західного мегасхилу Українських Карпат.

**Подяка.** Автори висловлюють глибоку і щирю вдячність працівникам Львівської державної лісовпорядної експедиції за надані матеріали

### Список літератури

- Арап Р. Я. (1984). Палінологічні дослідження субфосильних проб з Українських Карпат. *Український ботанічний журнал*, 41(1), 73-77 [Arap, R. Ja. (1984). Palynological studies of subfossil samples from the Ukrainian Carpathians. *Ukrainian Botanical Journal*, 41(1), 73-77] (in Ukrainian)
- Байцар А. (2014). Верхня межа лісу в ландшафтах Українських Карпат, її охорона та оптимізація. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 45, 166-177 [Baitsar, A. (2014). The upper limit of the forest in the landscapes of the Ukrainian Carpathians, its protection and optimization. *Scientific bulletin of the Lviv University. Geographical series*, 45, 166-177. <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2014.45.1162>] (in Ukrainian)
- Безусько А. Г., Безусько Л. Г. (2014). Палінологічна вивченість відкладів верхнього плейстоцену – голоцену західних регіонів України. *Наукові записки НаУКМА. Біологія та екологія*, 158, 13-21. [Bezusko, A. G., Bezusko, L. G. (2014). Palynological study of Upper Pleistocene – Holocene sediments of the western regions of Ukraine. *NaUKMA Research Papers. Biology and Ecology*, 158, 13-21 Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMA\\_2014\\_158\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMA_2014_158_4)] (in Ukrainian)
- Грабарь В. А. (1953). Изучение семенного возобновления горной сосны в Закарпатье. *Науч. записки. Ужгородск. ун-та*, 8, 82-85 [Grabar, V.A. (1953). Study of seed regeneration of mountain pine in Transcarpathia. *Proceedings of the Uzhorod University*, 8, 82-85] (in Russian)
- Зелена книга України (2009). Під заг. ред. Дідуха Я. П. Київ: Альтерпрес. 448 с. [Green Book of Ukraine. (2009). Didukh, Ja. P. (Ed.) Kyiv Altepress. Retrieved from: <http://irbis-nbuv.gov.ua/ulib/item/UKR0002295>] (in Ukrainian)
- Кагало, О., Проценко, Л., Бондарук, Г., Скрильніков, Д. (2015). *Розробка ключових законодавчих*



- актів щодо охорони біорізноманіття в лісах: адаптація українського законодавства до вимог ЄС (проект) (програма FLEG II), 77 [електронний ресурс]. [Kagalo, O., Protsenko, L., Bondaruk, G., Skrylnikov, D. (2015). *Development of key legislation on biodiversity protection in forests: adaptation of Ukrainian legislation to EU requirements (FLEG II)*]. Retrieved from: [http://www.enpi-fleg.org/site/assets/files/1900/kliuchovikh\\_zakonodavchikh\\_akt\\_v\\_shchodo\\_okhoroni\\_b\\_or\\_znoman\\_ttia\\_v\\_l\\_sakh.pdf](http://www.enpi-fleg.org/site/assets/files/1900/kliuchovikh_zakonodavchikh_akt_v_shchodo_okhoroni_b_or_znoman_ttia_v_l_sakh.pdf).] (in Ukrainian)
- Колішук В.Г. (1958). *Сучасна верхня межа лісу в Українських Карпатах*. Київ: Вид-во АН УРСР. 45 с. [Kolishchuk, V.H. (1958). *Modern upper forest boundary in the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR] (in Ukrainian)
- Колішук, В.Г. (1968). До класифікації життєвих форм сланких деревних рослин. *Український ботанічний журнал*, 25(3), 59-66 [Kolishchuk, V.H. (1968). To the classification of life forms of creeping woody plants. *Ukrainian Botanical Journal*, 25(3), 59-66] (in Ukrainian)
- Колішук В.Г. (1967). Методика исследования динамики прироста стлаников на примере горной сосны (*Pinus mughus* Scop.). *Ботанический журнал*, 52(6), 852-859 [Kolishchuk, V.H. (1967). Methods for studying the dynamics of the growth of dwarf trees on the example of mountain pine (*Pinus mughus* Scop.). *Botanical Journal*, 52(6), 852-859] (in Russian)
- Коляджин І.І. (2016). Поширення сосни гірської (*Pinus mugo*) у Чивчино-Гринявських горах. *Збереження раритетного біорізноманіття в національних природних парках: матеріали науково-практичного семінару працівників установ природно-заповідного фонду, 26-27 липня. Вінниця, Україна: НПП «Кармелюкове Поділля», 24-28* [Koliadzhyn, I.I. (2016). Mountain pine (*Pinus mugo*) distribution in the Chivchyno-Hryniavsky Mountains. *Proceedings of the scientific-practical seminar of the employees of the nature reserve fund institutions «Conservation of rare biodiversity in national nature parks», 26-27 June. Vinnytsia, Ukraine: National Nature Park «Karmelukove Podilla»]* (in Ukrainian)
- Криницький Г., Третяк П. (2003). Стан лісів Українських Карпат, екологічні проблеми та перспективи. *Праці наукового товариства ім. Шевченка, XII*, 54-65. [Krynytskyj, G., & Tretiak, P. (2003). The state of the Ukrainian Carpathian forests, environmental problems and prospects. *Proceedings of the Shevchenko Scientific Society: Ecological problems of the Carpathian region, XII*, 54-65. Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73502>] (in Ukrainian)
- Національний каталог біотопів України (2018). Під заг. ред. Куземка А.А., Дідуха Я.П., Онищенко В.А., Шеффера Я. Київ: ФОП Клименко [National Habitat catalogue of Ukraine. (2018). Kuzemko, A, Didukh, Ya., Onyshchenko, V., Sheffer Ya. (Eds). Kyiv, Ukraine: FOP Klymenko. Retrieved from <http://eKhSUIR.kspu.edu/123456789/10766>] (in Ukrainian)
- Малиновський К.А. (1973). Геоботанічна характеристика. В кн. *Біологічна продуктивність гірсько-соснового криволісся*. Київ: Наукова думка. 4-35. [Malynovskij, K.A. (1973). Geobotanical characteristics. In *Biological productivity of mountain pine scrub forest* (pp. 4-35). Kyiv: Scientific thought] (in Ukrainian)
- Малиновський К.А. (2003). Сучасний стан верхньої межі лісу та приполонинної рослинності. *Праці наукового товариства ім. Шевченка, XII*, 66-80. [Malynovskij, K.A. (2003). Contemporary conditions of the upper forestry line and mountain valleys vegetation. *Proceedings of the Shevchenko Scientific Society, XII*, 66-80 Retrieved from <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/73503>] (in Ukrainian)
- Пастернак П.С. (1967). *Лісові ґрунти Українських Карпат*. Ужгород: Карпати. 343 с. [Pasternak, P.S. (1967). *Forest soils of the Ukrainian Carpathians*. Uzhorod: Karpaty] (in Ukrainian)
- Пастернак П.С., Бакаленко Е.М., Юркевич Ю.В., Юрченко В.И. (1984). *Лесовосстановление на эродированных склонах*. Москва. 8 с. [Pasternak, P.S., Bakalenko, E.M., Yurkevych, Yu.V., & Yurchenko, V.I. (1984). *Reforestation on the eroded slopes of the Carpathians*. Moscow: Booklet] (in Russian)
- Смаглюк, К.К. (1972). *Аборигенні хвойні лісотворювачі*. Ужгород: Карпати. 111 с. [Smaglyuk, K.K. (1972). *Autochthonous coniferous forest formers*. Uzhorod: Karpaty] (in Ukrainian)
- Фельбаба-Клушина, Л.М. (2010). *Рослинний покрив боліт верхів'я басейну р. Туса (Українські Карпати) та флювіальна концепція його охорони*. Ужгород: Ліра. 190 с. [Felbaba-Klushyna, L.M. (2010). *Marshland and Aquatic Vegetation Cover in the Tysa River Upper Course (the Ukrainian Carpathians), and Fluvial Concept of its Protection*. Uzhorod: Lira. Retrieved from <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/16124>] (in Ukrainian)
- Чубатий О.В. (1965). *Соснове криволісся Українських Карпат*. Київ: Урожай. 134 с. [Chubatij, O.V. (1965). *Pine scrub forest of the Ukrainian Carpathians*. Kyiv: Urozhaj] (in Ukrainian)
- Caudullo, G., Welk, E., & San-Miguel-Ayanz, J. (2017). Chorological maps for the main European woody species. *Data in Brief*, 12, 662-666. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2017.05.007>
- Critchfield, W. Burke, & Little, E. L. (1966). *Geographic distribution of the pines of the world*. U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.66393>
- Navrotskaya, J.L., Syabryaj, S.V., Bezus'ko, L.G., Stuchlik, L., & Tasenkevich, L.A. (1991). The Ugol'sky massif – a refuge of thermophilic flora in the Ukrainian Carpathians. *Acta palaeobotanica*, 31(1-2), 261-272
- Parobeková, Z., Bugala, M., Kardoš, M., Dovciak, M., Lukáčik I., & Saniga, M. (2018). Long-Term Changes in Dwarf Pine (*Pinus mugo* Turra) Cover and Growth in the Orava Beskid Mountains, Slovakia. *Mountain*

- Research and Development*, 38(4), 342-352. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-18-00049.1>
- Pawłowski, B., & Walas, J. (1949). Les associations des vasculaires des Monts de Czywczyn. *Bull. Acad. Pol. Sci. Lett. B, I*, 117-181. [Pawłowski, B., & Walas, J. (1949). Associations of vascular of the Czywczyn Mountains. *Bull. Acad. Pol. Sci. Lett. B, I*, 117-181] (in Polish)
- Solár, J., (2013). Effect of climate change on mountain pine distribution in western Tatra Mountains. In: Singh BR, editor. *Climate Change: Realities, Impacts Over Ice Cap, Sea Level and Risks. Rijeka, Croatia: InTech*, 437-458. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.5772/54724>
- Stuchlik, L., & Kvavadze, E. (1995). On the problem of the actuopalynology in the Carpathians and Caucasus. *Acta Palaeobotanica*, 35(1), 73-83
- Tsaryk, I., Didukh, Y.P., Tasekovich, L., Waldon, B., & Boratynski, A. (2006). *Pinus mugo* Turra (*Pinaceae*) in the Ukrainian Carpathians *Dendrobiology*. 55, 39-49. Retrieved from: <http://yadda.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-article-1ff4b8f9-f464-43e0-93d6-b84baf2c829d>
- Trampler, T. (1937). Kosodrzewina w Gorganach. *Polish Botanical Society*, 14(1), 1-44 [Trampler, T. (1937). Mountain pine in Gorgany. *Polish Botanical Society*, 14(1), 1-44] (in Polish)
- Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., & Webb, D.A. (1964). *Flora Europaea*. Vol. 1. Lycopodiaceae to Platanaceae. Cambridge: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.5281/zenodo.302862>

### Present condition and distribution of *Pinus mugo* in the Ukrainian Carpathians

L. Osadchuk<sup>1</sup>, I. Koliadzhyn<sup>2</sup>, L. Kondratiuk<sup>3</sup>

The modern area of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) was formed in the Ukrainian Carpathians in the postglacial period. Significant distribution of mountain pine outside the lower limit of its modern range in the ancient Holocene is confirmed by the

absolute maximum of its pollen in the most ancient layers of the Holocene strata. Mountain pine, at that time, was widespread, much lower level than the current position of the upper forest boundary. The clumps of mountain pine in the swamps grow also nowadays (at absolute altitudes of about 700 m above sea level). The thickets of the mountain pine in the past had undergone significant changes, in particular, due to anthropogenic activities: the destruction of the shrub forest and transformation of such areas into mountain meadows in the Ukrainian Carpathians. This activity influenced significantly on the formation of the modern area of mountain pine plantations. Pine shrub forest plays an extremely important ecological role in the Carpathian highlands. In particular, such forests perform soil protection, anti-erosion, water regulation, soil-forming, snow-retaining and other functions. Currently, the mountain pine community (*Pineta mugi*) is under protection. It is included in the Green Book of Ukraine. The forest management planning materials of the Lviv Forest Management Planning Expedition of 2009 are analyzed. These materials used for estimation of areas of stands with mountain pine participation and classification according to age groups, stocks, stand density, quality, altitude, exposure and slope steepness.

The field studies has confirmed the is a habitat of mountain pine on Mount Hoverla – about 100 m from its top, at an altitude of 2000 m above sea level, which can be considered the highest place of growth of *Pinus mugo* in the Ukrainian Carpathians. One of the lowest natural habitats of mountain pine on the north-eastern megaslope of the Ukrainian Carpathians was found on the marshy terraces of rivers in the Carpathians (700 m above sea level; 48.173118, 24.736421, Guchivka Street). The Carpathian Biosphere Reserve has an even lower location of *Pinus mugo* (500 m a.s.l.).

According to the forest inventory data the total area of the *Pinus mugo* crooked forests in the Ukrainian Carpathians is 9319.2 ha. Pine crooked forests are distributed unevenly, mainly in the south-eastern part of the Carpathians, where most areas are concentrated on the north-eastern mega-slope (7642.2 ha or 82.0%). This aspect is primarily related to the biology of mountain pine, which is resistant to harsh conditions in the subalpine zone and the difference in climatic conditions on the megaslopes. Mountain pine mainly forms pure forests, the area of which is 8427.4 ha (90.43%). Minor areas are occupied by mixed stands of *Pinus mugo* and *Picea abies* (L.) Karst. (707.4 ha), as well as thickets of *Pinus mugo* and *Alnus viridis* (Chaix) DC (165.8 ha).

The studies of the areas of mountain pine stands distribution have shown the importance of their environmental, scientific, historical and cultural value, as well as that they perform protective, recreational and health functions.

**Key words:** mountain pine; crooked forest; the upper boundary of the forest distribution; subalpine belt; mega slope.

<sup>1</sup> Leonid Osadchuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Botany, Wood Science and Non-Wood Forest Products. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [l.osadchuk@ntu.edu.ua](mailto:l.osadchuk@ntu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8719-8125>

<sup>2</sup> Ivan Koliadzhyn – postgraduate of the Department of Botany, Wood Science and Non-Wood Forest Products. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [ivan\\_ko@i.ua](mailto:ivan_ko@i.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

<sup>3</sup> Liybov Kondratiuk – assistant lecturer of the Department of Silviculture. Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: [l.kondratiuk@ntu.edu.ua](mailto:l.kondratiuk@ntu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4760-2127>

## Современное состояние и распространение *Pinus mugo* Turra в Украинских Карпатах

Л. С. Осадчук<sup>1</sup>, И. И. Коляджин<sup>2</sup>, Л. Н. Кондратюк<sup>3</sup>

Современный ареал *Pinus mugo* Turra в Украинских Карпатах сформировался в послеледниковый период. Широкое распространение сосны горной вне нижней границы ее современного ареала в древнем голоцене подтверждается абсолютным максимумом ее пыльцы в наиболее древних слоях голоценовых отложений. Сосна горная в

то время имела широкое распространение, значительно ниже современного положения верхней границы леса. Куртины сосны горной на болотах растут и в настоящее время, на абсолютных высотах около 700 м над уровнем моря. Заросли криволесья сосны горной в прошлом претерпели значительные изменения, в частности, в результате антропогенной деятельности: уничтожение криволесья и разработки площадей для высокогорного хозяйства в Украинских Карпатах. Это существенно повлияло на формирование современного ареала сосны горной. Сосновое криволесье играет чрезвычайно важную экологическую роль в высокогорье Карпат. В частности, это – почвозащитная, противозрозийная, водорегулирующая, почвообразующая, снегоудерживающая и другие функции. В настоящее время группировка формации сосны горной (*Pineta mugi*) охраняется государством и включена в Зеленую книгу Украины.

Авторами проанализированы материалы лесоустройства Львовской лесоустроительной экспедиции 2009 г. и на их основе установлены площади древостоев с участием *Pinus mugo* с распределением по возрастным группам, запасам, полнотам, бонитетам, высотой над уровнем моря, экспозицией и крутизной склонов. Отмечены самые высокие и самые низкие природные места произрастания сосны горной в Украинских Карпатах.

**Ключевые слова:** сосна горная; криволесье; верхняя граница распространения леса; субальпийский пояс; мегасклон.

<sup>1</sup> Осадчук Леонид Семенович – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. E-mail: l.osadchuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8719-8125>

<sup>2</sup> Коляджин Иван Игоревич – аспирант кафедры ботаники, древесиноведения и недревесных ресурсов леса. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. E-mail: ivan\_ko@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6790-7051>

<sup>3</sup> Кондратюк Любовь Николаевна – ассистент кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. E-mail: l.kondratiuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4760-2127>





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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412106>  
Article received 2021.01.12  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Yuriy Shparyk  
[yurii.shparyk@pnu.edu.ua](mailto:yurii.shparyk@pnu.edu.ua)  
Halytska str., 201, Ivano-Frankivsk, 76008,  
Ukraine

УДК 630\*228:81

## Стан і структура пралісів Українських Карпат за результатами моніторингу

Ю. С. Шпарик<sup>1</sup>, В. П. Лосюк<sup>2</sup>, А. В. Плига<sup>3</sup>

Нещодавні зміни у законодавстві щодо ведення лісового господарства в пралісах, квазіпралісах і природних лісах, а також постійне підвищення цікавості науковців і громадськості до лісівничих особливостей пралісових екосистем призвели до необхідності ідентифікації таких лісів та організації пралісових пам'яток природи на всій території України. Основну частину цих науково-дослідних і законотворчих робіт виконано в межах проєктів ГС «Всесвітній фонд природи Україна», за даними яких вже ідентифіковано близько 100 тис. га таких лісів, але ці дані постійно оновлюються. З'ясовано, що в цих лісах з 11 головних деревних видів переважають два (бук лісовий – 58 та ялина європейська – 33%) і поширені ще два (сосна гірська – 5 та ялиця біла – 3%). Із великої кількості типів лісу (91 шт.) переважають волога чиста суббучина (18%) і бучина (18%), волога чиста сусмеречина (13%), вологий смерековий суббір (6%), волога буково-ялицева сусмеречина (6%) і волога смереково-ялицева суббучина (5%).

Значне різноманіття типів лісу і типів деревостанів у пралісах, квазіпралісах і природних лісах, потреба в контролі за рівнем антропогенного втручання зумовили розроблення нової методики моніторингу пралісів на основі результатів їх наукових досліджень, затверджених методик моніторингу лісів та ідентифікації пралісів. Розроблену методику апробовано в 2020 р. на шести об'єктах в Українських Карпатах. Виявлено добрий стан таких лісостанів: найкращий в ялиновому пралісі, а найгірший – в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі, а також незначний антропогенний вплив на них (переважно інфраструктура і рекреація). Структура пралісів переважно складна і змінюється від умовно різновікового двоярусного букового квазіпралісу до різновікового чотириярусного кедрово-ялицево-ялинового пралісу.

Обґрунтовано потребу в щорічному моніторингу пралісів з наукових і соціологічних позицій для контролю за їх розвитком та антропогенним втручанням у ці екосистеми.

**Ключові слова:** головна порода; тип лісу; тип деревостану; мертва лежача деревина; природне поновлення; ярусність; життєвість; функціональність; товарність; протяжність крони.

<sup>1</sup> Шпарик Юрій Степанович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісознавства. Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Галицька, 201, м. Івано-Франківськ, 76008, Україна. Тел.: +38-0342-596163, +38-050-188-02-61. E-mail: [yurii.shparyk@pnu.edu.ua](mailto:yurii.shparyk@pnu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

<sup>2</sup> Лосюк Василь Петрович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник. Національний природний парк «Гуцульщина», вул. Дружби, 84, м. Косів, Івано-Франківська обл., 78600, Україна. Тел.: +03478-23709. E-mail: [losyuk@i.ua](mailto:losyuk@i.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1807-1264>

<sup>3</sup> Плига Андрій Вікторович – координатор лісового напрямку, ГС «Всесвітній фонд природи Україна», вул. Раїси Окіпної, 4, офіс 170, м. Київ, 02002, Україна. Тел.: +38093-3495281. E-mail: [aplyha@wwf.ua](mailto:aplyha@wwf.ua)

**Вступ.** Ключове значення пралісів для ідентифікації природної структури лісів та їх динаміки, як основи для розроблення лісівничих стратегій за типами лісу, відоме вже не одну сотню років (Gurnaud, 1886; Gayer, 1898; Engler, 1900; Biolley, 1901; Zlatník, Korsuň, Kočetov, Kseneman, 1938). В Україні ці природні еталони стійкості та продуктивності раніше широко використовували для розроблення базових понять лісівничої науки (Висоцький, 1916; Алексеев, 1928; Докучаев, 1949; Погребняк, 1968), а на сьогодні – для ідентифікації напрямів змін у лісових екосистемах у сучасних природно-кліматичних умовах та розроблення шляхів їх адаптації до цих змін (Korpel, 1995; Стойко, 2006; Ю.С. Шпарик, Коммармот, Беркела, 2010; Ю.С. Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020; Ю.С. Шпарик, Вітер, В.Ю. Шпарик, 2020; Дідух, Чорней, Буджак, 2016). Тому праліси завжди були пріоритетними об'єктами досліджень у лісівничій науці.

Зацікавленість суспільства до пралісів суттєво підвищилася після 2007 р., коли українські букові праліси Карпат було віднесено до об'єктів Всесвітньої природної спадщини ЮНЕСКО (разом зі словацькими кластерами букових пралісів). Це єдиний природний об'єкт України у спадщині ЮНЕСКО (UNESCO, 2007). Надалі цей об'єкт тільки розширюється (у 2011 р. – на стародавні букові ліси Німеччини, у 2017 р. – на стародавні букові ліси в 9-ти європейських країнах і на додаткові кластери в Україні), тому цікавість до пралісів стала загальноєвропейською тенденцією. Відповідно збільшилась кількість наукових публікацій щодо функцій і властивостей пралісів (Pittner, & Saniga, 2008; Brang et al., 2014; Schütz, Saniga, Diaci, & Vrška, 2016; EUROPARC, 2017; Machar et al., 2017; Zenner, Lynn, Pecka, Nobi, 2020).

Україна підтримала таке стрімке посилення цікавості до пралісів у законодавчій площині з урахуванням результатів наукових досліджень: у 2017 р. ухвалено Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо охорони пралісів згідно з Рамковою конвенцією про охорону та сталий розвиток Карпат»; у 2018 р. – «Методику визначення належності лісових територій до пралісів, квазіпралісів і природних лісів» та «Методику визначення належності територій до пралісових пам'яток природи». Це дало змогу офіційно ідентифікувати праліси в Україні, погодити їх наявність з користувачами лісів і розпочати створення відповідних об'єктів ПЗФ – пралісових пам'яток природи. Основний обсяг цих робіт виконали експерти і працівники ГС «Всесвітній фонд природи Україна». Робота в цьому напрямі триває, а актуальна інформація про неї є на сайті організації у форматі ГІС (рис. 1 (WWF Ukraine, 2021)). Станом на 2020 р. в Україні всіма експертами виявлено 97 тис. га пралісів, квазіпралісів і природних лісів, зокрема майже 50 тис. га – пралісів. Найбільше таких лісів у Закарпатській – 63, Івано-Франківській – 21 та Чернівецькій – 7 тис. га областях. В інших областях виявлено окремі кластери таких лісів: Во-

линська – 1,4; Львівська – 0,7; Житомирська – 0,6; Рівненська – 0,6; Чернігівська – 0,3; Сумська – 0,2; Київська – 0,1 тис. га (Y.S. Shparyk et al., 2019; WWF Ukraine, 2019). Отже, в Україні офіційно виявлено достатньо значні площі пралісів і квазіпралісів, які зафіксовані в натурі і потребують контролю (моніторингу) за їхнім станом.

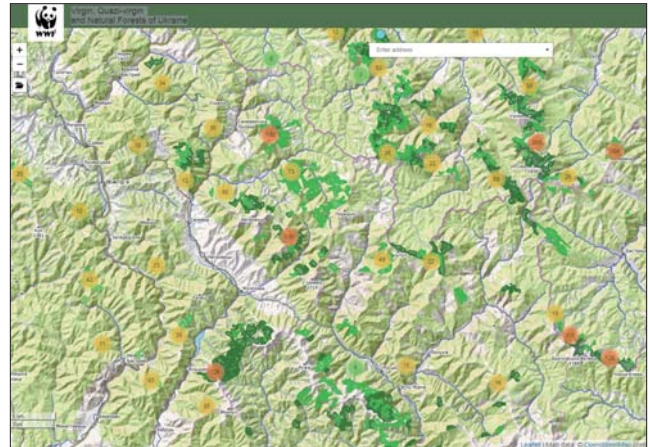


Рис. 1. Фрагмент онлайн ГІС пралісів України на сайті WWF Україна (WWF Ukraine, 2021)

Навіть за відсутності прямого антропогенного втручання, праліси постійно перебувають під впливом зовнішніх природних чинників, які в комплексі з особливостями внутрішнього їх розвитку і формують актуальний на сьогодні стан пралісів. Найсуттєвіше на стан пралісів впливають два зовнішні чинники: глобальні зміни клімату, які змінюють лісорослинні умови, що впливає на конкурентоздатність деревних видів і може призвести до зміни породного складу пралісу (Jump, Hunt, & Peñuelas, 2006; Дідух, Чорней, Буджак, 2016; Shukla et al., 2019; Ю.С. Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020); стихійні явища (вітровали і сніголами), які можуть зруйнувати верхні яруси пралісу на значних площах (Молотков, 1966, Korpel, 1995; Калущкий, Олійник, 2007; Janda et al., 2014; Ю.С. Шпарик, Вітер, В.Ю. Шпарик, 2020). Зміни стану пралісів стаються і під впливом внутрішніх чинників – на різних стадіях розвитку структура пралісів може змінюватися в значних межах (Standovár, & Kenderes, 2003; Ю.С. Шпарик, Коммармот, Беркела, 2010; EUROPARC, 2017; Zenner, Lynn, Pecka, Nobi, 2020). Викладені вище дані однозначно вказують на потребу в контролі за станом пралісів в Україні, що можна реалізувати методами моніторингу лісів.

**Об'єкти та методика досліджень.** У статті 35 Лісового кодексу України зазначено, що організація лісового господарства передбачає зокрема і ведення моніторингу лісів, а в ст. 55 констатовано, що моніторинг лісів – це система регулярного спостереження, оцінювання і прогнозування динаміки кількісного та якісного стану лісів, яка є складовою частиною державної системи моніторингу навколишнього природного середовища. На жаль, у Лісовому кодексі немає чіткої регламентації позиції, хто і за які кошти повинен здійснювати моніторинг

лісів, а тому останніми роками ці роботи виконують тільки фрагментарно. Зрозуміло, що у контексті збереження пралісів на перше місце під час моніторингу виходить контроль антропогенного втручання у процеси росту і розвитку пралісів.

**Об'єкт досліджень** – праліси Українських Карпат різних природних зон у контексті їх стану і структури. **Предмет дослідження** – стан з позицій наявності пошкоджень елементів пралісів та структура з позицій наявності і розташування елементів пралісів залежно від їх породного складу та розташування цих лісових ділянок. **Мета досліджень** – ідентифікувати стан і структуру пралісів Українських Карпат, здійснити контроль за наявністю та інтенсивністю антропогенного впливу на них.

Потрібно відзначити дуже високе різноманіття ідентифікованих в Україні пралісів, квазіпралісів і природних лісів за віком, породним складом, типами лісу та інше. Зокрема, в Українських Карпатах експерти ГС «Всесвітній фонд природи України» (за винятком лісів Львівської обл.) ідентифікували в таких лісостанах 11 головних порід (рис. 2) у 91 типі лісу (рис. 3) 47-ми підприємств різних відомств, а варіантів породного складу – близько сотні. Для врахування такого високого різноманіття та потреб контролю за антропогенним втручанням було розроблено спеціальну методику для моніторингу пралісів, основні положення якої такі:

- об'єкт моніторингу пралісів закладають у вигляді кругової площадки площею 1000 м<sup>2</sup> з розрахунку – один об'єкт на 1 тис. га пралісів (квазіпралісів і природних лісів) однієї головної породи у найпоширенішому типі лісу, але не менше одного об'єкта на підприємство для кожної головної породи (див. рис. 2 і 3);

- об'єкти моніторингу обстежують один раз на п'ять років наприкінці вегетаційного періоду – залежно від природної зони України це може бути серпень або вересень, але повторно потрібно обстежувати в той самий період (± 1 тиждень);

- основні види робіт: внесення (контроль) загальної інформації, контроль критеріїв та індикаторів пралісів, контроль антропогенного втручання.

Для внесення загальної інформації про об'єкт моніторингу пралісів визначали такі показники: прив'язка до актуальної квартално-видільної мережі за підприємствами та їх відділеннями; виконавці; дата обстеження; лісівничо-таксаційні показники конкретної лісової ділянки за даними останнього лісовпорядкування; рік останнього лісовпорядкування; здійснені заходи (назва, рік, обсяг, № документа); заплановані заходи (назва, рік, обсяг). Контроль критеріїв та індикаторів пралісів здійснювали за міжнародною методикою їх інвентаризації, яка має успішну адаптацію в Україні з 2000 р. (Ю. С. Шпарик, Коммармот, Беркела, 2010), а перелік критеріїв та індикаторів взято з «Методики визначення належності лісових територій до пралісів, квазіпралісів і природних лісів» (Мінприроди України, 2018).

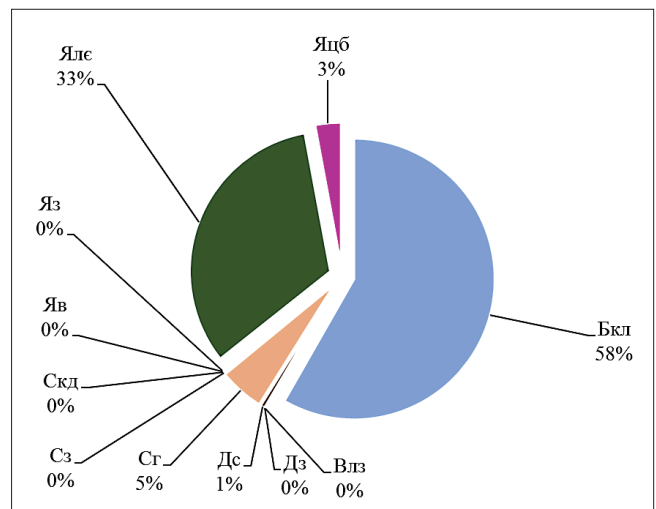


Рис. 2. Різноманіття головних порід ідентифікованих пралісів та квазіпралісів Українських Карпат (WWF Ukraine, 2021)

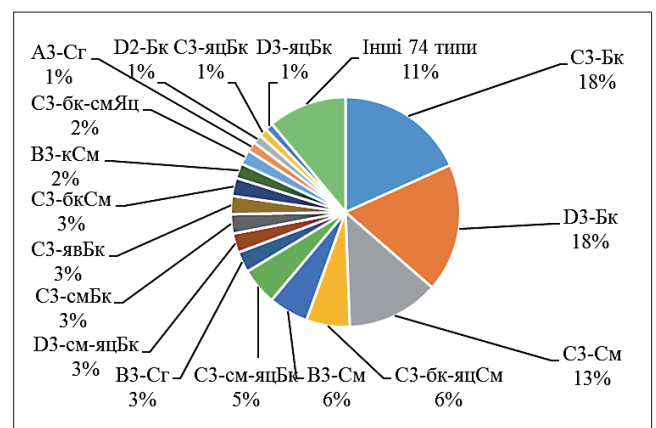


Рис. 3. Різноманіття основних (> 1% за площею) типів лісу ідентифікованих пралісів та квазіпралісів Українських Карпат (WWF Ukraine, 2021)

Позначення на рис. 2 і 3: бк, Бк – *Fagus sylvatica* L.; Бп – *Betula pendula* Roth.; Влз – *Alnus viridis* D.C.; Дз – *Quercus robur* L.; Дс – *Quercus petraea* Matt.; к, Ске – *Pinus cembra* L.; Кля, Яв – *Acer pseudoplatanus* L.; Сг – *Pinus mugo* L.; см, См, Ял – *Picea abies* (L.) Karst.; яц, Яц – *Abies alba* Mill.

Контроль антропогенного втручання в екосистему пралісу здійснено за такими його видами: штучне лісовідновлення, розвиток інфраструктури, побічне користування, використання лісової підстилки, випас худоби, рекреаційне використання, інші види користування. Виконано також картування дерев і фотофіксацію стану пралісів від центру об'єкта в напрямі основних сторін світу. Відзначимо, що ми підготували детальну методику моніторингу пралісів, квазіпралісів і природних лісів з відповідними бланками, передано її на обговорення у WWF Україна і подальшого затвердження

**Результати та обговорення.** У 2020 р. підготовлену нашу методику моніторингу пралісів, основні положення якої викладено вище, було апробовано на шести об'єктах моніторингу в трьох облас-



тях України: у Закарпатті – на державних підприємствах «Рахівське ЛДГ» та «Свалявське ЛГ»; у Прикарпатті – на ДП «Делятинське ЛГ» та «Осмолодське ЛГ»; у Буковині – на ДП «Берегометське ЛМГ» та «Сторожинецьке ЛГ». Середні лісівничо-таксаційні показники обстежених об'єктів моніторингу (табл. 1) підтверджують результати ідентифікації пралісів щодо значного різноманіття структури їх деревостанів. Породний склад деревостанів на об'єктах моніторингу пралісів переважно відповідає типу лісу, а основні головні породи регіо-

ну (бук, ялина, ялиця) представлені разом на двох об'єктах. Кількість дерев на об'єктах змінюється від 200 до 900 шт.·га<sup>-1</sup>, середній діаметр – від 21 до 38 см, середня висота – від 17 до 28 м, сума площ поперечного перерізу – від 38 до 68 м<sup>2</sup>·га<sup>-1</sup>, запас деревини – від 570 до 938, а запас сухостою – від 0,5 до 101 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Отже, є підстава стверджувати, що моніторингом охоплено достатньо широкий спектр типів деревостану, а встановлені показники відповідають регламентованим критеріям та індикаторам пралісів.

Таблиця 1

## Лісівничо-таксаційні показники деревостану на об'єктах моніторингу

Індекс типу лісу	Склад	Кількість дерев, шт.·га <sup>-1</sup>	Середній діаметр, см	Середня висота, м	Сума площ поперечного перетину, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>	Запас стовбурової деревини, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>	Запас сухостою, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>
квазіпраліс у лісфонді ДП «Берегометське ЛМГ»							
C <sub>3</sub> -бк-смЯц	9Яц1Ял + Бк	804	27,5	23,0	60,8	789	60
квазіпраліс у лісфонді «Делятинське ЛГ»							
D <sub>3</sub> -бк-смЯц	7Яц2Бк1Ял + Кля	784	26,5	23,0	54,0	938	0,5
праліс у лісфонді «Осмолодське ЛГ»							
C <sub>3</sub> -См	7Ял1Яц 1Скє1Бп	904	21,2	17,0	38,2	353	19
праліс у лісфонді «Рахівське ЛДГ»							
C <sub>3</sub> -См	10Ял+Яв	271	36,3	28,0	48,6	739	77
квазіпраліс у лісфонді «Свалявське ЛГ»							
C <sub>3</sub> -Бк	10Бк	211	38,2	25,0	46,9	571	38
праліс у лісфонді «Сторожинецьке ЛГ»							
C <sub>3</sub> -см-яцБк	7Бк3Яц	322	38,3	27,0	50,7	775	101

За результатами дослідження кедрово-ялицево-ялинового пралісу в лісфонді ДП «Осмолодське ЛГ» виявлено невідповідність породного складу лісостану та показників ґрунту до встановленого лісовпорядкуванням тут типу лісу – вологої чистої сусмеречини. Поглиблене вивчення видового складу трав'яного вкриття (за домінування *Vaccinium myrtillus* L. та *Vaccinium vitis-idaea* L.), природного поновлення і типу ґрунту (на всій ділянці – виходи скельних порід) дають підставу говорити про помилку в ідентифікації на цій лісовій ділянці типу лісу. За результатами досліджень, тип лісу на ділянці можна ідентифікувати як вологий кедрово-смерековий субір (рис. 4).

За розподілом кількості дерев і запасу деревини за ярусами деревостану встановлено, що його структура на всіх трьох об'єктах моніторингу є триярусною і характеризується різновіковістю, тоді як квазіпралісові лісостани є переважно двоярусними та умовно різновіковими, за винятком об'єкта у лісфонді ДП «Берегометське ЛМГ» – тут буково-ялиново-ялицевий квазіпраліс має різновікову триярусну структуру і характеризується різновіковіс-

тю. Так, усі чотири об'єкти представлені трьома ярусами, проте в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі мало дерев у другому ярусі, а в буковому квазіпралісі – у третьому ярусі (рис. 5). При цьому співвідношення кількості дерев за ярусами тільки на двох об'єктах відповідає спадному типу розподілу дерев за діаметром, який характерний для пралісів – в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі і в ялиново-буковому пралісі. Результати попередніх наших досліджень свідчать, що така ситуація пов'язана з малою площею пробної ділянки, яка не дає змоги повністю охопити площу навіть однієї стадії розвитку пралісів, бо вона може бути більшою ніж гектар (Шпарик, Коммармот, Беркела, 2010).

Подібні тенденції спостережено і щодо запасу деревини – вона представлена певними обсягами у всіх ярусах, але її запаси в третьому ярусі ялиново-ялицевого пралісу і букового квазіпралісу незначні через низькі таксаційні показники дерев третього ярусу на цих об'єктах (рис. 6). При цьому, запас стовбурової деревини має значну мінливість – від 353 у кедрово-сосново-ялицево-ялиновому пралісі до

938 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі (див. табл. 1), що можна пояснити різними лісорослинними умовами (у першому випадку – це вологий суббір, а в другому – вологий груд) та різними стадіями розвитку пралісів на об'єктах моніто-

рингу (у першому випадку – це стадія розпаду, а в другому – стадія стиглості). Якщо не брати до уваги мінімальне і максимальне значення, то запаси деревини в пралісах становлять в середньому від 600 до 800 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>.



а) у напрямку на північ;



б) у напрямку на південь;

Рис. 4. Фрагменти об'єкта моніторингу на ділянці кедрово-ялицево-ялинового пралісу (фото Ю. С. Шпарика)

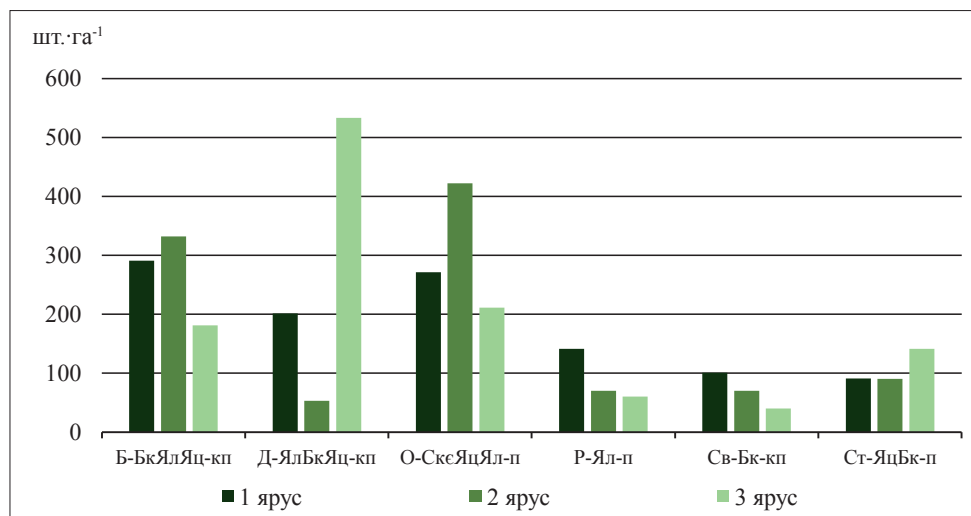


Рис. 5. Розподіл кількості дерев за ярусами пралісів та квазіпралісів Українських Карпат (умовні позначення об'єктів моніторингу на рис. 5-8 і в табл. 2 і 3: Б-БкЯлЯц-кп – буково-ялиново-ялицевий квазіпраліс у лісфонді ДП «Берегометське ЛМГ»; Д-ЯлБкЯц-кп – ялиново-буково-ялицевий квазіпраліс у лісфонді ДП «Делятинське ЛГ»; О-СкеЯцЯл-п – кедрово-сосново-ялицево-ялиновий праліс у лісфонді ДП «Осмолодське ЛГ»; Р-Ял-п – ялиновий праліс у лісфонді ДП «Рахівське ЛДГ»; Св-Бк-кп – буковий квазіпраліс у лісфонді ДП «Свалявське ЛГ»; Ст-ЯцБк-п – ялицево-буковий праліс у лісфонді ДП «Сторожинецьке ЛГ»)

Розподіл запасу деревини за ярусами є типовим для таких лісів: найвищі запаси притаманні першому, середні – другому, а найнижчі – третьому ярусу деревостану. Виняток становлять лише ялиново-буково-ялицевий квазіпраліс ДП «Делятинське ЛГ» – у цьому деревостані другий ярус представлений дрібними особинами, запас деревини яких ще незначний, тобто другий ярус тільки формується.

Подібну тенденцію щодо низького запасу деревини спостережено у третьому ярусі ялинового пралісу і букового квазіпралісу. Показники стану дерев у пралісах оцінювали за шістьма класами Міжнародної спілки лісових дослідних організацій (IUFRO): висоти (ярусності), життєвості, положення в ярусі, лісівничої функції, товарності, довжини крони (табл. 2). Згідно з отриманими даними, середній клас

ярусності на об'єктах моніторингу пралісів змінюється в межах 1,70-2,42, з максимумом (найбільше дерев у третьому ярусі – 68%) в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі і мінімумом (найбільше де-

рев в першому ярусі – 52%) – в ялиновому пралісі. Отже, більшість досліджених деревостанів мають близьку до двоярусної структуру, а третій ярус представлений незначною кількістю дерев.

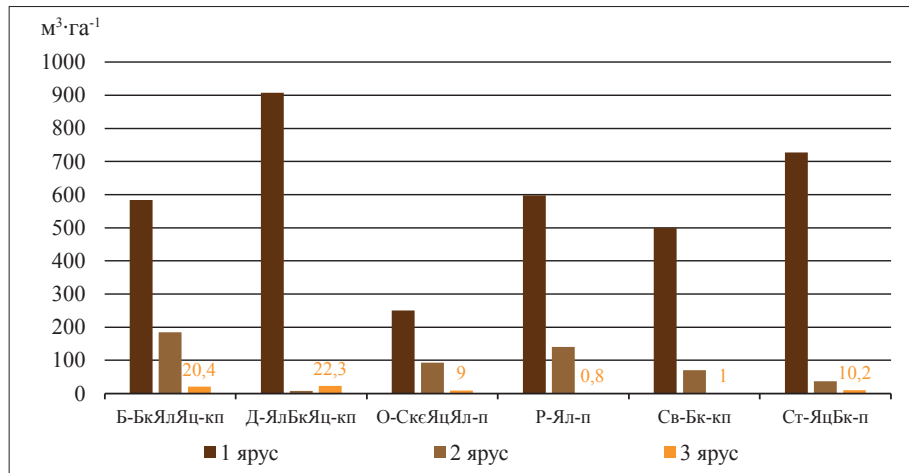


Рис. 6. Розподіл запасу стовбурової деревини за ярусами у деревостанах пралісів і квазіпралісів Українських Карпат

Таблиця 2

**Середні значення класів IUFRO на об'єктах моніторингу пралісів**

Об'єкт моніторингу	Класи IUFRO					
	ярусність	життєвість	положення в ярусі	функціональність	товарність	протяжність крони
Б-БкЯлЯц-кп	1,86	1,94	1,95	4,60	4,60	4,73
Д-ЯлБкЯц-кп	2,42	1,83	1,88	4,74	4,95	4,90
О-СкєЯцЯл-п	1,93	2,07	2,07	4,63	4,83	4,81
Р-Ял-п	1,70	1,52	1,74	4,33	4,44	4,22
Св-Бк-кп	1,71	2,00	1,90	4,71	5,10	4,52
Ст-ЯцБк-п	2,16	2,06	1,84	4,78	4,81	4,50

Життєвість (середній клас життєвості) обстежених деревостанів переважно є доброю (середній клас  $\approx 1,9$ ) і лише ялиновий праліс має життєвість, близьку до високої (59% дерев). Такі результати виглядають неправдоподібними на фоні масового всихання ялини, однак, поряд з цим, є підтвердженням результатів наукових досліджень у цьому напрямі – в Українських Карпатах масово всихають похідні ялинники, тоді як корінні поки що лише зменшили приріст за запасом деревини (Дебринюк, 2011; Shpyruk et al., 2018). За положенням у конкретних ярусах переважають (69%) домінуючі дерева, тобто – без ознак пригнічення, і мінливість цього класу є найменшою з усіх шести класів IUFRO.

Функціональність дерев у пралісах переважно добра (середній клас  $\approx 4,6$ ), тобто не корисних з лісівничого погляду для функціонування пралісових екосистем дерев мало (12%). Товарність дерев дещо гірша, ніж їхня функціональність (середній клас  $\approx 4,8$ ), тобто в обстежених деревостанах переважають (52%) придатні для окремих сортиментів (напівділові) стовбури. За протяжністю крони

у пралісових угрупованнях найбільше дерев (45%) із кронами середньої довжини, а з крайніх значень варто відзначити 78% дерев з довгою короною і повною відсутністю – з короткою короною в ялиновому пралісі. Мертва лежача деревина, як один із основних індикаторів пралісових угруповань, є на всіх об'єктах моніторингу і представлена відповідними ступенями розкладу. Її запаси також змінюються в значних межах (від 77 в буковому квазіпралісі до 533  $\text{м}^3\cdot\text{га}^{-1}$  – у буково-ялиново-ялицевому), а деревні види відповідають типу лісу (рис. 7). Більшість об'єктів моніторингу за запасом мертвої лежачої деревини знаходяться в діапазоні 150-300  $\text{м}^3\cdot\text{га}^{-1}$ .

Розподіл запасу мертвої лежачої деревини за ступенями розкладу на більшості об'єктів моніторингу порушений – на них переважають перший і другий ступені розкладу, а не третій і четвертий, що властиво для пралісових угруповань. Цей аспект можна пояснити двома основними причинами: а) по-перше, на цей час деревостани перебувають на різних стадіях розвитку, їхній фактичний вік ще не досяг віку біологічної стиглості, що вно-



силь певні корективи у розподіл мертвої лежачої деревини за ступенями розкладу; по-друге, всихання ялини європейської суттєво пришвидшилося за останні 10-15 років внаслідок зміни клімату (Дебринюк, 2011; FAO, 2016; Шпарик, Криницький, Дебринюк, 2020) і тому запас мертвої лежачої деревини ялини найбільший саме у проміжку першого і другого ступенів розкладу. Найближчим до класичного є розподіл запасу мертвої лежачої деревини за ступенями розкладу саме в ялиновому і ялицево-буковому пралісах. Наявність природного поновлення також є обов'язковою

умовою ідентифікації пралісів, квазіпралісів і природних лісів. Це підтверджено нашими дослідженнями з моніторингу пралісових угруповань – підріст представлений на всіх об'єктах моніторингу. Його кількість змінюється у значних межах (від 1 тис. шт.·га<sup>-1</sup> в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі до 108 тис. шт.·га<sup>-1</sup> – в буковому квазіпралісі), а породний склад підросту відповідає типу лісу (рис. 8). Більшість об'єктів моніторингу за кількістю підросту знаходяться в діапазоні 5-20 тис. шт.·га<sup>-1</sup>, що є достатнім для їх природного відновлення.

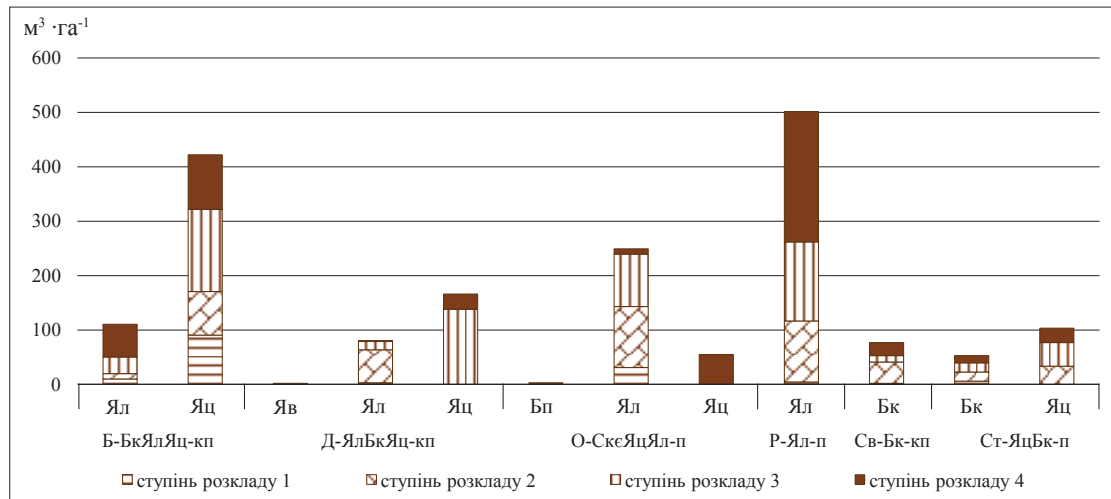


Рис. 7. Розподіл запасу мертвої лежачої деревини пралісів Українських Карпат за породами і ступенями розкладу

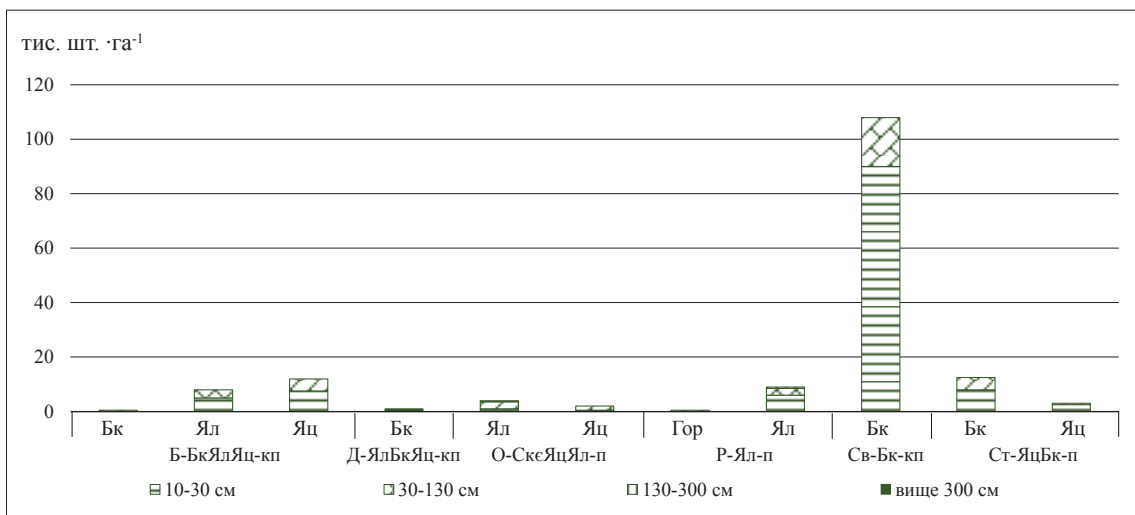


Рис. 8. Розподіл підросту пралісів Українських Карпат за породами і висотними групами

Розподіл кількості підросту за висотними групами на чотирьох об'єктах моніторингу відповідає класичному для пралісів – переважає дрібний (10-30) і середній (30-130) підріст, а кількість великого (130-300) і дуже великого (вище 300 см) – незначна. Однак негативним аспектом є відсутність окремих висотних груп підросту на всіх об'єктах моніторингу, зокрема, у кедрово-ялицево-ялиновому та у ялиновому пралісах відсутній дуже великий підріст, а в ялицево-буковому пралісі – дуже великий і великий підріст. У квазіпралісах переважно є

тільки дрібний і середній підріст, хоча в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі наявний лише дуже великий підріст. Отримані результати підтверджують наукові дані про високе різноманіття структури пралісів.

Унікальним видом робіт під час моніторингу пралісових угруповань є контроль за рівнем антропогенного втручання в їхній розвиток. Відповідно до затвердженої методики ідентифікації пралісів, контролювали такі види цього впливу: здійснені чи заплановані лісівничі заходи, штучне лісовід-

новлення, лісгосподарська інфраструктура, сліди рубань, заготівля недеревинних лісових продуктів, стан лісової підстилки, випасання худоби, рекреація та інші види. Згідно з отриманими результатами (табл. 3), основні види антропогенного втручання у пралісові угруповання Українських Кар-

пат представлені стежками завширшки 0,7 і 1,0 м з витоптанною підстилкою, волоком завширшки 0,9 і завглибшки 0,4 м і старим волоком без підстилки, слідами рубань – два дерева без вивезення деревини, пилянням мертвої лежачої деревини без видалення, забрудненням пластиком.

Таблиця 3

## Рівень антропогенного впливу на об'єктах моніторингу пралісів

Назва об'єктів моніторингу	Рівень антропогенного впливу (відсутній, незначний, значний) за видами								
	лісівничі заходи	штучне лісовідновлення	господарська інфраструктура	сліди рубок	побічне користування	заготівля лісової підстилки	випасання худоби	рекреація	інші види
Б-БкЯлЯц-кп	відсутні	відсутнє	незначна	відсутні	відсутнє	відсутнє	відсутнє	відсутня	відсутні
Д-ЯлБкЯц-кп	відсутні	відсутнє	незначна	незначні	відсутнє	відсутнє	відсутнє	відсутня	відсутні
О-СкєЯцЯл-п	відсутні	відсутнє	незначна	відсутні	відсутнє	відсутнє	відсутнє	відсутня	відсутні
Р-Ял-п	відсутні	відсутнє	незначна	відсутні	відсутнє	відсутнє	відсутнє	відсутня	відсутні
Св-Бк-кп	відсутні	відсутнє	незначна	відсутні	відсутнє	відсутнє	відсутнє	відсутня	незначні
Ст-ЯцБк-п	відсутні	відсутнє	відсутня	відсутні	відсутнє	відсутнє	відсутнє	відсутня	відсутні

Закономірно, що найінтенсивнішим є антропогенне втручання у пралісах, які розташовані поблизу великих населених пунктів: в ялиново-буково-ялицевому квазіпралісі ДП «Делятинське ЛГ» (три види впливу), у буковому квазіпралісі ДП «Свалявське ЛГ» (два види впливу). Отже, моніторинг пралісів дав підставу ідентифікувати найпоширеніші в регіоні види антропогенного впливу: лісгосподарська інфраструктура присутня на 50% об'єктів і представлена переважно старими волоками та лісовозними дорогами (на одному об'єкті – діючий волок); рекреація – на 33% (стежки та забруднення території пластиком).

Під час досліджень також контролювали й інші структурні елементи пралісових екосистем: ґрунти, трав'яне вкриття, підстилку, мохи, лишайники, підлісок, фітоураження та ентомопошкодження дерев, кількість сухих дерев максимального діаметра. Ґрунти на дослідних об'єктах лише бурі лісові, але з різною скелетністю – від сильно щербеного легкосуглинистого вологого мілкого світло-бурого (кедрово-ялиново-ялиновий праліс) до важко суглинистого свіжого глибокого темно-бурого з ознаками оглеєння (ялиново-буково-ялицевий квазіпраліс). Видовий склад трав'яного вкриття майже на всіх об'єктах відповідає типу лісу, за винятком кедрово-ялиново-ялинового пралісу, де ґрунт і трав'яне вкриття однозначно підтверджують наявність вологого кедрово-смерекового субору (за матеріалами лісовпорядкування – вологої чистої сушмеречини).

За результатами досліджень, у пралісових угрупованнях спостережено збільшення проективного вкриття мезоксерофітних видів рослин, стійкіших до недостатнього зволоження (*Vaccinium vitis-*

*idaea* L., *Luzula luzuloides* Dandi et Wilmott). Також встановлено тенденцію до підняття вище в гори трав'яних видів букових лісів (*Symphytum cordatum* Waldst. et Kit., *Circaea luferiana* L.), які тепер постійно трапляються у смерекових типах лісу. Натомість, у букових та ялицево-букових лісах фіксують збільшення участі монтанно-рівнинних видів трав (*Lycopodium clavatum* L., *Veronica officinalis* L.), які зазвичай ростуть у свіжих лісорослинних умовах дубових лісів. Лісова підстилка є на всіх об'єктах моніторингу, однак лише типу «модер», а її проективне вкриття змінюється від 10 до 60%.

Різноманіття мохів і лишайників невисоке, але вони також присутні на всіх об'єктах моніторингу і їх види відповідають типу лісу. З фітопатологічних уражень найчастіше відзначена наявність справжнього й облямованого трутовиків та псевдодядра бука. З ентомологічних пошкоджень варто відзначити велику кількість видів короїдів та листогризух шкідників. Сухі дерева максимального діаметра, як один з індикаторів під час ідентифікації пралісів, також наявні на всіх об'єктах моніторингу, а їхня кількість змінюється від одного (буковий квазіпраліс) до 28-ми (буково-ялиново-ялицевий квазіпраліс). Підлісок, навпаки, переважно відсутній – лише в ялиновому пралісі представлений окремими кущами бузини червоної. На об'єктах моніторингу пралісових угруповань також було здійснено фотодіагностику їхнього намету з висоти близько 100 м цифровою камерою, встановленою на спеціальному квадрокоптері (рис. 9). Можна чітко ідентифікувати нерівномірність намету (наявність прогалін) букового квазіпралісу Українських Карпат, яка формується внаслідок відмирання дерев пер-

шого ярусу і поступовим заповненням утворених цим відмиранням прогалин деревами з підлеглих ярусів. Особливо зазначимо добрий стан букових лісів – ознаки дехромації виявлено лише на кронах окремих дерев.



Рис. 9. Загальний вигляд букового квазіпралісу Українських Карпат з висоти «пташиного польоту» (фото М. В. Богомаза)

Зрозуміло, що в цій публікації неможливо навести детальний аналіз усіх результатів досліджень через значний обсяг отриманої інформації. Насамперед це стосується видового різноманіття трав, мохів, лишайників, шкідників лісу та пошкоджень дерев. Але продовження робіт з моніторингу пралісів дасть змогу не лише зібрати значний обсяг такої інформації, але й залучити до її аналізу кваліфікованих спеціалістів.

**Висновки.** Моніторинг пралісів Українських Карпат став результатом не тільки підвищеної уваги до цих природних угруповань науковців і громадськості, але й наслідком прийняття відповідних міжнародних та українських законодавчих нормативів. Реалізована на шести дослідних об'єктах у пралісах і квазіпралісах досліджуваного регіону методика моніторингу базується на затверджених методиках моніторингу лісів та ідентифікації пралісів.

Стан буково-ялиново-ялицевого квазіпралісу (ДП «Берегометське ЛМГ») характеризується середньою життєвістю дерев, високою їх товарністю і незначним антропогенним впливом, тоді як його структура – трьома ярусами деревостану, значною кількістю дерев та високим запасом деревостану, найбільшими запасом мертвої лежачої деревини та кількістю підросту. Ялиново-буково-ялицевий квазіпраліс (ДП «Делятинське ЛГ») має інші показники стану – одна із найвищих життєвостей дерев, найкоротша крона дерев, незначний, хоча й різноманітний, антропогенний вплив (сліди рубань, волок, забруднення пластиком) та структури – три яруси деревостану, висока кількість дерев, найбільші запаси стовбурової деревини, один із найменших запасів мертвої лежачої деревини і найменша кількість підросту. Для букового квазіпралісу (ДП «Свалівське ЛГ») характерні низька життєвість і найгірша товарність дерев, незначний антропогенний вплив, тоді як його структурі притаманні два яруси, найбільші діаметр і висота деревостану та

кількість підросту, найменші кількість дерев і запас лежачої деревини та один із найменших запасів.

Кедрово-ялицево-ялиновий праліс (ДП «Осмолодське ЛГ») характеризується найгіршою життєвістю дерев та найкоротшими їхніми кронами, відсутнім антропогенним впливом, а його структура – трьома ярусами, найбільшою кількістю дерев, найменшими їх діаметром і висотою, найменшим запасом, малою кількістю підросту, середнім запасом лежачої деревини. Ялиновий праліс (ДП «Рахівське ЛДГ») відзначається найкращими показниками стану – найвищими життєвістю, функціональністю і товарністю дерев, найкращим положенням і найдовшими кронами дерев, незначним антропогенним впливом. Поряд з цим, ялиновий праліс відзначається середніми структурними показниками – двоярусністю, низькою кількістю дерев (особливо – в другому і третьому ярусах), середнім запасом деревостану і кількістю підросту, одним із найбільших запасів мертвої лежачої деревини.

Стан ялицево-букового пралісу (ДП «Сторожинецьке ЛГ»), хоча й не зазнає антропогенного впливу, проте є одним із найгірших – з найнижчими функціональністю та життєвістю дерев, тоді як структура деревостану триярусна, близькими до середніх значень є кількість дерев і підросту, запаси деревостану і мертвої лежачої деревини.

Загалом в обстежених пралісах і квазіпралісах Українських Карпат є всі необхідні індикатори для ідентифікації таких лісів, добре сформоване лісове середовище і незначний антропогенний вплив на їх розвиток, тобто підтверджено дотримання підприємствами лісового господарства введених законодавством обмежень на здійснення заходів на цих лісових ділянках. Фактично єдиним видом впливу, який може викликати дискусію, є сліди рубань у квазіпралісах (прорубування стежок), але при цьому видалення деревини з екосистеми не відбувалося. Наступним етапом моніторингу пралісів повинно стати наукове обговорення методик і результатів виконаних робіт, законодавче їх затвердження.

## Список літератури

- Алексеев Е. В. (1928). *Типы украинского леса. Правобережье*. Киев: КАИ, 120 с. [Alekseev, E. V. (1928). *Types of Ukrainian forest. Right bank of Dnipro River*. Kiev: KAI] (in Russian)
- Высоцкий Г. Н. (1916). *О степном лесоразведении и степном лесоводстве*. Киев: А. И. Гросман, 80 с. [Vysotsky, G. N. (1916). *About steppe forestry and steppe forest management*. Kiev: A. I. Grosman] (in Russian)
- Дебринюк Ю. М. (2011). Всихання смерекових лісів: причини та наслідки. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України «Урбанізаційні процеси в гірських ландшафтах і шляхи їхнього регулювання»*, 21(16), 32-38. [Debryniuk, Yu. M. (2011). Dieback of the spruce forests: causes and consequences. *Scientific bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 21(16), 32-38.



- Retrieved from [http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21\\_16/index21\\_16.htm](http://nltu.edu.ua/nv/Archive/2011/21_16/index21_16.htm) (in Ukrainian)
- Докучаєв В.В. (1949). *Наші степи колись і тепер*. Київ-Харків: Державне видавництво сільськогосподарської літератури УРСР. 140 с. [Dokuchaev, V. V. (1949). *Our steppes then and now*. Kyiv-Kharkiv: State Publishing House of Agricultural Literature of the USSR] (in Ukrainian)
- Дідух Я.П., Чорней І.І., Буджак В.В. (2016). *Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат*. Чернівці: Друк Арт. 280 с. [Didukh, J.P., Chorney, I.I., & Budzhak, V.V. (2016). *Climatogenic changes in the plant world of the Ukrainian Carpathians*. Chernivtsi: Druk Art] (in Ukrainian)
- Калуцький І.Ф., Олійник В.С. (2007). Стихійні явища в гірсько-лісових умовах Українських Карпат (вітровали, паводки, ерозія ґрунту). Львів: Камула. 240 с. [Kalutsky, I.F., & Oliynyk, V.S. (2007). *Spontaneous phenomena in the mountain and forest conditions of the Ukrainian Carpathians (winds, floods, soil erosion)*. Lviv: Kamula, 240] (in Ukrainian)
- Методика визначення належності лісових територій до пралісів, квазіпралісів і природних лісів*. Затв. 18.05.2018 р., №161. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України [Methods for determining the affiliation of forest areas to virgin, quasi-virgin and natural forests. Kyiv: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0707-18#Text>] (in Ukrainian)
- Молотков П.И. (1966). *Буковые леса и хозяйство в них*. Москва: Лесная промышленность. 60 с. [Molotkov, P.I. (1966). *Beech forests and their management*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Погребняк П.С. (1968). *Общее лесоводство*. Москва: Колос. 440 с. [Pogrebnyak P.S. (1968). *General forestry*. Moscow: Kolos] (in Russian)
- Стойко С.М. (2006). Праліси як екологічні моделі для ренатуралізації вторинних фітоценозів. *Український ботанічний журнал*, 63(3), 358-368. [Stojko, S.M. (2006). Primary forests as ecological models of re-naturalization of secondary phytocoenoses. *Ukrainskyj botanichnyj zhurnal*, 63(3), 358-368] (in Ukrainian)
- Шпарик Ю.С., Коммармот Б., Беркела Ю.Ю. (2010). Структура букового пралісу Українських Карпат. Снятин: Прутпринт. 143 с. [Shparyk, Y.S., Commarmot, B., & Berkela Y.Y. (2010). *Structure of the Ukrainian Carpathians beech virgin forest*. Snjatyn: Prutprynt] (in Ukrainian)
- Шпарик Ю.С., Криницький Г.Т., Дебрынюк Ю.М. (2020). Тенденції динаміки типів лісорослинних умов і породного складу деревостанів Українських Карпат у зв'язку зі змінами клімату. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 20, 82-92 [Shparyk, Y.S., Krynytskyu, H.T., & Debryniuk, Iu.M. (2020). Trends of dynamics in the site conditions types and species composition of the forest stands of the Ukrainian Carpathians in connection with climate changes. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 82-92. <https://doi.org/10.15421/412008>] (in Ukrainian)
- Шпарик Ю.С., Вітер Р.М., Шпарик В.Ю. (2020). Структурні зміни букового (*Fagus sylvatica* L.) пралісу в контексті кліматично орієнтованого лісівництва. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(1), 87-97 [Shparyk, Y.S., Viter, R.V., & Shparyk, V.Y. (2020). Structural changes of the common beech (*Fagus sylvatica* L.) virgin forest in the context of climate-smart forestry. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11(1), 87-97. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2020.01.087>] (in Ukrainian)
- Biolley, H. (1901). Le Jardinage cultural. *Journal Forest Suisse*, 6(52), 97-104
- Brang, P., Spathelf, P., Larsen, J.B., Bauhus J., Bončina A., Chauvin C. ... Svoboda M. (2014). Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry*, 87, 492-503. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpu018>
- EUROPARC-España. (2017). *Old-growth forests: characteristics and conservation value*. Madrid: Fundación Fernando González Bernaldez
- Engler, A. (1900). Wirtschaftsprincipien für die natürliche Verjüngung der Waldungen mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Standortverhältnisse der Schweiz. *Schweiz. Z. Forstwes*, 11-12, 264-275, 300-310. [Engler, A. (1900). Economic principles for the natural association of forestry with special support of the different standards of the Swiss. *Swiss J. Foresters*, 11-12, 264-275, 300-310] (in German)
- 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>
- Gayer, K. (1898). *Der Waldbau*. Berlin: Paul Parey. 626 p. [Gayer, K. (1898). *Silviculture*. Berlin: Paul Parey] (in German)
- Gurnaud, A. (1886). *La sylviculture française et la méthode du contrôle*. Jacquin, Besançon. 121 s. [Gurnaud, A. (1886). *French forestry and the control method*. Jacquin: Besançon] (in French)
- Janda, P., Svoboda, M., Bače, R., Čada, V., Lynn, J., & Peck, E. (2014). Three hundred years of spatio-temporal development in a primary mountain Norway spruce stand in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management*, 330(15), 304-311. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.041>
- Jump, A. S., Hunt, J. M., & Peñuelas, J. (2006). Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*. *Global Change Biology*, 12, 2163-2174. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01250.x>
- Korpel, S. (1995). *Die Urwälder der Westkarpaten*. Stuttgart, Jena, New York: G. Fischer, 310. [Korpel, S. (1995). *The primeval forests of the Western Carpathians*. Stuttgart, Jena, New York: G. Fischer] (in German)
- Machar, I., Vozenilek, V., Simon, J., Pechanec, V., Brus, J., Fulnecek, P., & Vitek, T. (2017). Joining of the historical research and future prediction as a support tool for the assessment of management strategy

- for European beech-dominated forests in protected areas. *Nature Conservation*, 22, 51-78. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.22.12902>
- Pittner, J., & Saniga, M. (2008). A change in structural diversity and regeneration processes of the spruce virgin forest in Nefcerka NNR (TANAP) in relation to altitude. *Journal of Forest Science*, 54(12), 545-553
- Schütz, J.-P., Saniga, M., Diaci, J., & Vrška, T. (2016). Comparing close-to-nature silviculture with processes in pristine forests: lessons from Central Europe. *Annals of Forest Science*, 73(4). <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0579-9>
- Shparyk, Y.S., Berkela, Y.Y., Viter, R.M., & Losiuk, V.P. (2018). Main types of forest stands dynamics in the Ukrainian Carpathians. *Nature of the Carpathians*, 1(3), 50-57. <https://dx.doi.org/10.31548/forest2020.01.087>
- Shparyk, Y.S., Kagalo, A.A., Volosyanchuk, R.T., Savchyn, V.M., Berkela, Y.Y., Losyuk, V.P., & Plyha, A.V. (2019). Implementation of research results on virgin forests in management practice of Ukraine. In *Temperate and Boreal Primeval Forests in the Face of Global Change*. Birmensdorf-Lviv
- Shukla, P.R., Skea, J., Slade, R., van Diemen, R., Haughey, E., Malley, J., Pathak, M., & Portugal P.J. (2019). *Technical Summary. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/03\\_Technical-Summary-TS.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/11/03_Technical-Summary-TS.pdf)
- Standovár, T., & Kenderes, K. (2003). A review on natural stand dynamics in Beechwoods of East Central Europe. *Applied Ecology and Environmental Research*, 1(1-2), 19-46. <https://doi.org/10.15666/aeer/01019046>
- WWF Ukraine (2019). *Virgins and ancient forests*. [https://wwf.ua/our\\_work/forests/virgin\\_forests/](https://wwf.ua/our_work/forests/virgin_forests/)
- WWF Ukraine (2021). *Virgin, Quazi-virgin and Natural Forests of Ukraine*. <http://gis-wwf.com.ua/>
- UNESCO (2007). *Ancient and Primeval Beech Forests of the Carpathians and Other Regions of Europe*. <https://whc.unesco.org/en/list/1133/>
- Zenner, E.K., Lynn, J., Pecka, E., & Hobi, M. (2020). Development phase convergence across scale in a primeval European beech (*Fagus sylvatica* L.) forest. *Forest Ecology and Management*, 460. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117889>
- Zlatník, A., Korsuň, F., Kočetov, F., Kseneman, M. (1938). *Prozkum přirozených lesů na Podkarpatské Rusi*. Sborník výzkumných ústavů zemědělských ČSR, sv. 152, Brno. 244 p. [Zlatník, A., Korsuň, F., Kočetov, F., & Kseneman, M. (1938). *Exploration of natural forests in Subcarpathian Russia*. Proceedings of agricultural research institutes of the Czechoslovak Republic. 152] (in Czech)

## The state and structure of virgin forests in the Ukrainian Carpathians according to the monitoring results

Y. Shparyk<sup>1</sup>, V. Losyuk<sup>2</sup>, A. Plyha<sup>3</sup>

Last years' changes in the legislation on forest management in virgin, quasi-virgin and natural forests and the constant increase of the scientific and the public interest in the silviculture of virgin forest ecosystems have led to the identification of such forests and the natural monuments of virgin forests organization throughout Ukraine. The main part of this research and legislative work done within the framework of the of the World Wide Fund for Nature in Ukraine projects, according to which about 100 thousand hectares of such forests have already been identified, but these data are constantly updated. It was found that in these forests with 11 main species prevails Common beech (58%) and Norway spruce (33%), but Mountain pine (5%) and Silver fir (3%) are well represented too. These forests growth in 91 types of forest and biggest area have next: wet pure beech mesotrophic (18%) and megatrophic (18%) types, wet pure spruce mesotrophic (13%) and cedar pine-spruce oligotrophic (6%) types, wet beech-fir-spruce (6%) and spruce-fir-beech (5%) mesotrophic. Such significant diversity of forest types and types of forest stands in virgin, quasi-virgin and natural forests and the need to control the level of anthropogenic interference in their functioning determined the development of a new method of virgin forest monitoring based on the results of their scientific research and on the approved methods of forest monitoring and identification of primeval forests. The developed method tested in 2020 at six permanent plots in the Ukrainian Carpathians with the assistance of the World Wide Fund for Nature in Ukraine. Good conditions of these forests revealed (the best conditions had the spruce virgin forest and the worst – in the spruce-beech-fir quasi-virgin forest) and these forests had an insignificant anthropogenic impact (mainly infrastructure and recreation).

For example, spruce virgin forest has average forest parameters, but the best indicators of condition: a low number of trees (especially in the second and third layers), average wood volume and undergrowth number,

<sup>1</sup> *Yuriy Shparyk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Forestry. Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Galytska str., 201, Ivano-Frankivsk, 76008, Ukraine. Phone: +38-0342-596163, +38-050-188-02-61. E-mail: [yurii.shparyk@pnu.edu.ua](mailto:yurii.shparyk@pnu.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

<sup>2</sup> *Vasyl Losyuk* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Candidate of Agricultural Sciences, Scientist. National natural park "Hutsulshchina", Druzhby str., 84, Kosiv, Ivano-Frankivsk region, 78600, Ukraine. Tel.: +380347823709. E-mail: [losyuk@i.ua](mailto:losyuk@i.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1807-1264>

<sup>3</sup> *Andrii Plyha* – forestry Expert, World Wide Fund for Nature in Ukraine, Raisa Okipnoj str., 4, office 170, Kiev, 02002, Ukraine. Tel.: +380637533767. E-mail: [aplyha@wwf.ua](mailto:aplyha@wwf.ua)



one of the largest volume of the lying deadwood, the highest vitality, functionality and marketability of trees, the best position and the longest crown of trees, insignificant anthropogenic impact (old path up to 1 m wide). Spruce-beech-fir quasi-virgin forest has other characteristics: a high number of trees, the largest wood volume and the most complex structure, one of the largest volume of the lying deadwood and the smallest number of undergrowth, one of the highest vitality of trees, insignificant, albeit diverse, anthropogenic impact (cutting of trees, dragging way up to 0.9 m wide, pollution by plastic). Beech quasi-virgin forest has the biggest stand indicators (diameter and height), the smallest number of trees and volume of the lying deadwood, one of the lowest wood volume, the largest number of undergrowth, low vitality and the worst marketability of trees, insignificant anthropogenic impact (cutting of lying trees, old dragging way).

The necessity of annual monitoring of virgin forests from scientific and zoological positions to control their development and anthropogenic influence on these ecosystems has been substantiated.

**Key words:** main species; type of forest; type of stand; lying deadwood; natural regeneration; layered, vitality; functionality; marketability; crown length.

### Состояние и структура пралесов Украинских Карпат по результатам мониторинга

Ю. С. Шпарык<sup>1</sup>, В. П. Лосюк<sup>2</sup>, А. В. Плыга<sup>3</sup>

Последние изменения в законодательстве по ведению лесного хозяйства в пралесах, квазипралесах и природных лесах, постоянное повышение интереса ученых и общественности к лесоводственным особенностям девственных пралесных экосистем привели к идентификации таких лесов и выделению пралесовых сообществ на всей территории Украины. Основная часть этих научно-исследовательских и законотворческих работ сделана в рамках проектов ГС «Всемирный фонд природы Украина», по данным которых уже идентифицировано около 100 тыс. га таких лесов, но эти данные постоянно обновляются. Установлено, что в этих лесах с 11 главных пород преобладают *Fagus sylvatica* L. – 58 и *Picea abies* (L.) Karst. – 33%, хорошо представлены *Pinus mugo* Turra – 5 и *Abies alba* Mill. – 3 %. Из 91 типа леса преобладают влажные чистая суббучина (18%) и бучина (18%), влажная чистая сурамень (13%) и влажная еловая суборь (6%), влажные буково-пихтовая сурамень (6%) и елово-пихтовая суббучина (5%).

Установлено, что значительное многообразие типов леса в пралесах, квазипралесах и природных лесах, потребность в контроле уровня антропогенного вмешательства в их функционирование обусловили разработку новой методики мони-

торинга лесов на основе результатов научных исследований, утвержденных методик мониторинга лесов и идентификации пралесов. Разработанная методика апробирована в 2020 г. на шести объектах в Украинских Карпатах при содействии ГС «Всемирный фонд природы Украина». Выявлено хорошее состояние этих лесов – самое лучшее в еловом пралесе, худшее – в елово-буково-пихтовом квазипралесе с незначительным антропогенным воздействием на них (преимущественно инфраструктура и рекреация).

В частности, еловый пралес имеет средние таксационные показатели, но, наряду с этим, лучшие показатели состояния: низкое количество деревьев (особенно – во втором и третьем ярусах), средние запас древостоя и количество подроста, один из наибольших запасов мертвой лежащей древесины, самые высокие жизнеспособность, функциональность и товарность деревьев, наилучшее положение и самую длинную крону деревьев при незначительном антропогенном воздействии.

Елово-буково-пихтовый квазипралес имеет совсем другие показатели: высокое количество деревьев, наибольший запас древостоя и наиболее сложная структура, один из самых больших запасов мертвой лежащей древесины и наименьшее количество подроста, одна из самых высоких жизнеспособность деревьев, незначительное, хотя и разнородное, антропогенное воздействие (следы рубок, волок, загрязнение пластиком). Буковый квазипралес имеет самые высокие таксационные показатели древостоя (диаметр и высота), наименьшее количество деревьев и запас мертвой лежащей древесины, один из самых низких запасов древостоя, наибольшее количество подроста, низкую жизнеспособность и худшую товарность деревьев, незначительное антропогенное воздействие (следы рубок и старый волок).

Обоснована необходимость в ежегодном мониторинге пралесов с научных и зоологических позиций для контроля за их развитием и за антропогенным вмешательством в эти природные экосистемы.

**Ключевые слова:** главная порода; тип леса; тип древостоя; мертвая лежащая древесина; природное возобновление; ярусность; жизнеспособность; функциональность; товарность; протяженность кроны.

<sup>1</sup> Шпарык Юрий Степанович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоведения. Прикарпатский национальный университет имени Василя Стефаника, ул. Галицкая, 201, г. Ивано-Франковск, 76008, Украина. Тел.: + 38-0342-596163, + 38-050-188-02-61. E-mail: yurii.shparyk@pnu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8047-6356>

<sup>2</sup> Лосюк Василий Петрович – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник. Национальный природный парк «Гуцульщина», ул. Дружбы, 84, г. Косов, Ивано-Франковская обл., 78600, Украина. Тел.: +03478-23709. E-mail: losyuk@i.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1807-1264>

<sup>3</sup> Плыга Андрей Викторович – координатор лесного направления, ГС «Всемирный фонд природы Украина», ул. Раисы Окипной, 4, офис 170, г. Киев, 02002, Украина. Тел.: +38063-7533767. E-mail: aplyha@wwf.ua





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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412107>  
Article received 2021.02.06  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Natalia Bratilova  
[nbratilova@yandex.ru](mailto:nbratilova@yandex.ru)

Krasnoyarskii rabochii prospect, 31, Krasnoyarsk,  
660037, Russian Federation

УДК 630\*232.31

## Формирование кроны кедр сибирского за 12-летний период после декапитации (пригородная зона г. Красноярск)

Д. А. Гришлов<sup>1</sup>, Н. П. Братилова<sup>2</sup>, Р. Н. Матвеева<sup>3</sup>, О. Ф. Буторова<sup>4</sup>

Показаны особенности формирования кроны кедр сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour) после декапитации, произрастающего на плантации «Метеостанция» в Учебно-опытном лесхозе Караульного лесничества в условиях юга Средней Сибири. Объектом исследований являлась 54-летняя плантация кедр сибирского, выращенная из семян, заготовленных в 1964 г. в Лениногорском лесхозе (Республика Казахстан). Декапитация проведена у деревьев 42-летнего возраста в 2005 г. с оставлением ствола высотой 1,4-1,7 м. Верхняя часть кроны удалена на 50,0-66,7%. В 2017 г. деревья достигли высоты 5,6-9,1 м. Количество лидирующих побегов, заменивших центральный, составило 3-7 шт., длина которых за 12-летний период достигла 4,0-7,6 м. Деревья с диаметром ствола 12-18 см имели по 3-4, с диаметром 20-26 см – по 6-7 шт. лидирующих побега.

Установлено, что уровень изменчивости высоты деревьев низкий; прироста побегов, диаметра ствола – средний, количества лидирующих побегов – высокий. Наибольшей высотой (9,1 м) отличалось дерево № 4-98, превосходя другие особи на 8,3-62,5%. Сопоставлено количество боковых ветвей, образовавшихся на лидирующих побегах за 5 лет (2013-2017 гг.). Отмечено, что их средний прирост за исследуемый период находился в пределах 23,6-45,5 см. Между диаметром ствола и числом лидирующих побегов коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,619; числом лидирующих побегов и количеством сформированных боковых ветвей спустя 7-12 лет после декапитации – 0,770, диаметром ствола при обрезке и высотой деревьев после 12 лет декапитации – 0,738.

**Ключевые слова:** *Pinus sibirica*; прирост; плантация; лидирующий побег; обрезка кроны; лениногорское происхождение; Красноярский край.

<sup>1</sup> Гришлов Дмитрий Андреевич – 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)222-73-95. E-mail: [grishlova@mail.ru](mailto:grishlova@mail.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3734-2541>

<sup>2</sup> Братилова Наталья Петровна – доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой селекции и озеленения. Сибирский Государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, пр. Мира, 82, г. Красноярск, 660049, Россия. Тел.: (391)222-73-95. E-mail: [nbratilova@yandex.ru](mailto:nbratilova@yandex.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2918-9690>

<sup>3</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)222-73-95. E-mail: [matveevaRN@yandex.ru](mailto:matveevaRN@yandex.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>

<sup>4</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)222-73-95. E-mail: [Butorova.olga@mail.ru](mailto:Butorova.olga@mail.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8575-7464>

**Введение.** О целесообразности проведения декапитации деревьев с целью уменьшения их высоты и формирования низкоопущенной кроны для улучшения условий проведения селекционных исследований, нарезки черенков, сбора шишек с низкорослых деревьев посвящены работы многих исследователей. По сосне обыкновенной в данном направлении следует отметить работы В.М. Белобородова (1979), В.И. Долголикова (1981), В.В. Тараканова, В.П. Демиденко, Я.Н. Ишутина, Н.Т. Бушкова (2001), P.S. Mederski, M. Bembenek, & D. Nadolna (2013). В.И. Долголиков (1981) разработал практические рекомендации по декапитации деревьев *Pinus sylvestris* L. при создании низкорослых семенных плантаций.

М.М. Вересин, Ю.П. Ефимов, Ю.Ф. Арефьев (1985) предлагали два способа декапитации сосны обыкновенной: регулярный (ежегодный или через год) и периодический (через определенное количество лет, срезая несколько приростов побега сразу).

Ряд исследователей (Извекова, 1972; Попов, 1982; Mäkinen, Verkasalo, & Tuimala, 2014; Moreno-Fernández et al., 2014) изучали влияние обрезки кроны на рост сосны и ели, а также на рост лиственницы Сукачева (Родин, Тимофеев, 1989). Значительное внимание уделено изучению влияния декапитации на формирование кроны и семеношение кедровых сосен (Вересин, Ефимов, Арефьев, 1985; Бех, 1989; Щерба, Водин, 2000; Водин, Шкикунов, Селюк, 2002; Bae et al., 2008; Jae-Seon, Chul-Woo, Hyun-Seok, & Chan-Hoon, 2009; Никитенко, 2010; Братилова, Шамова, 2014; Братилова, 2015; Матвеева, Буторова, Нарзязев, Гришлов, Иванов, 2018). Исследователями предложены разные способы декапитации крон с интенсивностью 55-75%, отмечено стимулирующее влияние обрезки на разрастание крон, на увеличение семеношения вследствие формирования многовершинности.

Однако многие вопросы обезвершинивания хвойных деревьев, в том числе и *Pinus sibirica* Du Roi, которые касаются возраста деревьев при декапитации, высоты обрезки, формирования лиди-

рующих побегов остаются малоизученными, что и определяет актуальность данного исследования.

**Объекты и методы исследований.** Объектом исследований являлась плантация *Pinus sibirica* ленингорского происхождения, произрастающая на участке «Метеостанция». Предмет исследований – деревья *Pinus sibirica*, декапитированные в 42-летнем возрасте. Целью исследований явилось установление особенностей формирования кроны деревьев кедра сибирского ленингорского происхождения (Казахстан) за 12-летний период после декапитации в зависимости от показателей диаметра ствола декапитируемых деревьев и количества лидирующих побегов.

Декапитированные деревья на плантации представлены потомством лучших особей искусственного насаждения кедра сибирского (местоположение: 50°12' с.ш., 85°33' в.д., 1700 м над уровнем моря).

Исследуемая плантация расположена на территории Караульного лесничества Учебно-опытного лесхоза СибГУ, где климатические условия благоприятны для произрастания кедра сибирского. Почва на участке серая лесная, легко суглинистая, слабо оподзоленная. Схема посадки деревьев – 5 × 5 м.

Декапитация проведена в 2005 г., когда возраст деревьев составил 42 года. В 2017 г. измерены высота, диаметр ствола, приросты в высоту боковых побегов, заменивших центральный, а также другие показатели декапитированных деревьев. Методика проведения исследования общепринятая для лесоводства и лесной таксации. Уровень изменчивости оценивали по шкале С.А. Мамаева (1973). Результаты исследований обработаны статистически с помощью пакета программ Microsoft Office.

**Результаты и их обсуждение.** Высота деревьев до декапитации в 42-летнем возрасте (2005 г.) варьировала от 3,3 до 4,5 м, диаметр ствола – от 9,5 до 23,6 см. Средний диаметр кроны составил 3,8-4,3 м.

После обрезки в 2005 г. высота стволов составила 1,4-1,7 м. Удаление верхней части кроны проведено на 50,0-66,7% (табл. 1).

Таблица 1

Таксационные показатели деревьев при декапитации в 2005 году

Номер дерева	Высота, м		Спиленная часть, м		Количество оставленных лидирующих побегов, шт.	Диаметр ствола возле поверхности почвы	
	дерева до декапитации	ствола после декапитации	м	% к $X_{cp}$		см	% к $X_{cp}$
1	2	3	4	5	6	7	8
4-19	3,3	1,4	1,9	57,6	5	14,4	82,3
4-33	4,5	1,7	2,8	62,2	6	19,5	111,4
4-46	4,2	1,5	2,7	64,3	6	22,5	128,6
4-60	3,2	1,6	1,6	50,0	3	9,5	54,3
4-73	4,3	1,6	2,7	62,8	7	20,4	116,6
4-85	3,3	1,5	1,8	54,5	4	16,4	93,7

1	2	3	4	5	6	7	8
4-98	4,4	1,5	2,9	65,9	4	19,7	112,6
4-117	4,5	1,6	2,9	64,4	4	20,4	116,6
4-153	3,9	1,4	2,5	64,1	7	13,6	77,7
4-163	3,9	1,3	2,6	66,7	7	18,6	106,3
Среднее значение	4,0	1,5	2,5	61,2	5,3	17,5	100,0

К 2017 г. боковые побеги из оставленных мутовок в количестве 3-7 шт. заменили центральный.

Высота декапитированных деревьев варьировала от 5,6 (дерево № 4-60) до 9,1 м (№ 4-98) (табл. 2).

Таблица 2

**Таксационные показатели декапитированных деревьев в 2017 году**

Номер дерева	Высота		Длина лидирующих побегов		Диаметр ствола	
	м	% к $X_{cp}$	за 12 лет, м	% к $X_{cp}$	см	% к $X_{cp}$
4-19	6,5	89,0	5,1	86,2	16	76,2
4-33	7,5	102,7	5,8	100,0	24	114,3
4-46	8,4	115,1	6,9	119,0	24	114,3
4-60	5,6	76,7	4,0	69,0	12	57,1
4-73	7,9	108,2	6,4	110,3	24	114,3
4-85	7,0	95,9	5,5	94,8	18	85,7
4-98	9,1	124,6	7,6	131,0	22	104,8
4-117	7,2	98,6	5,6	96,6	24	114,3
4-153	7,6	104,1	6,2	106,9	26	123,8
4-163	6,6	90,4	5,3	91,4	20	95,2
Среднее значение	7,3	100,0	5,8	100,0	21,0	100,0

Различие деревьев по высоте составило до 1,6 раза. Большой высотой отличалось дерево № 4-98.

Длина боковых ветвей, заменивших центральный побег, за 12-летний период составила 4,0-7,6 м. Максимальная длина ветвей отмечена также у дерева 4-98 – на 7,0-90,0% больше в сравнении с другими особями. Общий вид деревьев, спустя 12 лет после декапитации, представлен на рис. 1.

Диаметр ствола деревьев возле поверхности почвы в 2017 г. составил от 12 до 26 см. Наибольшим диаметром ствола характеризовались деревья № 4-33, 4-46, 4-73, 4-117. Деревья с меньшим диаметром ствола (12-18 см) имели по 3-4 лидирующих побега, заменивших центральный; деревья диаметром 20-26 см – по 6-7 шт. Установлена значительной тесноты связь ( $r = 0,619$ ) между диаметром ствола ( $x$ ) и количеством лидирующих побегов ( $y$ ). Уравнение связи имеет вид:  $y = -0,0043x^2 + 0,375x - 0,573$  ( $R^2 = 0,385$ ).

Между диаметром ствола при обрезке ( $x$ ) и высотой деревьев через 12 лет после декапитации ( $y$ ) установлена высокой тесноты связь ( $r = 0,738$ ). Уравнение связи имеет вид:  $y = -0,013x^2 + 0,665x - 0,658$  ( $R^2 = 0,594$ ).

Отмечен низкий уровень варьирования высоты деревьев, средний – величины прироста побегов, диаметра ствола, высокий – количества лидирующих побегов (табл. 3).

Средний прирост по высоте лидирующего побега исследуемых деревьев за 5-летний период (2013-2017 гг.) находился в пределах 23,6-45,5 см (табл. 4).

Наибольшее значение прироста (45,5 см) зафиксировано у дерева № 4-73, что на 12,1-71,0% выше в сравнении с другими. Наименьшим приростом отличались деревья 4-117 и 4-33, значение которого составило 23,6-29,9 см (рис. 2).

Сопоставлено среднее количество боковых ветвей, образовавшихся за 5-летний период в мутовках лидирующих побегов (табл. 5).





Рис. 1. Восстановление кроны у декапитированных деревьев 4-19 и 4-33 в 2017 году

Таблица 3

**Показатели декапитированных деревьев**

Показатель	$X_{\text{ср.}}$	$\pm m$	V, %	P, %	Уровень изменчивости
Высота в 2017 г., м	7,3	0,32	13,7	4,3	низкий
Прирост за 12 лет, м	5,8	0,32	17,2	5,4	средний
Диаметр ствола, см	21,0	1,41	21,2	6,7	высокий
Количество лидирующих побегов, шт.	5,3	0,47	28,2	8,9	высокий

Таблица 4

**Прирост лидирующего побега у декапитированных деревьев**

Номер дерева	Прирост по годам, см					Средний за 5-лет
	2013	2014	2015	2016	2017	
4-19	40,6	27,9	21,5	48,6	36,2	35,0
4-33	19,3	26,4	32,7	38,5	32,9	29,9
4-46	31,1	41,7	38,2	43,1	48,9	40,6
4-60	20,0	35,8	33,6	24,1	19,7	26,6
4-73	39,6	46,2	50,2	46,2	45,1	45,5
4-85	19,8	39,5	44,8	48,0	44,9	39,4
4-98	32,5	30,3	43,1	34,5	15,4	31,2
4-117	14,1	31,2	16,1	27,5	29,3	23,6
4-153	30,0	36,0	48,0	42,0	47,0	40,6
4-163	43,8	13,2	32,6	42,2	60,8	38,5
Среднее значение	29,1	32,8	36,1	39,5	38,0	35,1

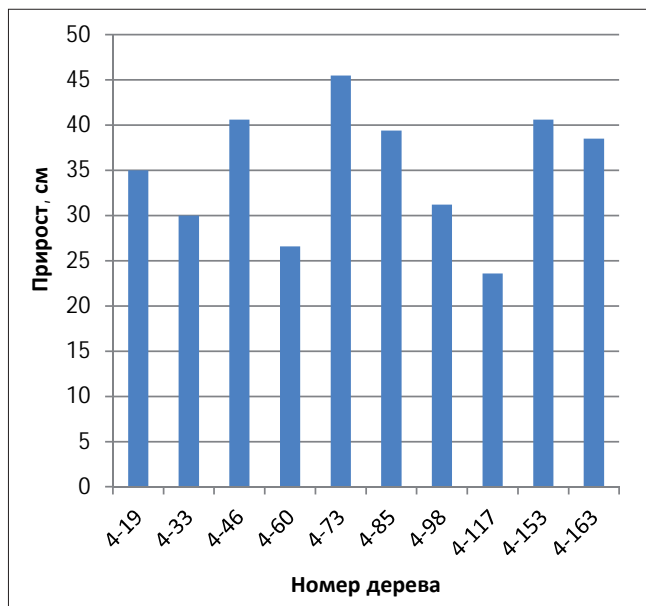


Рис. 2. Средний прирост за 5 лет лидирующих побегов декапитированных деревьев

В мутовках отдельных деревьев в среднем образовалось по 4,4-7,9 боковых ветвей. Слабое формирование ветвей в мутовках наблюдалось у дерева 4-117. Интенсивное разрастание кроны (по 7,2-7,9 шт. в мутовках) отмечено у деревьев 4-46, 4-73, 4-163, что на 10% и более превышает среднее значение.

Суммарное количество боковых ветвей на побегах за 5-летний период варьировало от 85 (дерево № 4-60) до 253 шт. (№ 4-73). При этом минимальное значение (13,0 шт.) зафиксировано у дерева 4-60 в 2013 г., максимальное – в том же году у дерева 4-163 (рис. 3).

Между количеством оставленных при декапитации лидирующих побегов (x) и суммарным количеством образовавшихся боковых ветвей на побегах за 5-летний период (y) наблюдается тесная прямая связь ( $r = 0,77$ ) (рис. 4).

Установлено увеличение количества боковых ветвей на побегах после декапитации при лидирующих 6-7 штук.

Таблица 5

Среднее количество боковых ветвей в мутовках за 5-летний период, шт.

Номер дерева	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Всего	Среднее значение
4-19	5,6	5,0	4,4	5,0	4,2	24,2	4,8
4-33	8,8	5,5	6,0	4,8	4,8	30,0	6,0
4-46	8,0	5,3	8,7	7,2	7,3	36,5	7,3
4-60	4,3	6,7	5,7	6,0	5,7	28,3	5,7
4-73	8,4	5,6	7,9	7,0	7,3	36,1	7,2
4-85	5,2	7,2	7,8	6,5	7,5	34,2	6,8
4-98	7,0	4,8	7,2	5,0	8,0	32,0	6,4
4-117	6,8	4,0	3,5	3,8	4,2	22,2	4,4
4-153	7,3	6,6	7,3	6,6	6,6	34,3	6,9
4-163	9,2	8,3	7,4	6,8	7,8	39,7	7,9
Среднее значение	7,1	5,9	6,6	5,9	6,3	31,8	6,4

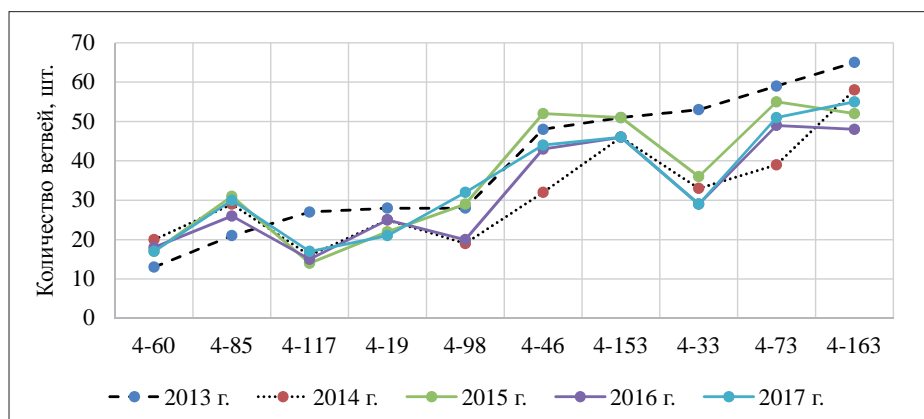


Рис. 3. Количество боковых ветвей в мутовках за 5-летний период

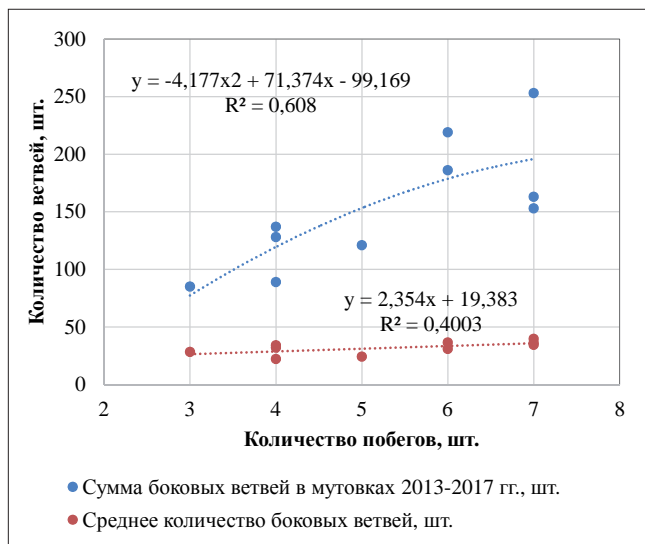


Рис. 4. Зависимость между количеством лидирующих побегов и боковых ветвей в мутовках в период 2013-2017 гг.

**Выводы.** При декапитации деревьев *Pinus sibirica* необходимо учитывать показатели их роста и развития, отдавая предпочтение экземплярам, имеющим наибольшее количество хорошо развитых боковых ветвей в нижних мутовках, диаметр ствола большего размера. При обрезке деревьев кедр сибирского 42-летнего возраста на высоте 1,4-1,7 м при диаметре ствола 9,5-22,5 см через 12 лет сформировались 3-7 лидирующих побегов при 4,4-7,9 шт. боковых ветвей в мутовках. Установлена тесная связь между диаметром ствола и числом лидирующих побегов, числом лидирующих побегов и количеством сформированных боковых ветвей спустя 7-12 лет после декапитации, диаметром ствола при обрезке верхней части кроны и высотой деревьев после 12 лет декапитации.

### Список літератури

- Белобородов В.М. (1979). Цели и возможности обрезки деревьев сосны на семенных плантациях. *Селекционные основы повышения продуктивности лесов*, 1, 59-64. [Beloborodov, V.M. (1979). Goals and the possibility of pruning pine trees on seed plantations. *Selection bases for increasing forest productivity*, 1, 59-64] (in Russian)
- Бех И.А. (1989). Поломка и смена вершин у молодых деревьев кедр сибирского. *Проблемы кедр. Организация комплексного хозяйства*, 63-69 [Beh, I.A. (1989). Breakdown and change of peaks in young siberian cedar trees. In *Cedar problems. Organization of complex economy*, 63-69] (in Russian)
- Братилова Н.П. (2015). Влияние декапитации крон на биологическую продуктивность сосны кедровой сибирской. *Хвойные бореальной зоны*, 33(3-4), 113-115. [Bratilova, N.P. (2015). Effect of crown decapitation on biological productivity of cedar Siberian pine. *Conifers of the boreal area*, 33(3-4), 113-115. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dekapitatsii-kron-na-biologicheskuyu-produktivnost-sosny-keдрovoy-sibirskoy/>]
- Братилова Н.П., Шамова С.С. (2014). Отбор деревьев кедровых сосен с повышенной восстановительной способностью после декапитации. *Хвойные бореальной зоны*, 32(3-4), 15-19. [Bratilova, N.P., & Shamova, S.S. (2014). Selection of siberian cedar trees with increased restorative capacity after decapitation. *Conifers of the boreal area Хвойные бореальной зоны*, 32(3-4), 15-19. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/otbor-dereviev-keдрovyh-sosen-s-povyshennoy-vosstanovitelnoy-sposobnostyu-posle-dekapitatsii/viewer>] (in Russian)
- Вересин М.М., Ефимов Ю.П., Арефьев Ю.Ф. (1985). *Справочник по лесному селекционному семеноводству*. Москва: Агропромиздат. 245 с. [Veresin, M.M., Efimov, Yu.P., & Arefiev, Yu.F. (1985). *Forest seed breeding guide*. Moscow: Agropromizdat] (in Russian)
- Водин А.В., Шкикунов В.Г., Селюк П.П. (2002). Особенности репродуктивной деятельности кедра сибирского путем обрезки верхней части кроны. Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы V международ. науч. конф. (Красноярск, 15-17 сентября 2002 г.). Красноярск: СибГТУ, 2002. С. 9-11. [Vodin, A.V., Shikkunov, V.G., & Seluk, P.P. (1999). Features of siberian cedar reproductive activity by trimming the top of the crown. In *Gardening, seed growing, introduction of woody plants* (pp. 9-11). Krasnoyarsk: SibSTU] (in Russian)
- Долголиков, В.И. (1981). Создание низкорослых семенных плантаций сосны обыкновенной: практические рекомендации. Ленинград: ЛитНИИЛХ. 18 с. [Dolgolicov, V.I. (1981). *Creation of low-grown pine ordinary plantations: practical recommendations*. Leningrad: LitNIILH] (in Russian)
- Извекова И.М. (1972). Влияние обрезки кроны на рост сосны и ели. *Лесной журнал*, 4, 7-10 [Isvekova, I.M. (1972). Effect of pruning the crown on the growth of pine and spruce. *Forestry Journal*, 4, 7-10] (in Russian)
- Мамаев С.А. (1973). *Формы внутривидовой изменчивости древесных растений*. Москва: Наука. 284 с. [Mamaev, S.A. (1973). *Forms of intraspecific variability of woody plants*. Moscow: Science] (in Russian)
- Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Нарзяев В.В., Гришлов Д.А., Иванов В.С. (2018). Показатели 50-летней сосны кедровой сибирской после декапитации кроны на плантации «ЛЭП-1» (пригородная зона Красноярска). *Хвойные бореальной зоны*, 36(6), 502-506. [Matveeva, R.N., Butorova, O.F., Narziyaev, V.V., Grishlov, D.A., & Ivanov, V.S. (2018). 50-year-old cedar Siberian pine after the decapitation of the crown on the «LEP-1» plantation (Krasnoyarsk suburban area). *Conifers of the boreal area*, 36(6), 502-506. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-50-letney-sosny-keдрovoy-sibirskoy/>]



- posle-dekapitatsii-krony-na-plantatsii-lep-1-prigorodna-ya-zona-goroda-krasnoyarska] (in Russian)
- Никитенко Е. А. (2010). Многовершинность кедра корейского на лесосеменных плантациях. *Лесоведение*, 1, 46-52. [Nikitenko, E.A. (2010). The majority of Korean cedar on forest plantations. *Forest science*, 1, 46-52. <http://lesovedenie.ru/index.php/forestry/article/view/342>] (in Russian)
- Попов А. С. (1982). Влияние обрезки на рост сосны. *Лесоведение*, 3, 72-75 [Popov, A.S. (1982). Effect of pruning on pine growth. *Forest science*, 3, 72-75] (in Russian)
- Родин А. Р., Тимофеев В. В. (1989). Влияние обрезки центрального побега лиственницы Сукачева на ее семеношение. *Науч. труды МЛТИ: Современные методы выращивания древесных насаждений на селекционно-генетической основе*, 221, 26-28. [Rodin, A.R., & Timofeyev, V.V. (1989). Influence of the central shoot pruning of Sukachev larch on its seed production. *Scientific works of the Moscow Forestry Institute: Modern methods of growing tree stands on a selection and genetic basis*, 221, 26-28] (in Russian)
- Тараканов В. В., Демиденко В. П., Ишутин Я. Н., Бушков Н. Т. (2001). *Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири*. Новосибирск: Наука, 230 с. [Tarakanov, V.V., Demidenko, V.P., Ishutin, J.N., & Bushkov, N.T. (2001). *Selective seed production of scots pine in Siberia*. Novosibirsk: Science] (in Russian)
- Щерба Н. П., Водин А. В. (2000). Влияние качества посадочного материала, агротехники выращивания и декапитации крон на рост и формирование фитомассы кедра сибирского. Красноярск: СибГТУ. 84 с. [Scherba, N.P., & Vodin, A.V. (2000). *Influence of the quality of planting material, agrotechnics of cultivation and decapitation of crowns on the growth and formation of Siberian cedar phytomass*. Krasnoyarsk: Siberian State Technical University] (in Russian)
- Bae C.-H., Song J.-M., Kim C.-W., Song J.-H., Han S.-U., Shim T.-H., & Yi J.-S. (2008). Comparison of seed component between stempruned and un-pruned trees in a *Pinus koraiensis* seed. *Annals Forest Research*, 51, 157-158. Retrieved from [www.afjournal.org](http://www.afjournal.org)
- Fernandez, M.P., Basauri, J., Madariaga, C., Menéndez-Miguélez, M., Olea, R., & Zubizarreta-Gerendiain, A. (2017). Effects of thinning and pruning on stem and crown characteristics of radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). *Biogeosciences and Forestry*, 10, 383-390. <https://doi.org/10.3832/for2037-009>.
- Jae-Seon, Y., Chul-Woo Kim, Hyun-Seok Lee, & Chan-Hoon An. (2009). Crown control for sustainable management of *Pinus koraiensis* S. et Z. plantation. In *The state of the Far East forests and current problems of forest management*. Khabarovsk, Russia: DalNIILH (pp. 296-298)
- Mäkinen, H., Verkasalo, E., & Tuimala, A. (2014). Effects of pruning in Norway spruce on tree growth and grading of sawn boards in Finland. *Forestry: International Journal of Forest Research*, 87(3), 417-424. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpt062>
- Mederski, P.S., Bembenek M., & Nadolna D. (2013). Impact of pruning on the increment of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) from a seedling seed orchard. *Forest letters*, 105, 28-34. Retrieved from [https://www.researchgate.net/figure/Wood-properties-comparison-of-Scots-pine-Pinus-sylvestris-L-from-SSO-and-regular\\_tbl2\\_292156628](https://www.researchgate.net/figure/Wood-properties-comparison-of-Scots-pine-Pinus-sylvestris-L-from-SSO-and-regular_tbl2_292156628)
- Moreno-Fernández, D., Sánchez-González, M., González, J.G., Hevia, A., Majada, J.P., Cañellas, I., & Gealquierdo, G. (2014). Response to the interaction of thinning and pruning of pine species in Mediterranean mountains. *European Journal Forest Research*, 133(5), 833-843. <https://doi.org/10.1007/s10342-014-0800-z>

### Formation of crown for Siberian cedar over a 12-year period after decapitation (suburban area of Krasnoyarsk)

D. Grishlov<sup>1</sup>, N. Bratilova<sup>2</sup>, R. Matveeva<sup>3</sup>, O. Butorova<sup>4</sup>

Trees are decapitated to form a low-topped crown to improve cuttings and cone harvesting conditions. To do this, offer different methods of crowns decapitation with an intensity of 55-75%. The stimulating effect of pruning on the productivity of trees, the crowns growth, and the formation of multi-tops estimated. The plantations of Siberian cedar *Pinus sibirica* Du Tour are established to obtain valuable seeds and improve the environmental conditions in the suburban area of large industrial centers of Siberia. The Siberian cedar is distinguished not only by its high silvicultural characteristics, but also by the nutritional quality of its pine "nuts". The aim of the research was to establish the peculiarities of crown formation for Siberian cedar on the

<sup>1</sup> Dmitriy Grishlov – postgraduate student of the Department of breeding and planting. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation. Tel.: (391)222-73-95. E-mail: [grishlova@mail.ru](mailto:grishlova@mail.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3734-2541>

<sup>2</sup> Natalia Bratilova – Doctor of Agricultural Sciences, head of the Department of breeding and planting. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation. Tel.: (391)222-73-95. E-mail: [nbratilova@yandex.ru](mailto:nbratilova@yandex.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2918-9690>

<sup>3</sup> Rimma Matveeva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of breeding and planting. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation. Tel.: (391)227-58-09. E-mail: [matveevan@yandex.ru](mailto:matveevan@yandex.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>

<sup>4</sup> Olga Butorova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of breeding and planting. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russian Federation. Tel.: (391)227-58-09. E-mail: [Butorova.olga@mail.ru](mailto:Butorova.olga@mail.ru) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8575-7464>

plantation “Meteostation” over a 12-year period after decapitation. The plantation was established under the supervision of R. N. Matveeva. Planting scheme 5 × 5 m applied. The object of the research was 54-year-old Siberian cedar grown from seeds harvested in 1964 in Leninogorsk Forestry of the Republic of Kazakhstan. The decapitation was performed for trees of 42 years old in 2005 at the height of 1.4-1.7 m. The height of the trees before decapitation varied from 3.3 to 4.5 m, the trunk diameter – from 9.5 to 23.6 cm. The average crown diameter was 3.8-4.3 m. The upper part of the crown is removed by 50.0-66.7%. The trees were measured for height, growth of the leading shoots replacing the central shoot, and trunk diameter at the soil surface. The level of variability was assessed according to S. A. Mamaev scale.

By 2017, the trees had reached the height of 5.6-9.1 m; the number of leading shoots replacing the central one was 3-7. Trees with a trunk diameter of 12-18 cm had 3-4 leading shoots replacing the central one; those with a diameter of 20-26 cm had 6-7 shoots each. Linear growth of branches replacing the central shoot for the 12-year period was 4.0-7.6 m. The maximum growth was noted in tree 4-98: 7.0-90.0 % more than the others. Trees 4-33, 4-46, 4-73, 4-117 had the largest trunk diameter. It was found that the level of variability of tree height is low; growth, trunk diameter – medium, the number of leading shoots – high. The highest height (9.1 m) had the tree number 4-98, exceeding the others by 8.3-62.5 %. The average number of lateral branches formed during the 5-year period on the leading shoots was compared. Between 2013 and 2017, the average growth was between 23.6 and 45.5 cm. The highest value of average growth over the 5-year period (45.5 cm) was in tree number 4-73, which was 12.1-71.0% higher than the others. Trees 4-117 and 4-33 were distinguished by weak growth, where the average growth was 23.6-29.9 cm.

The average number of lateral branches formed during the 5-year period on the leading shoots was compared: by 4.4-7.9 branches of 3.6 to 2.0 m in length. The greatest length of lateral branches was on tree No. 4-85. Weak branch formation in whorls was observed in tree 4-117. A close direct correlation was established between the diameter of the trunk and the number of leading shoots; the number of leading shoots and the total number of lateral branches on the shoots; the trunk diameter during pruning, and the height of trees after 12 years of decapitation. The decapitation has resulted in the formation of a multi-trunk crown in Siberian cedar trees. When decapitating Siberian cedar trees, it is necessary to give preference to the specimens that have the largest number of developed lateral branches in the lower whorls, the trunk diameter is larger. It is recommended to leave at least 6-7 leading shoots during decapitation.

**Key words:** Siberian cedar; growth; plantation; leading shoot; pruning the crown; Leninogorsk origin; Krasnoyarsk region.

## Формування крони кедр сибірського за 12-річний період після декапітації (приміська зона м. Красноярська)

Д. А. Гришлов<sup>1</sup>, Н. П. Братілова<sup>2</sup>,  
Р. Н. Матвєєва<sup>3</sup>, О. Ф. Буторова<sup>4</sup>

Декапітацію дерев здійснюють з метою формування низькоопущеної крони для поліпшення умов нарізання живців і збору шишок. Для цього пропонують різні способи декапітації крон з інтенсивністю 55-75%. Відзначено стимулюючий вплив обрізки на ріст самих дерев, розростання крон, формування багатoverшинності. Платтації *Pinus sibirica* Du Tour створюють для отримання цінного насіння і поліпшення умов доквілля в приміській зоні великих промислових центрів Сибіру. Мета досліджень полягала у встановленні особливостей формування крони кедр сибірського на плантації «Метеостанція» впродовж 12-річного періоду після декапітації. Платтація створена за схемою садіння 5 × 5 м. Об'єктом досліджень було 54-річне насадження *Pinus sibirica*, вирощеного із насіння, заготовленого в 1964 р. у Леніногорському лігоспі Республіки Казахстан. Декапітація була проведена у дерев 42-річного віку в 2005 р. на висоті 1,4-1,7 м. Висота дерев до декапітації змінювалась від 3,3 до 4,5 м, діаметр стовбура – від 9,5 до 23,6 см. Середній діаметр крони становив 3,8-4,3 м. Частка видалення верхньої частини крони становила 50,0-66,7%. У дерев вимірювали висоту, приріст за висотою лідируючих пагонів, які замінили центральний, діаметр стовбура біля поверхні ґрунту.

До 2017 р. дерева досягли висоти 5,6-9,1 м. Кількість лідируючих пагонів, які замінили централь-

<sup>1</sup> Гришлов Дмитро Андрійович – 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)222-73-95. E-mail: grishlova@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3734-2541>

<sup>2</sup> Братілова Наталія Петрівна – доктор сільськогосподарських наук, завідувач кафедри селекції та озеленення. Сибірський державний університет науки і технологій імені академіка М. Ф. Решетньова, пр. Миру, 82, м. Красноярськ, 660049, Росія. Тел.: (391)222-73-95. E-mail: nbratlova@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2918-9690>

<sup>3</sup> Матвєєва 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: matveevam@yandex.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-9622>

<sup>4</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: Butorova.olga@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8575-7464>

ний, склала 3-7 шт. Дерев з діаметром стовбура 12-18 см мали по 3-4 лідируючих пагонів, з діаметром 20-26 см – по 6-7 шт. Лінійний приріст гілок, які замінили центральний пагін, за 12-річний період склав 4,0-7,6 м. Максимальний приріст відзначений у дерева 4-98, який на 7,0-90,0% більший порівняно з іншими особинами. Найбільшим діаметром стовбура характеризувалися дерева № 4-33, 4-46, 4-73, 4-117.

Встановлено, що рівень мінливості висоти дерев низький, приросту за висотою, діаметром стовбура – середній, кількості лідируючих пагонів – високий. Найбільшою висотою (9,1 м) вирізнялося дерево № 4-98, перевершуючи за цим показником інші особини на 8,3-62,5%. За період з 2013 по 2017 рр. середній висотний приріст знаходився в межах 23,6-45,5 см. Найбільше значення середнього приросту за 5-річний період (45,5 см) встановлено у дерева № 4-73, що на 12,1-71,0% більше порівняно з іншими особинами. Слабким висотним приростом характеризуються дерева 4-117 та 4-33, де

значення середнього приросту склало 23,6-29,9 см. Середня кількість бічних гілок, що утворилися за 5-річний період на лідируючих пагонах, становила 4,4-7,9 шт. завдовжки 2,0-3,6 м. Найбільша довжина бічних гілок встановлена у дерева № 4-85. Слабке формування гілок у мутовках спостережено у дерева 4-117. Встановлено тісний прямий зв'язок між кількістю лідируючих пагонів і сумарною кількістю бічних гілок на пагонах, діаметром стовбура і висотою дерев через 12 років після декапітації. Внаслідок декапітації у дерев кедр сибірського сформувалася багатoverшинна крона. Під час декапітації дерев кедр сибірського необхідно віддавати перевагу екземплярам, які мають найбільшу кількість розвинених бічних гілок у нижніх мутовках і діаметр стовбура більшого розміру. Рекомендовано в процесі декапітації залишати не менше 6-7 лідируючих пагонів.

**Ключові слова:** кедр сибірський; приріст; плантація; лідируючий пагін; ленінгорське походження; Красноярський край.



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



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412108>  
Article received 2021.02.12  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Iurii Debryniuk  
debryniuk\_ju@ukr.net

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

УДК 630\*232.318

#### Посівна якість насіння *Pinus sylvestris* L. у насадженнях західного регіону України

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

Вивчено посівні якості однорідних партій насіння *Pinus sylvestris* L. – чистоту, масу 1000 насінин, енергію проростання, схожість, зараження фітопатогенами за результатами аналізу середніх зразків ВП «Львівська лісонасіннева лабораторія» впродовж 2010-2020 років.

Встановлено, що у лісових насадженнях західного регіону посівні якості насіння сосни звичайної загалом є високими. Впродовж вказаного періоду лабораторія здійснила аналіз середніх зразків, які репрезентують 488 однорідні партії насіння *Pinus sylvestris* за їхньої загальної маси 6,4 т. Кожного року в середньому формувалось 41-45 однорідних партій насіння за середньої маси 12,2-14,1 кг.

Однорідні партії насіння сосни характеризуються високим показником чистоти ( $X_{mid} = 96-96,5\%$ ) за мінімальних значень окремих варіант 90,5-91,0%.

Середні значення маси 1000 насінин залишаються досить високими і дуже подібними (7,0-7,1 г) за мінімальних значень окремих варіант 5,1-5,9 і максимальних – 8,4-9,0 г. Середнє значення енергії проростання насіння *Pinus sylvestris* становить 69,1-77,2%, однак у всіх випадках спостережено значну мінливість ознаки, що свідчить про неоднорідність насінного матеріалу внаслідок його заготівлі на різних лісонасінних об'єктах, різних термінів його зберігання та різної технології переробки. Середнє значення технічної схожості насіння сосни звичайної становить 86,3-90,9% з наявністю чіткої тенденції до підвищення схожості впродовж останніх чотирьох років.

Залежності між показниками маси 1000 насінин та їхньою схожістю не встановлено: низька схожість може бути властива як дрібному, так і великому за розмірами насінню. Лише для насіння зі схожістю 85% найбільша кількість проб у 1000 насінин має масу більше 7 грам.

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

<sup>2</sup> Веремчук Юрій Сергійович – начальник ВП «Львівська лісонасіннева лабораторія» ДО «Український лісовий селекційний центр», вул. Чайковського, 17, м. Львів, 79000, Україна. Тел.: +38-032-261-09-18. E-mail: lvivdzli@i.ua

Серед 488 однорідних партій насіння I, II, III класів якості розподіляється наступним чином: 37, 50 і 11%; некондиційне насіння серед досліджених однорідних партій займає лише 2%.

**Ключові слова:** сосна звичайна; однорідні партії насіння; чистота; маса 1000 насінин; енергія проростання; схожість; зараження патогенами; класи якості насіння.

**Вступ.** Деревина сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) має велике промислове значення. Саме тому штучні насадження цього деревного виду почали закладати ще у перше десятиліття позаминулого століття. На сьогодні існують високопродуктивні та біотично стійкі лісові культури сосни звичайної в усіх кліматичних зонах її ареалу. Деревний вид продовжують широко вирощувати як у штучних, так і природних лісостанах Полісся та Лісостепу України.

В останні роки у західному регіоні України значною мірою орієнтуються на створення природних насаджень сосни звичайної, хоча у низці випадків існує потреба у штучному відтворенні деревостанів (Дебринюк, Яворський, М'якуш, 2021). Щорічно існує високий попит на високоякісний садивний матеріал деревного виду, тому лісогосподарські підприємства кожного року заготовляють значні обсяги лісонасінної сировини, з якої отримують насіння. Відпускні ціни на насіння досить високі, у зв'язку з чим споживач пред'являє високі вимоги до якості насінного матеріалу. Висівання насіння низької посівної якості призводить до значних економічних збитків. Тому насіння деревних рослин, яке заготовляють для висіву, підлягає обов'язковій перевірці на посівну якість.

Якість насіння сосни звичайної залежить від санітарного стану дерев. Результати досліджень якості насіння *Pinus sylvestris* в осередках кореневої губки показали, що середній клас якості насіння стійких дерев є вищим ( $K_{\text{ср}} = 1,9$ ), ніж уражених ( $K_{\text{ср}} = 2,4$ ). Насіння дерев із підвищеною резистентністю характеризується дещо кращими середніми показниками енергії проростання, лабораторної та ґрунтової схожості, ніж насіння уражених особин. Середня довжина проростків із насіння стійких дерев виявилася достовірно більшою (на 2-5%), ніж уражених до хвороби. Проростки, вирощені із насіння стійких дерев, характеризуються більшими частками підземної та охвоєної частин (22,6 і 17,2% відповідно), ніж вирощені із насіння уражених (16,2 і 15,5%) і не поступаються контрольним (22,1 і 15,9%) (Усцький, Дишко, Михайличенко, 2019).

На схожість насіння *Pinus sylvestris* також впливає вміст вологи у шишках і насінні. Високий вміст вологи знижує якість насіння після проморожування шишок (Nygren, Himanen, & Ruhanen, 2016).

На 13-річній лісонасінній плантації *Pinus sylvestris* (Кастамону, Туреччина) середня частка виповненого насіння, порожнього насіння, наполовину виповненого насіння складала, відповідно, 11,6, 15,0 та 43,6%. Середня ефективність посівного матеріалу для всіх 30-ти клонів сосни була досить низь-

кою – 17,9% (Sivacioglu, & Ayan, 2008). Результати інших досліджень (Hauke-Kowalska et al., 2014) вказують на помітно вищу якість насіння сосни звичайної на лісонасінних плантаціях, ніж на лісонасінних ділянках.

Результати досліджень Z. Kaliniewicz et al. (2014) показали, що різне за кольором (чорне, коричневе, сіре та інше) насіння *Pinus sylvestris* відрізняється як за розмірами, так і за масою: товщина – 1,48-1,50 мм, ширина – 2,51-2,54 мм, довжина – 4,32-4,46 мм, маса – 6,4-6,7 г, об'єм – 7,90-8,24 мм<sup>3</sup>.

Для покращення проростання насіння використовують різні методи, в т.ч. і обробку електростатичним полем (Zhi-bin Gui, Li-min Qiao, & Jun-jun Zhao, 2003). Обробка насіння *Pinus tabulaeformis* Carr. цим способом за дозування 500 кВ/м впродовж 10 хв не лише покращило проростання насіння, але й пришвидшило розвиток корінців і ріст проростків.

Дослідження якості насіння деревних видів, пошук шляхів підвищення їх посівної якості, пришвидшення проростання здійснюють і в Україні. Зокрема, посівні якості насіння *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco та ростові показники сіянців вивчали Ю. М. Дебринюк (2015), Я. Д. Фучило та ін. (2016). Результати досліджень посівних якостей насіння *Abies alba* Mill. відображені в роботі Ю. М. Дебринюка (2013), різних видів *Larix* L. – у роботах Ю. М. Дебринюка, Ю. С. Веремчука (2013), С. О. Белелі, Ю. М. Дебринюка (2017).

Згідно ДСТУ 9053:2020 «Насіння дерев і кущів. Посівні якості. Технічні умови», нижній поріг лабораторної або технічної схожості насіння 1, 2 і 3 класів якості для *Pinus sylvestris* становить, відповідно, 90, 80 і 50% за чистоти однорідної партії насіння для всіх класів якості не менше 92%.

У різні роки схожість насіння *Pinus sylvestris* дещо різниться, але застосування певних способів і термінів заготівлі та підготовки насіння до висіву може помітно підвищити його якість. У зв'язку з цим, дуже важливим аспектом є вивчення динаміки посівних якостей насіння сосни звичайної на теренах західного регіону України впродовж тривалого часу, встановлення тенденцій щодо часової зміни показників якості насіння деревного виду.

**Об'єкти та методика.** Об'єктом дослідження були однорідні партії насіння сосни звичайної, предметом досліджень – його посівні якості. Мета роботи полягала у вивченні динаміки посівної якості насіння сосни звичайної впродовж 2010-2020 рр. на території окремих областей західного регіону України.

Для аналізу показників посівної якості насіння *Pinus sylvestris* L. в умовах західного регіону дер-

жави (Івано-Франківська, Львівська, Тернопільська області) ми використали результати аналізу посівної якості насіння деревного виду ВП «Львівська лісонасіннева лабораторія» ДО «Український лісовий селекційний центр», яка обслуговує лісгосподарські підприємства вказаних вище областей.

До уваги брали зразки насіння, які поступили на аналіз з лісгосподарських підприємств впродовж періоду 2010-2020 рр. (всього 488 зразки), які репрезентують таку ж кількість однорідних партій

насіння. Аналізували наступні показники посівної якості насіння: чистоту (ДСТУ 5036:2008), масу 1000 шт. насінин (ДСТУ 5036:2008), зараження фітопатогенами (ДСТУ 7127:2009), схожість та енергію проростання (ДСТУ 8558:2015).

**Результати дослідження.** Упродовж останніх десяти років ВП «Львівська лісонасіннева лабораторія» здійснено аналіз посівної якості середніх зразків насіння *Pinus sylvestris*, представлених 488 однорідними партіями насіння деревного виду (табл. 1).

Таблиця 1

**Загальні відомості про однорідні партії насіння сосни звичайної, заготовлених впродовж 2010-2020 рр. у досліджуваному регіоні**

Рік дослідження	Маса однорідної партії насіння, кг			Всього сформовано однорідних партій насіння, шт.	Загальна маса однорідних партій насіння, кг
	min	max	mid		
2010	2,0	50,0	12,5	37	464
2011	2,0	50,0	14,1	44	663
2012	1,0	50,0	9,8	65	639
2013	1,0	50,0	18,9	46	850
2014	1,0	50,0	20,7	42	868
2015	1,0	50,0	10,4	45	470
2016	1,0	50,0	11,4	48	545
2017	1,0	50,0	12,1	50	603
2018	1,0	50,0	12,2	41	499
2019	1,0	50,0	10,5	39	409
2020	1,0	50,0	13,4	31	415
<b>Разом</b>			<b>146</b>	<b>488</b>	<b>6425</b>

Маса однорідних партій сосни відзначається значною варіабельністю, що можна пояснити періодичністю насінношення породи, погодними умовами у період запилення та дозрівання насіння, обмеженою кількістю об'єктів постійної лісонасінної бази, різним попитом на насіння сосни звичайної в окремі роки. У різні за урожайністю роки мінімальна маса однорідних партій насіння (ОПН) деревного виду становила 1,0 або 2,0, максимальна – 50 за середнього значення 9,8-20,7 кг.

Окрім того, загальна маса однорідних партій насіння за досліджуваними роками також значною мірою різниться (409-868 кг), що пов'язано, насамперед, з періодичністю насінношення породи, а також погодними умовами в той чи інший рік дослідження. Зазвичай, максимальні обсяги насіння сосни заготовляють в урожайний рік, після чого обсяги його заготівлі помітно знижуються внаслідок як настання слабоурожайних років, так і внаслідок наявності значного запасу насіння, яке зберігають 3-4 роки практично без втрати схожості.

З масою однорідних партій насіння корелює їхня кількість – від 31 до 65 шт. щорічно. Загалом, у середньому кожного року формувалось 41-45 однорідних партій насіння сосни (рис. 1).

Важливим показником посівної якості насіння є його *чистота*, за значенням якої встановлюють кондиційність насіння. Так, для сосни звичайної чистота однорідних партій насіння повинна становити, згідно з ДСТУ 5036:2008, не менше 92% для всіх трьох класів якості.

Результати аналізу отриманих даних свідчать, що чистота досліджених однорідних партій насіння сосни досить висока, загалом перевищує 92%, складаючи в середньому 96-96,5% (рис. 2). В окремих випадках чистота становить практично 100%, що не дивно, оскільки сучасні технології переробки, сортування та очищення насінної сировини дають змогу без особливих зусиль досягти максимального показника чистоти насіння.

Лише у восьми випадках спостережено чистоту насіння менше 92%. Не досягнення показника нормативної чистоти може бути зумовлено відсутністю у господарстві належних засобів очищення і сортування насіння.

Аналіз даних рис. 2 підтверджує наявність тенденції до деякого зниження показника чистоти насіння сосни впродовж останніх трьох років, хоча він і знаходиться у визначених стандартом межах.



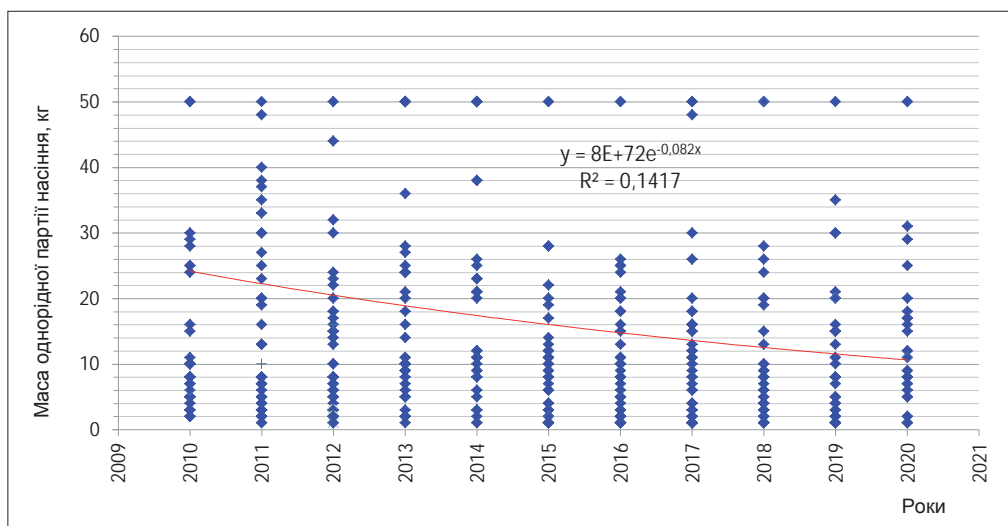


Рис. 1. Розподіл маси та кількості однорідних партій насіння *Pinus sylvestris* L. за роками впродовж досліджуваного періоду

Загалом, у переважачій більшості випадків досягнута стандартна чистота партій насіння *Pinus sylvestris*, середнє значення якої становить 95,0-95,9%. При цьому максимальне значення чистоти насіння сягає 99,8-100, мінімальне – 90,6-90,9%. У всіх випадках зафіксовано незначну мінливість ознаки ( $V = 2,4-2,5\%$ ), яка в аналізованих вікових діапазонах не перевищила 10%. Достовірність середнього значення у всіх варіантах є високою ( $t_{\phi} = 635-580$ ). Дуже високою є також і точність самого досліду ( $P = 0,2-0,6\%$ ). Отже, у досліджуваних вікових періодах однорідні партії на-

сіння сосни звичайної загалом є кондиційними за чистотою.

Не менш важливим показником якості насіння є *маса 1000 насінин*, яка відображає повнозернистість насіння, його географічне походження, а на практиці використовується для розрахунку та уточнення норми висіву (рис. 3). Основними чинниками, які впливають на масу 1000 насінин, є тип лісорослинних умов і тип лісу, кліматичні та погодні умови, вік і склад насаджень, орографічні умови. Показник визначають згідно з положеннями ДСТУ 5036:2008.

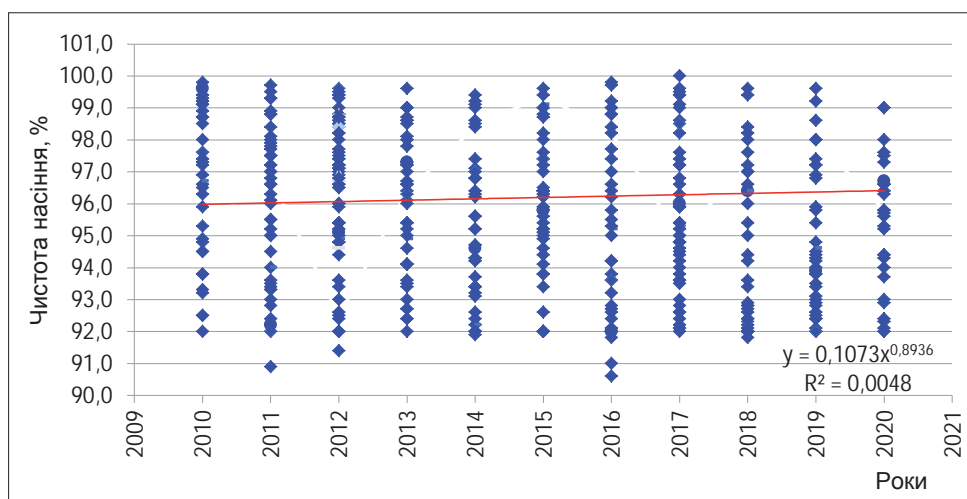


Рис. 2. Динаміка чистоти однорідних партій насіння *Pinus sylvestris* L. впродовж досліджуваного періоду

За результатами досліджень, цей показник загалом відзначається значною варіабельністю – від 5,08-5,92 (мінімальні значення) до 8,44-8,96 г (максимальні значення). Разом з цим, середні значення маси 1000 насінин за досліджуваними віковими періодами дуже подібні – 6,97-7,08 г (табл. 2). Розсіювання варіант навколо середнього значення невисоке ( $\delta^2 = 0,2$  г).

Для порівняння, на 13-річній лісонасінній плантації *Pinus sylvestris* (Кастамону, Туреччина), серед-

ня маса 1000 насінин склала 10,9 г з діапазоном від 8,6 до 13,2 г (Sivacioglu, & Ayan, 2008), що помітно більше, ніж у досліджених нами умовах.

Коефіцієнт варіації ( $V = 5,9-6,3\%$ ) вказує на незначну ступінь мінливості ознаки. Достовірність середнього значення досить висока, дуже високою є і точність досліду ( $P = 0,2-0,4\%$ ).

Незважаючи на певні кліматичні зміни, які особливо помітно проявились впродовж останнього 10-річчя, і виявляють помітний вплив на біотичну

стійкість сосни звичайної, маса 1000 насінин деревного виду впродовж досліджуваного періоду досить висока і стабільна. Варіанта, яка найчастіше трапляється у статистичній сукупності впродовж 10-річного періоду, становить 7,05-7,12 г. Саме норма висіву найбільшою мірою залежить від маси

1000 шт. насінин. За результатами досліджень (Булат, 2016), оптимальною нормою висіву у теплиці є норма 250 і 200 шт. на 1 м посівного рядка, яка забезпечує найвищий вихід стандартного садивного матеріалу з високими лінійними і якісними показниками.

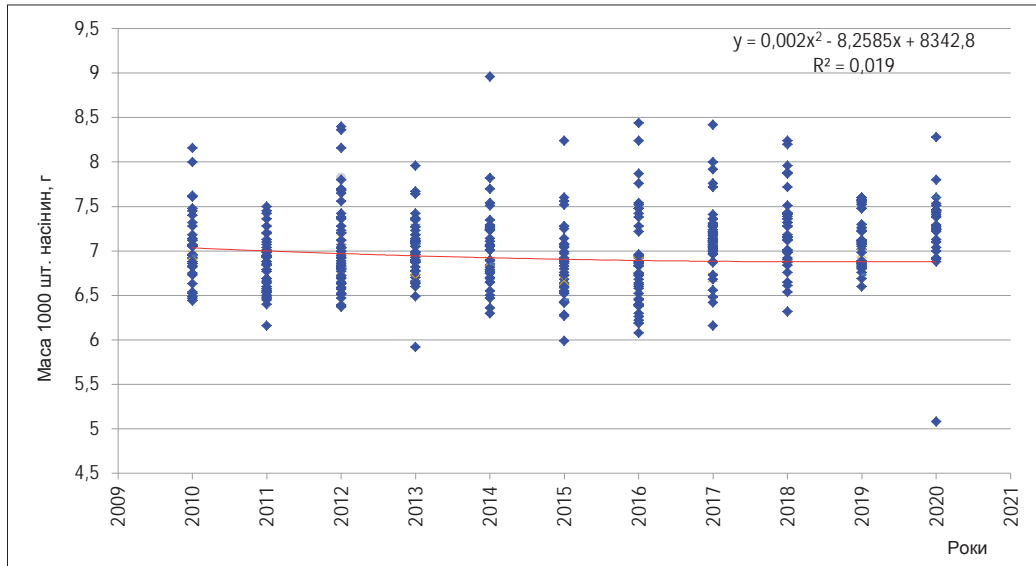


Рис. 3. Динаміка маси 1000 насінин *Pinus sylvestris* L. впродовж досліджуваного періоду

Таблиця 2

**Показники посівної якості насіння *Pinus sylvestris* L. у лісових насадженнях західного регіону України впродовж досліджуваного періоду**

Статистичні показники	2010-2015 рр.				2016-2020 рр.			
	Чистота, %	Маса 1000 шт., г	Е. П., %	Т. С., %	Чистота, %	Маса 1000 шт., г	Е. П., %	Т. С., %
Кількість спостережень, N (шт.)	282	282	161	282	209	209	209	209
Максимальне значення, X <sub>max</sub>	99,8	8,96	93	99	100,0	8,44	97	98
Мінімальне значення, X <sub>min</sub>	90,9	5,92	18	22	90,6	5,08	15	60
Середнє значення, X <sub>mid</sub>	95,9	6,97	69,1	86,3	95,0	7,08	77,2	90,9
Дисперсія, δ <sup>2</sup>	5,7	0,2	415,8	156,7	5,6	0,2	334,5	41,9
Основне відхилення, δ	2,4	0,4	20,4	12,5	2,3	0,4	18,3	6,5
Коефіцієнт варіації, V (%)	2,5	5,9	29,5	14,5	2,4	6,3	23,7	7,1
Достовірність X <sub>mid</sub> , (t <sub>φ</sub> )	634,6	267,3	43,0	109,0	580,5	229,8	61,0	203,0
Точність дослід, P (%)	0,2	0,4	2,3	0,9	0,6	0,4	1,6	0,5

Інший важливий показник якості насіння – енергія проростання (Е. П.) характеризує швидкість і дружність проростання насіння. Показник визначають згідно з положеннями ДСТУ 8558:2015, який для насіння сосни звичайної становить сім днів. Високі абсолютні значення енергії проростання відповідають зазвичай високій технічній схожості насіння.

Енергія проростання насіння характеризується загалом значною варіабельністю – від 15 до 97%

(рис. 4, див. табл. 2). Середнє значення енергії проростання перебуває в межах 69,1-77,2%. При цьому зафіксовано значний абсолютний показник основного відхилення (18,3-20,4%) та значну мінливість ознаки (V = 23,7-29,5%), що свідчить про різноманітність насінного матеріалу, який надходив на аналіз. Вірогідно, термін зберігання насіння, від якого відбирали середні зразки, був різним, а найвищі показники енергії проростання властиві, як відомо, свіжому насінню.

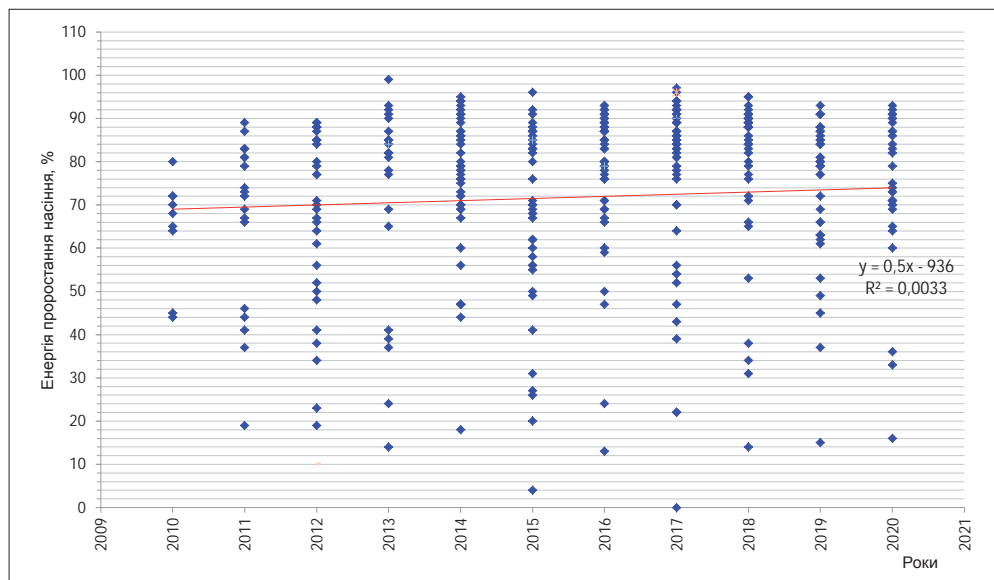


Рис. 4. Динаміка енергії проростання насіння *Pinus sylvestris* L. впродовж досліджуваного періоду

Поряд з цим, достовірність середнього значення у досліджених варіантах все ж достатня ( $t_{\phi} = 43-61$ ). Точність досліджу є також досить високою ( $P = 1,6-2,3\%$ ).

Потрібно також звернути увагу на кількість здійснених аналізів. Якщо впродовж другого досліджуваного вікового періоду (2016-2020 рр.) кількість спостережень по всіх досліджуваних показниках посівної якості насіння сосни однакова, то в період 2010-2015 рр. енергію проростання визначали лише для 161 середнього зразка з 282-ох, які надійшли на аналіз.

Пояснення полягає в тому, що у частини середніх зразків замість технічної схожості визначали життєздатність насіння, за якого енергію проростання не встановлюють. На аналіз частина зразків надходила у весняний період безпосередньо перед висіванням, тому вимагалось терміново встановити якість насіння, що, згідно з положенням ДСТУ 8558:2015, допускається здійснити методом визначення життєздатності.

Загалом, насінню з високою енергією проростання властива і висока технічна схожість, проте кондиційним може бути і «старе» насіння, якому властива низька енергія проростання, проте його схожість може досягати 80% і більше.

Одним із основних показників посівної якості насіння є його схожість. Оскільки для насіння *Pinus sylvestris* характерний вимушений спокій, то визначення його схожості методом пророщування є основним. Термін пророщування у лабораторних умовах становить 15 днів за температури 20-24°.

Показники технічної схожості (Т.С.) відзначаються певною варіабельністю. Так, в окремих випадках схожість насіння сосни звичайної досягала 98-99% за мінімального значення 22%. При цьому, в період часу 2016-2020 рр. технічна схожість насіння характеризується значно меншою варіабельністю, ніж у попередній період (див. табл. 2), що зумовлено збільшенням частки насіння, заготовленого

на об'єктах ПЛНБ, а також удосконаленням самого процесу переробки лісонасінної сировини.

Низька схожість не є характерною рисою для насіння сосни звичайної, а її невисокі значення в окремих випадках можна пояснити такими причинами: а) некоректним відбором середнього зразка; б) заготівлею лісонасінної сировини із окремо ростучих дерев у неврожайні роки; в) дощовою погодою в період запилення.

Статистичне оброблення показника технічної схожості насіння засвідчило, що середнє його значення становить в межах 86,3-90,9% (див. табл. 2, рис. 5). Показник дисперсії вказує на значне розсіювання значень технічної схожості від середньої величини у першому віковому діапазоні, тоді як у діапазоні 2016-2020 рр. показник  $\delta^2$  значно менший.

Мінливість досліджуваної ознаки коливається від незначної (7,1%) до середньої (14,5%). Достовірність середнього значення в обох досліджуваних вікових діапазонах є високою ( $t_{\phi} = 109-203$ ), такою ж високою є точність досліджу ( $P = 0,5-0,9\%$ ).

Середнє значення показника технічної схожості відповідає II класу якості насіння сосни звичайної. Варто відзначити наявність чіткої тенденції до підвищення показника технічної схожості впродовж 2017-2020 рр. Зазвичай, більше за розмірами насіння має вищий показник схожості, ніж дрібне. З цього погляду цікавим є дослідження залежності між масою 1000 шт. насіння сосни та його технічною схожістю (рис. 6). Однак нам не вдалося виявити зв'язку між цими двома показниками посівної якості насіння: коефіцієнт кореляції виявився дуже низьким ( $r=0,13$ ). Тобто, низька схожість може бути притаманна як дрібному, так і великому за масою насінню. Вірогідно, велике насіння могло виявитись порожнім або без зародка внаслідок несприятливих погодних умов у період запилення; могло бути заготовлено з окремо стоячих дерев, де умови освітлення створюють гарні умови для розвитку шишок і насіння в них, однак насіння формується порожнім і т. ін.



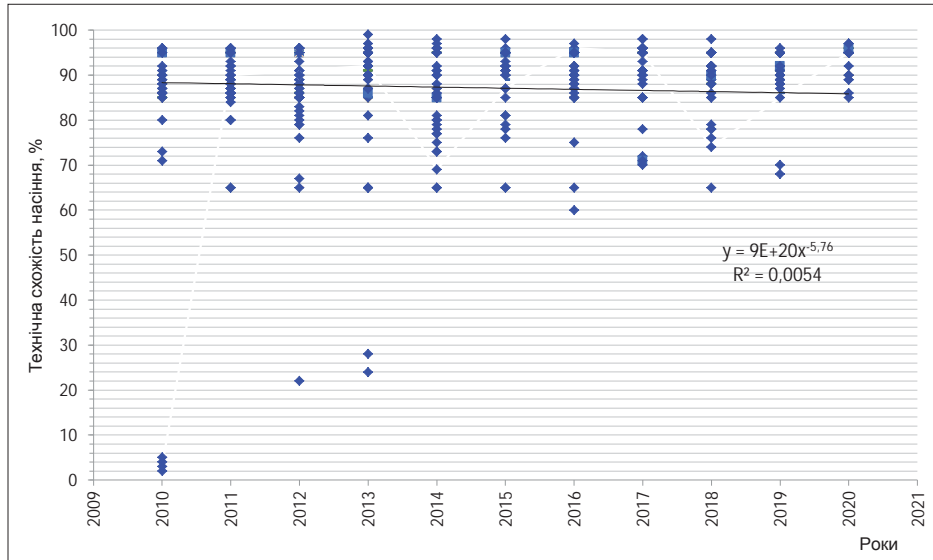


Рис. 5. Показники технічної схожості насіння *Pinus sylvestris* L. за роками впродовж досліджуваного періоду

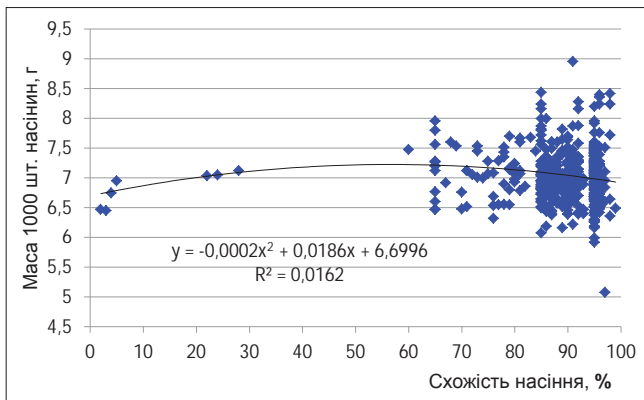


Рис. 6. Залежність показника технічної схожості від маси 1000 насіння *Pinus sylvestris* L. за результатами аналізу середніх зразків упродовж 2010-2020 рр.

Проте деяка тенденція до підвищення схожості насіння із збільшенням його маси все ж спостерігається. Починаючи з показника технічної схожості в 85% і вище, найбільша кількість проб у 1000 насіння має масу більше 7 г (див. рис. 6).

За результатами аналізу ураження насіння фітохворобами за період 2010-2020 рр. можна зробити висновок, що для більшості однорідних партій насіння сосни характерна середня або слабка зараженість патогенами. Такий стан, вірогідно, зумовлений підвищеною вологістю насіння, яке було поміщене на зберігання у герметично закупорену тару.

Загалом із 488-ми проаналізованих зразків превалює насіння II класу якості (50%). Дещо менше партій насіння I класу (37%), і лише 11% партій мають III клас якості. Некондиційним виявилось насіння лише у 2% однорідних партій (табл. 3). Починаючи з 2014 р., не зафіксовано жодної партії насіння, що не відповідає стандарту. В окремі роки (2017, 2020) превалює насіння I класу, а загалом насіння характеризується другим класом якості.

Таблиця 3

**Відповідність насіння сосни звичайної стандартам якості упродовж досліджуваного періоду**

Рік дослідження	Кількість стандартних зразків за класами якості насіння, шт.			Кількість середніх зразків, що не відповідають стандарту, шт.	Всього середніх зразків насіння, шт.
	I	II	III		
2010	6	24	3	4	37
2011	12	30	2	–	44
2012	23	31	10	1	65
2013	15	24	5	2	46
2014	11	18	13	–	42
2015	19	19	7	–	45
2016	19	26	3	–	48
2017	28	17	5	–	50
2018	11	24	6	–	41
2019	12	25	2	–	39
2020	23	8	–	–	31
<b>Разом</b>	<b>179</b>	<b>246</b>	<b>56</b>	<b>7</b>	<b>488</b>

**Висновки.** Упродовж 2010-2020 рр. Львівською лісонасінневою лабораторією здійснено аналіз середніх зразків, які репрезентують 488 однорідні партії насіння *Pinus sylvestris* за їхньої загальної маси 6,4 т. Кожного року в середньому формува-

лось 41-45 однорідних партій насіння за середньої маси 12,2-14,1 кг.

Однорідні партії сосни звичайної впродовж досліджуваного періоду характеризуються високим показником чистоти ( $X_{mid} = 96-96,5\%$ ) за мінімальних значень окремих варіант 90,5-91,0%.

Середні значення маси 1000 насінин упродовж досліджуваного періоду залишаються досить високими і дуже подібними (7,0-7,1 г) за мінімальних значень окремих варіант 5,1-5,9 і максимальних – 8,4-9,0 г за дуже високої точності досліду.

Середнє значення енергії проростання насіння сосни звичайної становить 69,1-77,2%, однак у всіх випадках спостерігається значна мінливість ознаки, що свідчить про неоднорідність насінного матеріалу внаслідок його заготівлі на різних лісонасінних об'єктах, різних термінів його зберігання та різної технології переробки.

Середнє значення технічної схожості насіння сосни становить 86,3-90,9% з наявністю чіткої тенденції до підвищення схожості впродовж останніх чотирьох років.

Залежності між показниками маси 1000 насінин та їхньою схожістю не встановлено: низька схожість може бути властива як дрібному, так і великому за розмірами насінню. Лише для насіння зі схожістю 85% найбільша кількість проб у 1000 насінин має масу більше семи грам.

Серед 488 однорідних партій насіння I, II, III класів якості розподіляється наступним чином: 37, 50 і 11%; некондиційне насіння серед досліджених однорідних партій займає лише 2%.

Загалом, у насадженнях західного регіону України сосна звичайна формує насіння високої якості, що забезпечує успішне впровадження цього цінного аборигенного деревного виду у лісові насадження.

### Список літератури

Белеля С.О., Дебринюк Ю.М. (2017). *Культивування видів роду Larix L. у штучних насадженнях Західного Полісся*. Львів: Галицька Видавнича Спілка. 444 с. [Belelia, S.O., & Debryniuk, Yu.M. (2017). *Cultivation of species of the genus Larix L. in artificial plantations of Western Polesie*. Lviv: Galician Publishing Union ISBN 978-617-7363-56-8] (in Ukrainian)

Булат А.Г. (2016). Вплив норми висіву насіння сосни звичайної на вихід стандартних сіянців у плівкових теплицях. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26(3), 226-231. [Bulat, A. (2016). The Influence of scots pine seeding rate on the yield of standard seedlings seeds in greenhouses. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 26(3), 226-231. <https://doi.org/10.15421/40260337>] (in Ukrainian)

Дебринюк Ю.М. (2015). Особливості посівних якостей насіння *Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco у насадженнях західного регіону України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 13, 114-119. [Debryniuk, Yu.M. (2015). The peculiarities of quality indicators of seeds of *Pseudotsuga menziesii*

*Mirb* Franco in forest stands of the western region of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 13, 114-119. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/105>] (in Ukrainian)

Дебринюк Ю.М. (2013). Посівні якості насіння ялиці білої у лісових насадженнях західного регіону України. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 123, 13-21. [Debryniuk, Yu. M. (2013). Quality indicators of *Abies alba* Mill. seeds in plantations of western regions of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 123, 13-21. Retrieved from <http://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/10/123-pdf>] (in Ukrainian)

Дебринюк Ю.М., Веремчук Ю.С. (2013). Посівні якості насіння модрина у насадженнях західного регіону України. *Наукові праці: Лісівнича академія наук України*, 11, 119-125. [Debryniuk, Yu. M., & Veremchuk, Yu. S. (2013). Quality indicators of Larch seeds in plantations of western region of Ukraine. *Scientific works: Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 119-125. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/337>] (in Ukrainian)

Дебринюк Ю.М., Яворський М.В., М'якуш І.І. (2021). Селекційна інвентаризація об'єктів постійної лісонасінної бази ДП «Буське лісове господарство» та шляхи відтворення генетичних ресурсів основних лісотвірних порід. Львів: Компанія «Манускрипт». 152 с. [Debryniuk, Yu.M., Yavorsky, M.V., & Myakus, I.I. Selection inventory of the facilities of the permanent forest seed base at the Busk Forestry State Enterprise, and ways of reproduction of genetic resources of the main forest-forming species. Lviv: Manuscript Company ISBN 978-966-2400-93-9] (in Ukrainian)

ДСТУ 5036:2008 (2009). *Насіння дерев та кущів. Методи відбирання проб, визначення чистоти, маси 1000 насінин та вологості*. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіційне. Київ: Держспоживстандарт України [DSTU 5036: 2008 (2009). Seeds of trees and shrubs. Methods of sampling, determination of purity, 1,000-seed weight, and moisture content. [Effective from January 01, 2009]. Official edition. Kyiv: Ukraine's *Derzhspozhyvstandart*] (in Ukrainian)

ДСТУ 8558:2015 (2017). *Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності)*. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ» [DSTU 8558: 2015 (2017). Seeds of trees and shrubs. Methods for determining sowing qualities (germination, viability, good quality). [Effective from January 01, 2017]. Official edition. Kyiv: the *UkrNDNTs* State Enterprise] (in Ukrainian)

ДСТУ 7127:2009 (2011). *Насіння дерев та кущів. Методи фітопатологічної та ентомологічної експертизи*. [Чинний від 2012-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України [DSTU 7127: 2009 (2011). Seeds of trees and shrubs. Methods of phytopathological and entomological examination. [Effective from January 01, 2012]. Official edition. Kyiv: Ukraine's *Derzhspozhyvstandart*] (in Ukrainian)

ДСТУ 9053:2020 (2021). Насіння дерев і кущів. Посівні якості. Технічні умови. [Чинний від 2021-04-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ» [DSTU 9053:2020 (2021). Seeds of trees and shrubs. Sowing qualities. Specifications. [Effective from January 04, 2021]. Official edition. Kyiv: the UkrNDNTs State Enterprise] (in Ukrainian)

Усцький І. М., Дишко В. А., Михайличенко О. А. (2019). Особливості проростання насіння та росту сіянців дерев сосни звичайної різної стійкості проти кореневої губки. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 134, 154-161. [Ustskiy, I. M., Dyshko, V. A., & Mykhailichenko, O. A. (2019). Peculiarities of seed germination and seedling growth of scots pine trees with different root rot resistance. *Forestry and Forest Melioration*, 134, 154-161. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.154>] (in Ukrainian)

Фучило Я. Д., Лось С. А., Сбитна М. В., Плотнікова О. М. (2016). Характеристики насіння та росту показники сіянців псевдотуги Мензіса різного географічного походження. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 129, 76-83. [Fuchylo, Ya. D., Los, S. A., Sbytna, M. V., & Plotnikova, O. V. (2016). Characteristics of seeds and growth indicators of Douglas fir seedlings of different geographical origin. *Forestry and Forest Melioration*, 129, 76-83. Retrieved from <http://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/issue/view/4>] (in Ukrainian)

Hauke-Kowalska, M., Borowiak, E., Barzdajn, W., Kowalkowski, W., Korzeniewicz, R., & Wawro, T. (2019). Cone and seeds variability in seed orchards and seed stands of *Pinus sylvestris* L. *Baltic Forestry*, 25 (2), 187-192. <https://doi.org/10.46490/vol25iss2pp187>

Kaliniewicz Z., Tylek, P., Markowski, P., Anders A., Tadeusz Rawa, T., & Głazewska, E. (2014). Analysis of correlations between selected physical properties and color of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seeds. *Technical Sciences*, 17 (3), 259-274. Retrieved from [http://www.uwm.edu.pl/wnt/technicalsc/tech\\_17\\_3/b06.pdf](http://www.uwm.edu.pl/wnt/technicalsc/tech_17_3/b06.pdf)

Nygren, M., Himanen, K., & Ruhanen, H. (2016). Viability and germination of Scots pine seeds after freezing of harvested cones in vitro. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(8), 1035-1041. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0107>

Sivacioglu, A., & Ayan S. (2008). Evaluation of seed production of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) clonal seed orchard with cone analysis method. *African Journal of Biotechnology*, 7(24), 4393-4399. Retrieved from <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/59596>

Zhi-bin Gui, Li-min Qiao, & Jun-jun Zhao (2003). Improved germination of pine seeds by electrostatic field treatment: the original, unedited version of a paper submitted to the XII World Forestry Congress FAO. Quebec City, Canada. Retrieved from <http://www.fao.org/3/XII/0967-B1.htm>

## Sowing qualities of *Pinus sylvestris* L. seeds in forest stands of the western region of Ukraine

Iu. Debryniuk<sup>1</sup>, Yu. Veremchuk<sup>2</sup>

To analyze the indexes of the *Pinus sylvestris* L. seeds sowing qualities in the conditions of the western region of Ukraine (Ivano-Frankivsk, Lviv, Ternopil regions), the results of the analysis of the sowing qualities of tree species seeds were used. This analysis being performed in the Lviv Forest Seed Laboratory. During the period 2010-2020, the forest seed laboratory analyzed average samples representing 488 homogeneous lots of Scots pine seeds with a total weight of 6.4 tons. Annually, on average, 41-45 homogeneous seed lots were formed with an average lot weight of 12.2-14.1 kg.

The weight of homogeneous lots is characterized by significant variability, which can be explained by the periodicity of seed production of the pine, weather conditions during the period of pollination and seed ripening, a limited number of facilities at a permanent forest seed base, and varying demand for seeds of tree species in certain years. In years with different seeds yield the minimum weight of homogeneous lots of seeds ranged from 1.0 to 2.0 kg, the maximum weight was 50 kg with an average value of 9.8-20.7 kg.

In addition, the total weight of homogeneous lots of pine seeds during the study period varies significantly (409-868 kg), which is primarily due to the periodic nature of specie seed production, as well as weather conditions in a particular year of the study. Usually, the maximum volumes of pine seeds are harvested in a good harvest seed year, after which the volumes of its harvesting decrease due to both the onset of non-seed years and due to the presence of a significant supply of seeds which are kept for 3-4 years with practically no loss of germinate capacity. The weight of homogeneous lots of seeds also correlates with the quantity of the lots – from 31 to 65 pieces annually.

Homogeneous lots of *Pinus sylvestris* seeds during the study period are characterized by a high purity index ( $\bar{X}_{mid} = 96-96.5\%$ ) with the minimum values of individual variants being 90.5-91.0%. The average values of 1,000-seed weight (TSW) remain rather high and very similar (7.0-7.1 g) with the minimum values of individual variants 5.1-5.9 and maximum values of 8.4-9.0 g with a very high accuracy of the experiment.

The average value of the seed germinate energy of *Pinus sylvestris* is 69.1-77.2%, however, in all cases,

<sup>1</sup> Iurii Debryniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University. General Chuprynka str., 103, 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> Yuriy Veremchuk – Head of separate unit “Lviv Forest Seed Laboratory” State Association “Ukrainian Forest Breeding Center”, Tchaikovsky str., 17, Lviv, 79000, Ukraine. Tel.: + 38-032-261-09-18. E-mail: lvivdzli@i.ua



there is a significant variability of this characteristic, indicating the heterogeneity of the seed material due to its harvesting at different forest seed sites, different storage periods and different treatment technologies. The average value of technical seed germinate capacity is 86.3-90.9% with a clear tendency towards increased germinate capacity over the past four years.

The relationship between the values of 1,000-seed weight and the seed germinate capacity has not been identified: low germination can be inherent in both small- and large-size seeds. Only for seeds with a germinate capacity of 85%, there was observed the largest number of 1,000-seed lots that had the weight of more than seven grams.

Among 488 homogeneous lots, seeds of quality classes I, II, III are distributed as follows: 37, 50, and 11%, respectively; the proportion of substandard seeds among the studied homogeneous lots is only 2%.

As a whole, in the forest stands of the western region of Ukraine, *Pinus sylvestris* produces high quality seeds, which ensures the successful cultivation of this valuable native species into forest plantations.

**Key words:** Scots pine; homogeneous seed lots; purity; 1,000-seed weight; germinate energy; germinate capacity; pathogen infestation; seed quality classes.

## Посевные качества семян *Pinus sylvestris* L. в насаждениях западного региона Украины

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

Для изучения динамики показателей посевных качеств семян *Pinus sylvestris* L. в условиях западного региона (Ивано-Франковская, Львовская, Тернопольская области) использованы результаты анализа семян древесного вида ОП «Львовская лесосеменная лаборатория». В течение 2010-2020 гг. лесосеменной лабораторией проведен анализ средних образцов, представляющих 488 однородные партии семян сосны обыкновенной при их общей массе 6,4 т. Ежегодно в среднем формировалось 41-45 однородных партий семян при средней массе партии 12,2-14,1 кг.

Масса однородных партий отличается значительной вариабельностью, что можно объяснить периодичностью семеношения сосны, погодными

условиями в период опыления и созревания семян, ограниченным количеством объектов постоянной лесосеменной базы, различным спросом на семена древесного вида в отдельные годы. В разные по урожайности годы минимальная масса однородных партий семян составляла 1,0 или 2,0, максимальная – 50 при среднем значении 9,8-20,7 кг.

Кроме того, общая масса однородных партий семян сосны на протяжении исследуемого периода также в значительной степени отличается (409-868 кг), что связано, прежде всего, с периодичностью семеношения породы, а также погодными условиями в тот или иной год исследования. Обычно, максимальные объемы семян сосны заготавливают в урожайный год, после чего объемы его заготовки снижаются вследствие как наступления слабоурожайных лет, так и вследствие наличия значительного запаса семян, которые сохраняют на протяжении 3-4 лет практически без потери всхожести. С массой однородных партий семян коррелирует и их количество – от 31 до 65 шт. ежегодно.

Однородные партии *Pinus sylvestris* на протяжении исследуемого периода характеризуются высоким показателем чистоты ( $X_{mid} = 96-96,5\%$ ) при минимальных значениях отдельных вариантов 90,5-91,0%. Средние значения массы 1000 семян остаются достаточно высокими и очень похожими (7,0-7,1 г) при минимальных значениях отдельных вариантов 5,1-5,9 и максимальных – 8,4-9,0 г при очень высокой точности опыта.

Среднее значение энергии прорастания семян *Pinus sylvestris* составляет 69,1-77,2%, однако во всех случаях наблюдается значительная изменчивость признака, свидетельствующего о неоднородности семенного материала вследствие его заготовки на разных лесосеменных объектах, различных сроков его хранения и различной технологии переработки. Среднее значение технической всхожести семян составляет 86,3-90,9% с наличием четкой тенденции к повышению всхожести в течение последних четырех лет.

Зависимости между показателями массы 1000 семян и их всхожестью не установлено: низкая всхожесть может быть присуща как мелким, так и крупным по размерам семенам. Только для семян со всхожестью 85% наибольшее количество проб в 1000 штук имеет массу более семи грамм.

Среди 488 однородных партий, семена I, II, III классов качества распределяются следующим образом: 37, 50 и 11%; некондиционные семена среди исследованных однородных партий занимают лишь 2%.

В целом, в насаждениях западного региона Украины *Pinus sylvestris* формирует семена высоко качества, обеспечивающего успешное культивирование этого ценного аборигенного вида в лесных насаждениях.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная; однородные партии семян; чистота; масса 1000 штук семян; энергия прорастания; всхожесть; заражение патогенами; классы качества семян.

<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> Веремчук Юрий Сергеевич – начальник ОП «Львовская лесосеменная лаборатория» ГО «Украинский лесной селекционный центр», ул. Чайковского, 17, г. Львов, 79000, Украина. Тел.: +38-032-261-09-18. E-mail: [lvivdzli@i.ua](mailto:lvivdzli@i.ua)



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412109>  
Article received 2021.02.03  
Article accepted 2021.06.10

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

УДК 630.165.6

## Популяційна мінливість морфологічних ознак жіночих репродуктивних органів *Quercus robur* L. у Лісостепу та Степу України

С. А. Лось<sup>1</sup>

Наведено результати вивчення популяційної мінливості *Quercus robur* L. у Лісостепу та Степу за довжиною плодоніжки, її формою та кількістю жолудів на ній. Досліджено 18 деревостанів природного та штучного походження у Харківській, Полтавській, Луганській, Донецькій і Кіровоградській областях. Деревостани природного походження представлені лісовими генетичними резерватами, штучного – переважно постійними лісонасінними ділянками. Зразки заготовляли під кронами дерев у кількості 30-100 штук (залежно від урожаю жолудів – по 1-2 з дерева) у кожному обстеженому виділі. Для порівняння мікропопуляцій за комплексом морфологічних і біометричних показників використано графічний метод побудови зображень морфотипів у програмі MC EXEL. Визначено рівні внутрішньо- та міжпопуляційної мінливості.

У природних деревостанах Харківської, Донецької і Луганської областей переважали дерева, для яких характерні плодоніжки завдовжки 2,1-5,0 см, тоді як у деревостанах природного походження в Кіровоградській області – 5,1-8,0 см. У насадженнях штучного походження на Кіровоградщині представлені дерева як з короткими, так і довгими плодоніжками.

Виявлено регіональні особливості щодо прямизни плодоніжки: у природних деревостанах Харківщини переважали дерева із прямими плодоніжками, а на Кіровоградщині – з децю викривленими. Серед штучних насаджень були такі, в яких переважали дерева з прямими плодоніжками (п'ять деревостанів), зі злегка викривленими плодоніжками (два деревостани) та з рівною часткою дерев обох цих груп (один деревостан). У природних деревостанах Харківщини та Донеччини переважали дерева з одним жолудем на плодоніжці, тоді як у природних деревостанах Кіровоградщини частоти трапляння дерев з одним та двома жолудями на плодоніжці приблизно однакова. У більшості штучних деревостанів Кіровоградщини переважали дерева з одним жолудем на плодоніжці.

У переважній більшості випадків недорозвинених зав'язей на плодоніжках не відзначено. Частка дерев, на плодоніжках яких було по одній недорозвиненій зав'язі, становила від 10,0 до 33,3%.

Рівень внутрішньопопуляційної мінливості за всіма показниками – від високого до дуже високого, міжпопуляційної – середній.

Для природних деревостанів *Quercus robur* L. у Харківській, Донецькій та Луганській областях характерне переважання дерев з відносно короткими прямими плодоніжками й одним жолудем на ній, тоді як у Кіровоградській – середньої довжини та з двома жолудями. Встановлено збільшення довжини плодоніжки та кількості жолудів на ній у напрямку зі сходу на захід. Штучним деревостанам притаманний вищий рівень мінливості за всіма показниками порівняно з природними.

**Ключові слова:** популяція; мінливість; плодоніжка; жолудь; зав'язь; бал; морфотип.

<sup>1</sup> Лось Світлана Анатоліївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, завідувачка 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](mailto:svitlana_los@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

**Вступ.** Рід *Quercus* вирізняється великою кількістю видів (Малеєв, 1936; Меницький, 1984; Nixon, 2002; Denk, Grimm, Manos, Deng, & Hipp, 2017; Tantray, & Wani, 2017) і природних міжвидових гібридів (Rushton, 1993). Для визначення таксонів, разом з молекулярно-генетичними методами, досі є актуальним використання морфологічних характеристик видів і форм. При цьому важливо визначити найвагоміші з них, що мають найвищу «розрізнявальну силу» між таксонами (Enescu, 2017). Серед багатьох морфологічних ознак представників роду *Quercus* для визначення видів одними з найважливіших вважають довжину плодоніжки (Малеєв, 1936; Nixon, 2002; Mehrnia, Nejdastari, Asadi, & Mehregan, 2013; Aykut, Emel, & Tekin, 2017). Так, за результатами досліджень, проведених у 20 дубових деревостанах *Quercus pubescens* Willd. та *Quercus virgiliana* (Ten.) Ten. у Румунії, серед декількох морфологічних характеристик найбільшу «розрізнявальну силу» показала саме ця ознака (Enescu, Curtu, & Șofletea, 2013). При складанні дихотомічного ключа для визначення цих видів, серед інших важливих показників було названо довжину плодоніжки і зазначено, що це – єдина ознака, за якою розрізняють дуби пухнастий та віргінський (Enescu, 2017). Її, разом з іншими морфологічними характеристиками, використовують для визначення не лише цих видів та їхніх гібридних форм (Dupouey 1983).

Дуже часто ознаку довжини плодоніжки використовують для розрізнення двох деревних видів – *Quercus robur* L. і *Quercus petraea* L. (Dupouey, 1983; Dupouey, & Badaeu, 1993). Відомо, що дуб звичайний вирізняється відносно довгою плодоніжкою, а дуб скельний – дуже короткою або її взагалі немає (синонімічна назва – дуб сидячоцвітий (*Quercus sessiliflora* Salisb.)).

Для дуба звичайного характерний високий внутрішньовидовий поліморфізм, зокрема і за довжиною плодоніжки, що підтверджено науковцями різних країн. Так, аналізуючи морфологічні характеристики звичайного та скельного дубів у Великій Британії, Шотландії та Югославії J. E. Cousens (1965) зазначав, що показники довжини плодоніжки дуба звичайного змінюються у межах від 1,0 до 4,0 см у Шотландії, до 9,0 см у Югославії і до 12,0 см у Великій Британії. Для дуба звичайного за цим показником виділяють декілька форм. У насадженнях України їх представленість найширше розглянуто у роботі В. М. Андрєєва (1927), яка і донині не втратила актуальності. Найпоширенішою є форма *f. typica* Beck. (1890), у якої довжина плодоніжки дорівнює половині довжини листка. Також виділяють форми з короткою плодоніжкою – *f. brevipes* Beck. (1890) (< 2 см) та *f. pseudosessilis* A. et G. (1857) (0,6-1,2 см). Першу форму зафіксував в районі Святогорська проф. В. М. Черняєв (1867) (Харківська область), а В. М. Андрєєв – у насадженнях Велико-Анадольського, Старобердянського лісництв (1926) (Донецька область) та в дендрологічних парках. Форму *f. pseudosessilis* A. et G. (1857)

було відзначено на Волині, у Рівненській і Сумській областях. Крім того, відомі форми *f. australis* Gurke. (1897), у якої плодоніжка дорівнює довжині листка та *f. longipedunculata* Gurke. (1897), у якої плодоніжка перевершує довжину листка. У представників *f. australis* зазвичай формується декілька жолудів (іноді 6-8 штук) і плодоніжка сягає іноді 13-17 см. Наявність цієї форми відзначали А. С. Мачинський у Тростянецькому л-ві на Сумщині і П. С. Погребняк на Волині. Форму *f. longipedunculata*, для якої характерна довжина плодоніжки до 16,5-25 см, описав П. С. Погребняк (1926) у Тростянецькому лісництві. За спостереженнями цього науковця, форми з короткими плодоніжками трапляються в Україні частіше, ніж з довгими. Також відзначено, що форми з довгими плодоніжками мають більшу кількість жолудів на них. У багатьох публікаціях (Погребняк, 1926; Мачинський, 1927; Кривошея, 1969; Кучеровський, 1988) описано форми дуба звичайного з різною довжиною плодоніжки. Водночас більшість подібних досліджень засвідчує наявність певних форм, не аналізуючи їх представленість у певних деревостанах або географічних регіонах.

Незважаючи на те, що морфологічні особливості дуба звичайного досліджують від початку ХХ століття, у більшості робіт під час вивчення морфології репродуктивних органів розглядають переважно розміри та форму жолудів. Так, аналізуючи популяційну мінливість цього виду, Л. Ф. Семеріков (1986) надає лише середні показники обстежених популяцій у східній частині ареалу (Верхнього Дону, Заволжя та південного Уралу), які змінюються у межах від 25 до 53,3 мм.

Серед сучасних популяційних досліджень дуба звичайного в Україні варто відзначити роботу А. А. Слепих та І. І. Коршикова (2017), які вивчали формове різноманіття жолудів на заповідних лісових територіях Донеччини. Автори відзначали високе варіювання довжини плодоніжки. Максимальний показник перевищував мінімальний в 1,2-5 разів. Для дерев дуба звичайного у деревостанах НПП «Святі гори», заповідника «Крейдяна флора» та заказника «Великоанадольський ліс» характерні плодоніжки завдовжки 38-43 мм, тоді як у РЛП «Донецький кряж», «Краматорський», «Клебан-бик» і заказник «Азовська дача» – 28-30 мм.

Показникам кількості та розташування жолудів і недорозвинених зав'язів на плодоніжці науковці приділяють мало уваги. Лише у роботі (Nixon, 1993) подано класифікацію роду *Quercus* за розташуванням на плодоніжках недорозвинених жолудів. Разом з тим, за результатами наших попередніх досліджень морфологічної мінливості плюсових дерев і клонів *Quercus robur* L. у Харківській області (Лось, Борисова, 2002) та на Поділлі (Los & Smachnuk, 2020), вони найбільше відрізнялися за довжиною плодоніжки, показниками її форми та кількості жолудів і недорозвинених зав'язів на ній, і саме ці ознаки було запропоновано використовувати для ідентифікації клонів. Довжина плодоніжки обстежених плюсових дерев і клонів на Поділлі



становила у середньому від 2,2 до 8,5 см, а кількість жолудів – від 1,0 до 2,5 штук.

Здійснені дослідження розширюють наявні дані щодо внутрішньо- та міжпопуляційної мінливості дуба звичайного за низкою важливих морфологічних ознак репродуктивних органів дерев, що може бути використано під час уточнення лісонасінного районування та розроблення стратегій збереження генофонду виду.

**Об'єкти та методика досліджень.** Об'єкт досліджень – фенотипова мінливість жіночих репродуктивних органів *Quercus robur* L. Предмет досліджень – характер мінливості природних і штучних мікропопуляцій *Quercus robur* L. за довжиною та формою плодоніжки, кількістю жолудів та недорозвинених зав'язів.

**Мета роботи** – проаналізувати мінливість природних і штучних мікропопуляцій *Quercus robur* L.

у Лісостепу і Степу за довжиною і формою плодоніжки та кількістю жолудів і недорозвинених зав'язів на ній.

Дослідження здійснено у 18-ти деревостанах дуба звичайного – переважно у Лісостепу (Кіровоградська, Полтавська, Харківська області). Деякі деревостани обстежено у степовій частині Кіровоградської, Луганської і Донецької областей (табл. 1, рис. 1). Деревостани природного походження представлені лісовими генетичними резерватами (ЛГР), штучного – переважно постійними лісонасінними ділянками (ПЛНД). У деяких випадках обстеження охоплені 2-3 сусідні виділи або квартали. Кожен обстежений деревостан розглядали як мікропопуляції. Зразки плодоніжок заготовляли під кронами дерев загалом по 30-100 штук, залежно від урожаю жолудів, у кожному обстеженому виділі.

Таблиця 1

## Коротка характеристика обстежених деревостанів дуба звичайного

Місце розташування деревостану		Вік, років	Походження	Статус об'єкта ПЛНБ
Лісництво	Квартал/виділ			
Кіровоградська область, ДП «Олександрівське лісове господарство»				
1. Бірківське	27/3	108	штучне	ЛГР
2. Червоно-Нерубаївське	57/1	111	природне	ЛГР
3. Червоно-Нерубаївське	64/1	146	природне	ЛГР
4. Червоно-Нерубаївське	90/4	138	штучне	ПЛНД
5. Червоно-Нерубаївське	90/5	138	штучне	ПЛНД
6. Червоно-Нерубаївське	90/6	138	штучне	ПЛНД
Кіровоградська область, ДП «Оникіївське лісове господарство»				
7. Ново-Українське	7/8	87	штучне	ПЛНД
Кіровоградська область, ДП «Чорноліське лісове господарство»				
8. Богданівське	42/1	87	штучне	ПЛНД
9. Чутянське	38/3	109	штучне	ПЛНД
10. Чутянське	40/1	106	природне	ЛГР
Полтавська область, ДП «Гадяцьке лісове господарство»				
11. Вельбівське	151/1	106	штучне	ПЛНД
12. Краснолуцьке	50/4	76	штучне	ПЛНД
Харківська область, НПП «Гомільшанські ліси»				
13. Гомільшанське	37/1	147	природне	ЛГР
14. Гомільшанське	38/1	152	природне	ЛГР
15. Гомільшанське	43/2	142	природне	ЛГР, ПН
Харківська область, ДП «Вовчанське лісове господарство»				
16. Хотомлянське	94/1	133	природне	ЛГР
Донецька область, ДП «Слов'янське лісове господарство»				
17. Маяцьке	34/2	121	природне	ЛГР
Луганська область, ДП «Новоайдарське лісове господарство»				
18. Слов'яносербське	107, 108	117	природне	ЛГР

Дослідження виконано в кожному деревостані одноразово з огляду на те, що за спостереженнями минулих років на КНП показники кількості жолудів і недорозвинених зав'язів на окремій плодоніжці для клонів досить стабільні ознаки (Лось, Борисова, 2002). Погодні умови, безумовно, впливають на рясність плоношення, але у дуба це спричиняє зменшення або збільшення кількості суцвіть і суцплідь на окремій гілці і як наслідок – у кроні дерева.

Для кожної плодоніжки визначено чотири показники – довжину, прямизну, кількість розвинених

жолудів та кількість недорозвинених зав'язей на ній (Los & Smachnuk, 2020). Довжину плодоніжки вимірювали лінійкою. Вибірки обраховували методами варіаційної статистики з використанням пакету програм MS EXCEL. Аналізували також розподіл значень ознак для кожної мікропопуляції. З огляду на високий рівень варіювання (коефіцієнти варіації для більшості вибірок були понад 30%) і обмежену можливість використання параметричної статистики, всі ознаки для кожної мікропопуляції оцінили в балах за шкалами, наведеними у табл. 2.

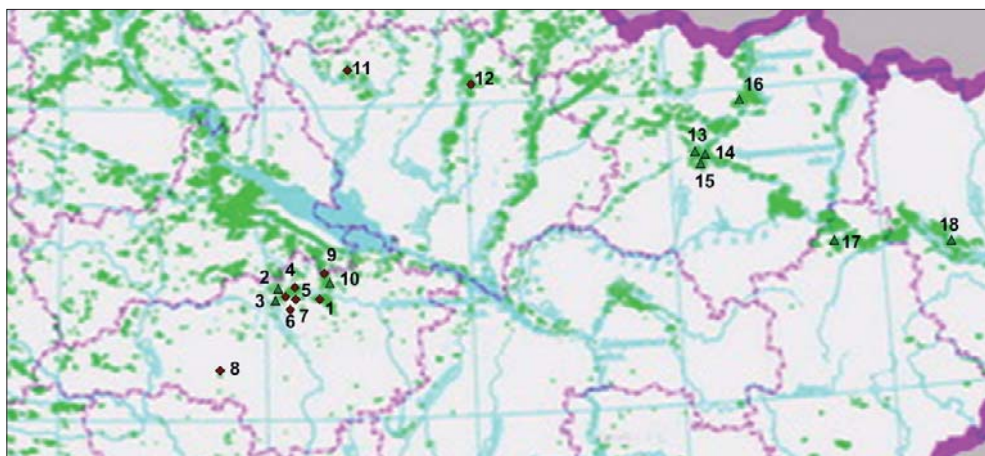


Рис. 1. Розташування обстежених деревостанів природного (▲) і штучного походження (◆) (номери згідно з табл. 1)

Таблиця 2

**Балове оцінювання морфологічних показників жіночих репродуктивних органів дуба звичайного (Los & Smachnuk, 2020)**

Показник	Бал				
	1	2	3	4	5
Довжина плодоніжки (ДП)	2,0 см	2,1-5,0 см	5,1-8,0 см	8,1-11,0 см	≥ 11,1 см
Прямизна плодоніжки (ПП)	пряма	злегка викривлена	середньо викривлена	викривлена (колінчаста)	дуже колінчаста
Кількість жолудів на плодоніжці (КЖ)	1,0-1,4	1,5-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	>3
Кількість недорозвинених зав'язей на плодоніжці (КНЗ)	<1	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-4,0	>4

Рівень мінливості морфологічних ознак оцінювали за шкалою С. О. Мамаєва (Мамаєв, 1972): дуже низький (CV < 7%); низький (CV = 8-12%); середній (CV = 13-20%); підвищений (CV = 21-30%); високий (CV = 31-40%); дуже високий (CV > 40%). Для порівняння мікропопуляцій за комплексом вивчених морфологічних та кількісних ознак використано графічний метод побудови зображень морфотипів з використанням кругових пелюсткових діаграм у програмі MS EXCEL (Los & Smachnuk, 2020).

**Результати та обговорення.** З огляду на те, що середній показник характеризує деревостан загалом, але не надає інформації про внутрішньопопуляційну мінливість за певною ознакою, під час аналізування передусім розглядали фактичний розподіл значень кожного з показників.

Так, розглядаючи показники довжини плодоніжки у природних деревостанах Лівобережного Лісостепу та Степу, бачимо (рис. 2, А), що в усіх шести випадках (генетичні резервати у Хотомлянському, Гомільшанському, Маяцькому та Слов'яносербському лісництвах) для більшості плодоніжок характерна довжина від 2,1 до 5,0 см. Усі графіки розподілу дерев за цими показниками характеризуються позитивною асиметрією. Частка плодоніжок < 2 см становила від 6,6 до 12,7%, 10-33,3% дерев мали плодоніжки завдовжки від 5,1 до 8,0 см. Частка дерев з довшими плодоніжками становила менше 10%. Отримані дані не суперечать результатам досліджень популяції дуба на Донеччині (Слепых, Коршиков, 2017), які зафіксували середню довжину плодоніжки 38-43 мм. Рівень вну-

трішньопопуляційної мінливості – високий і дуже високий ( $CV = 38,0-87,8\%$ ).

Характер розподілу дерев за цим показником у двох штучних деревостанах Лівобережжя дуже різниться між собою (див. рис. 2, Б). Якщо розподіл показників насаджень у Краснолуцькому лісництві подібний до описаних вище природних деревостанів, то насаджень у Вільбівському лісництві характеризується рівними частками дерев з плодоніжками завдовжки 2,1-5,0 і 5,1-8,0 см (33%). При цьому частки дерев з дуже короткими (< 2 см) і довгими (> 8,0 см) плодоніжками становлять приблизно третину від загальної кількості дерев. Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – дуже високий ( $CV = 49,8-49,9\%$ ). Характер розподілу дерев за цією ознакою у деревостанах генетичних резерватів природного походження на Правобережжі (Кіровоградська область) має дещо інший вигляд, ніж

на Лівобережжі (див. рис. 2, В). Так, в усіх трьох деревостанах переважають дерева із плодоніжками завдовжки 5,1-8,0 см. Частка дерев з плодоніжками завдовжки від 2,1 до 5,0 см становила 13,2-33,3%. Приблизно на такому самому рівні частка дерев з плодоніжками > 8,0 см. Графіки розподілу майже симетричні, розподіл наближається до нормального. Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – високий ( $CV = 30,0-34,0\%$ ).

Серед штучних деревостанів Кіровоградщини (див. рис. 2, Г) умовно виділено три групи:

- з переважанням дерев із плодоніжками завдовжки 2,1-5 см (Червоно-Нерубаївське л-во, кв. 90);
- з переважанням дерев із плодоніжками завдовжки 5,1-8,0 см (Бірківське, Ново-Українське і Чутянське лісництва);
- з рівною часткою дерев обох цих груп (Богданівське л-во).

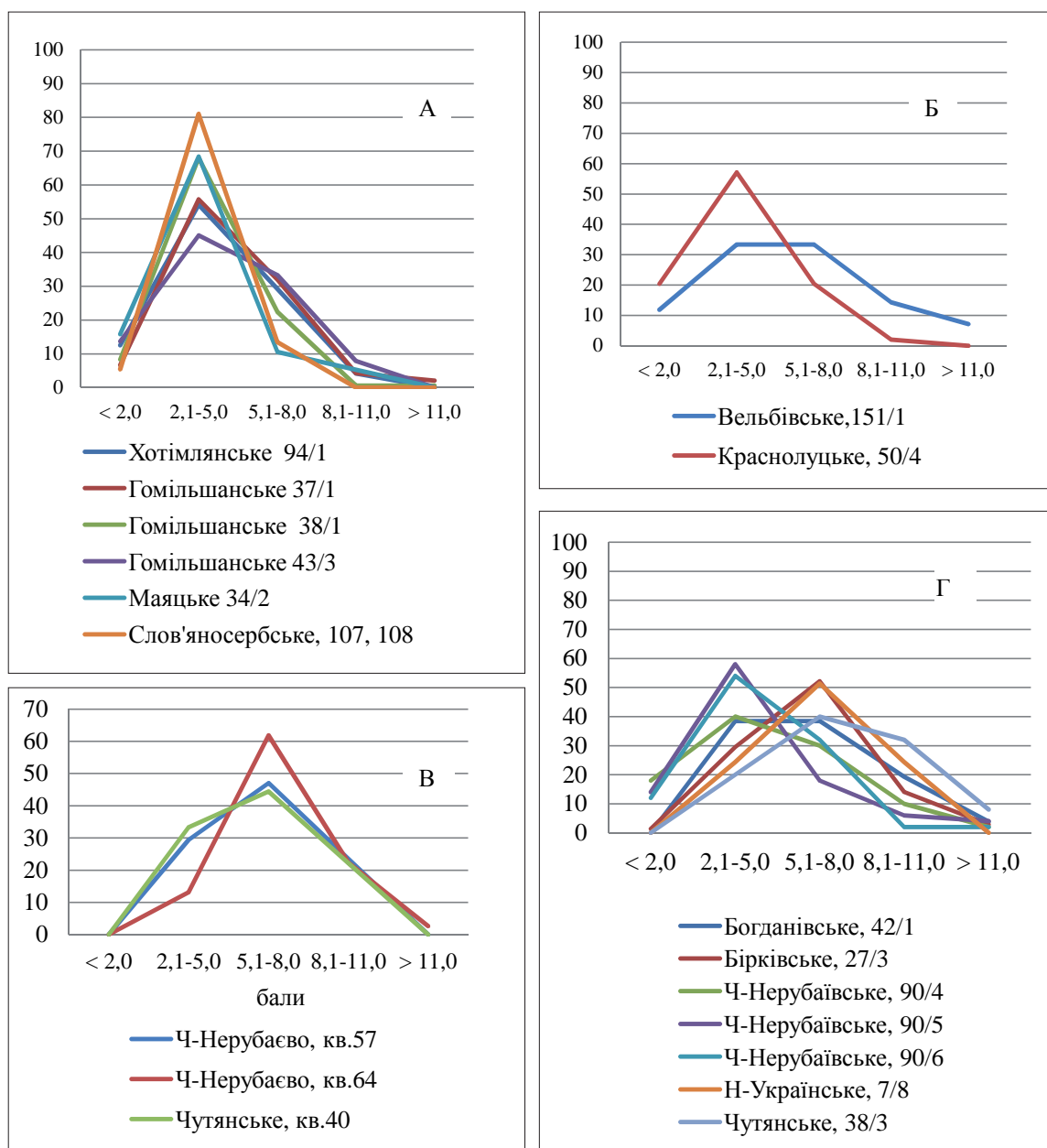


Рис. 2. Розподіл дерев у природних (А, В) і штучних (Б, Г) деревостанах за довжиною плодоніжки



Рівень внутрішньопопуляційної мінливості переважно високий ( $CV = 29,3-38,1\%$ ). Винятком є ПЛНД у виділах 4, 5 і 6 кв. 90 Червоно-Нерубаївського лісництва, де рівень мінливості дуже високий ( $CV = 47,4-61,3\%$ ). Водночас рівень міжпопуляційної мінливості довжини плодоніжок середній ( $CV = 20,8\%$ ).

В усіх обстежених деревостанах траплялися дерева з плодоніжками різної форми – від прямої до дуже колінчастої (рис. 3). При цьому в природних деревостанах Харківщини переважали дерева із прямими плодоніжками (20,0-70,8%), найбільшу частку яких виявлено у Хотімлянському лісництві,

найменшу – у кв. 43, в. 3 Гомільшанського лісництва (рис. 3, А). В останньому деревостані відзначено і досить високу частку дерев з довгими плодоніжками ( $> 11,1$  см). Рівень внутрішньопопуляційної мінливості здебільшого дуже високий ( $CV = 40,7-50,6\%$ ).

Деревостан у Маяцькому лісництві вирізнявся дуже високою часткою дерев зі злегка викривленою плодоніжкою (60%). У Слов'яносербському лісництві переважали дерева з прямими, злегка та середньо викривленими плодоніжками (див. рис. 3, А). Рівень внутрішньопопуляційної мінливості високий і дуже високий ( $CV = 37,0$  і  $45,2\%$ ).

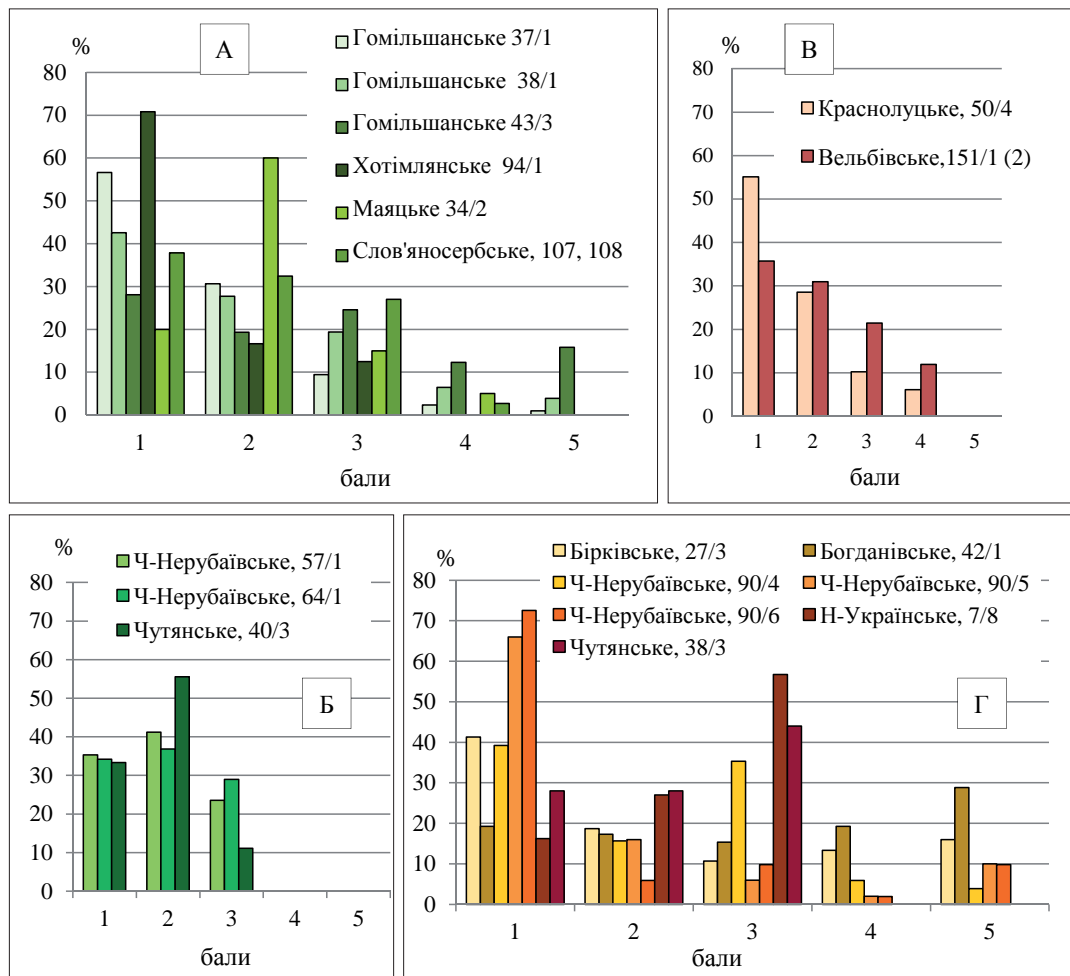


Рис. 3. Розподіл дерев у природних (А, Б) і штучних (В, Г) деревостанах за прямизною плодоніжки

Штучні деревостани Полтавщини (рис. 3, Б) вирізнялися переважанням дерев із прямими плодоніжками (35,7 і 55,1%). Приблизно третина дерев у них була зі злегка викривленими плодоніжками (31,0 і 28,6%). Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – від високого до дуже високого ( $CV = 49,2-53,7\%$ ).

У природних деревостанах Кіровоградщини (рис. 3, В) переважали дерева зі злегка викривленою плодоніжкою. Дерев із прямими плодоніжками траплялися у 35% випадків. При цьому дерев з колінчастими плодоніжками не виявлено. Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – високий і дуже високий ( $CV = 37,5-41,5\%$ ).

Штучні деревостани Кіровоградської області (рис. 3, Г) за зазначеною ознакою умовно розподілено на три групи:

- з переважанням дерев із прямими плодоніжками у плодів (Червоно-Нерубаївське л-во, кв. 90 та Бірківське лісництво, кв 27);
- з переважанням плодів дерев із середньо викривленими плодоніжками (Ново-Українське, Чутянське лісництва);
- з рівною часткою дерев обох попередніх груп і переважанням дуже колінчастих плодоніжок (Богданівське л-во).

Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – від високого до дуже високого ( $CV = 39,4-75,7\%$ ). Рівень міжпопуляційної мінливості – середній ( $CV = 16,8\%$ ).

Кількість нормально розвинених жолудів на плодоніжках в обстежених деревостанах змінювалася від 1 до 5. При цьому розподіл за частотою трапляння як у природних, так і штучних деревостанах, на Лівобережжі був дуже подібний (рис. 4, А, Б). Переважали дерева з одним жолудем на плодоніжці (64,5-82,1%). Дерев з трьома-чотирма жолудями на плодоніжці траплялися дуже рідко – переважно до 5%. Винятком є кв. 43 у Гомільшан-

ському лісництві, де відзначено 10% таких дерев. Внутрішньопопуляційна мінливість – дуже висока ( $CV = 41,6-58,6\%$ ).

Аналізуючи баловий розподіл показника у природних деревостанах Кіровоградщини (рис. 4, В) потрібно відзначити їхню подібність при відмінності від попередніх груп (див. рис. 4, А, Б). Зокрема, частота трапляння дерев з одним та двома жолудями на плодоніжці приблизно однакова, при цьому наявна незначна частка дерев з чотирма жолудями на плодоніжці. Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – високий і дуже високий ( $CV = 37,5-46,7\%$ ).

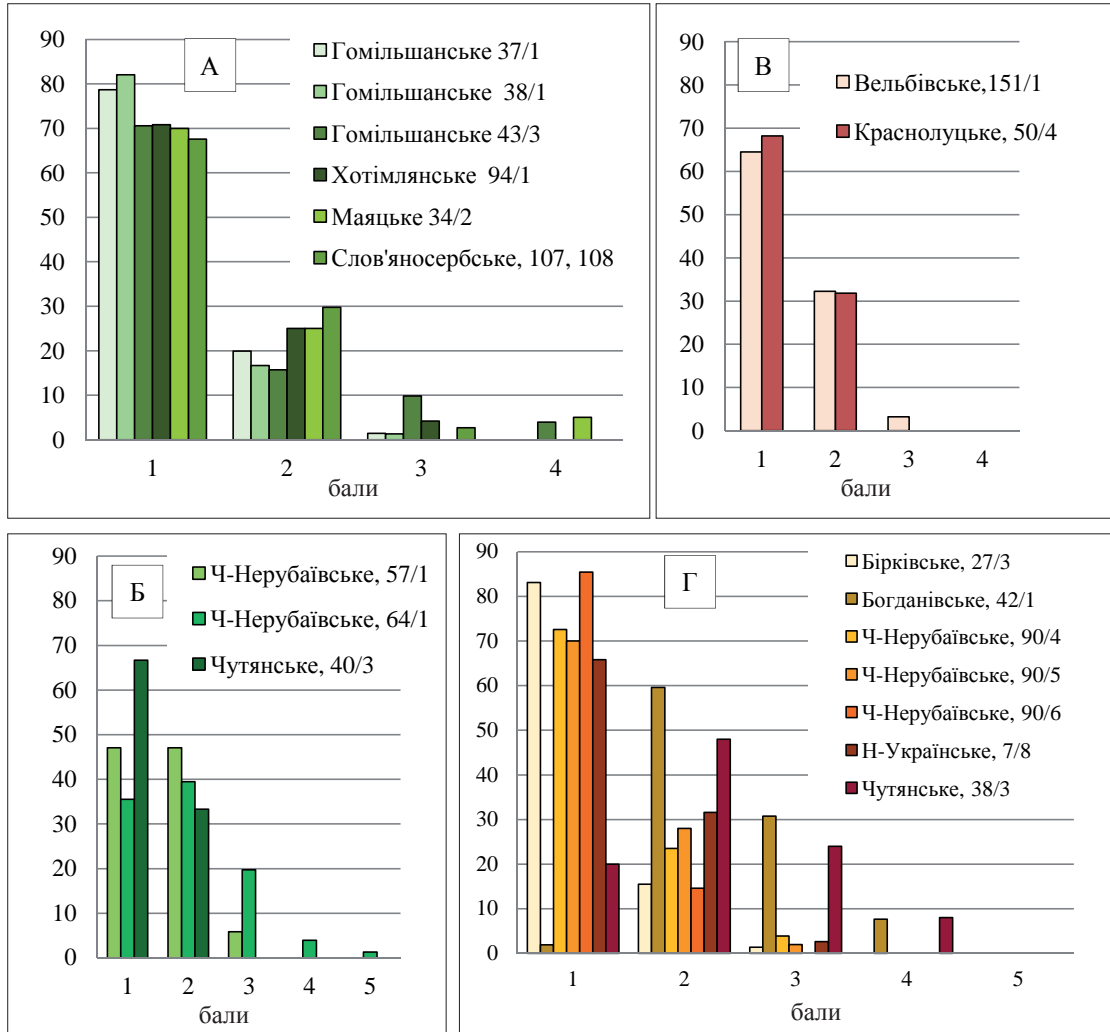


Рис. 4. Розподіл дерев у природних (А, Б) і штучних (В, Г) деревостанах за кількістю жолудів на плодоніжках (%)

Штучні деревостани Кіровоградської області за кількістю нормально розвинених жолудів на плодоніжках різнилися (рис. 4, Г). Здебільшого в обстежених деревостанах переважали дерева з одним жолудем на плодоніжці і лише у двох (Богданівське лісництво і Чутянське лісництво, кв. 38) – із двома. Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – високий і дуже високий ( $CV = 31,0-46,4\%$ ). Коефіцієнт варіації між популяціями (21,3%) вказує на підвищений рівень міжпопуляційної мінливості. Кількість недорозвинених зав'язей на плодоніжках в

усіх обстежених деревостанах становила від 0 до 6 шт. (рис. 5).

Розподіл за частотою трапляння дерев з певною кількістю недорозвинених зав'язей на плодоніжках у всіх деревостанах досить подібний. Здебільшого на плодоніжках не було недорозвинених зав'язей. Частка дерев, на плодоніжках яких було по одній недорозвиненій зав'язі, становила від 10,0 до 37,3%, а таких, на плодоніжках яких було по дві і більше зав'язей, – не перевищувала 10%, за винятком чотирьох деревостанів (одного природно-

го і трьох штучних у Кіровоградській області) (див. рис. 5). Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – дуже високий. При цьому рівень міжпопуляційної мінливості також дуже високий ( $CV = 44,4\%$ ).

Порівняльну характеристику обстежених мікропопуляцій за чотирма показниками у балах подано

у табл. 3. Для кожного обстеженого деревостану за середніми показниками, оціненими у балах, було побудовано пелюсткові діаграми морфотипів. Для деяких мікропопуляцій показники виявилися ідентичними, що дало змогу згрупувати деревостани за морфотипами (рис. 6).

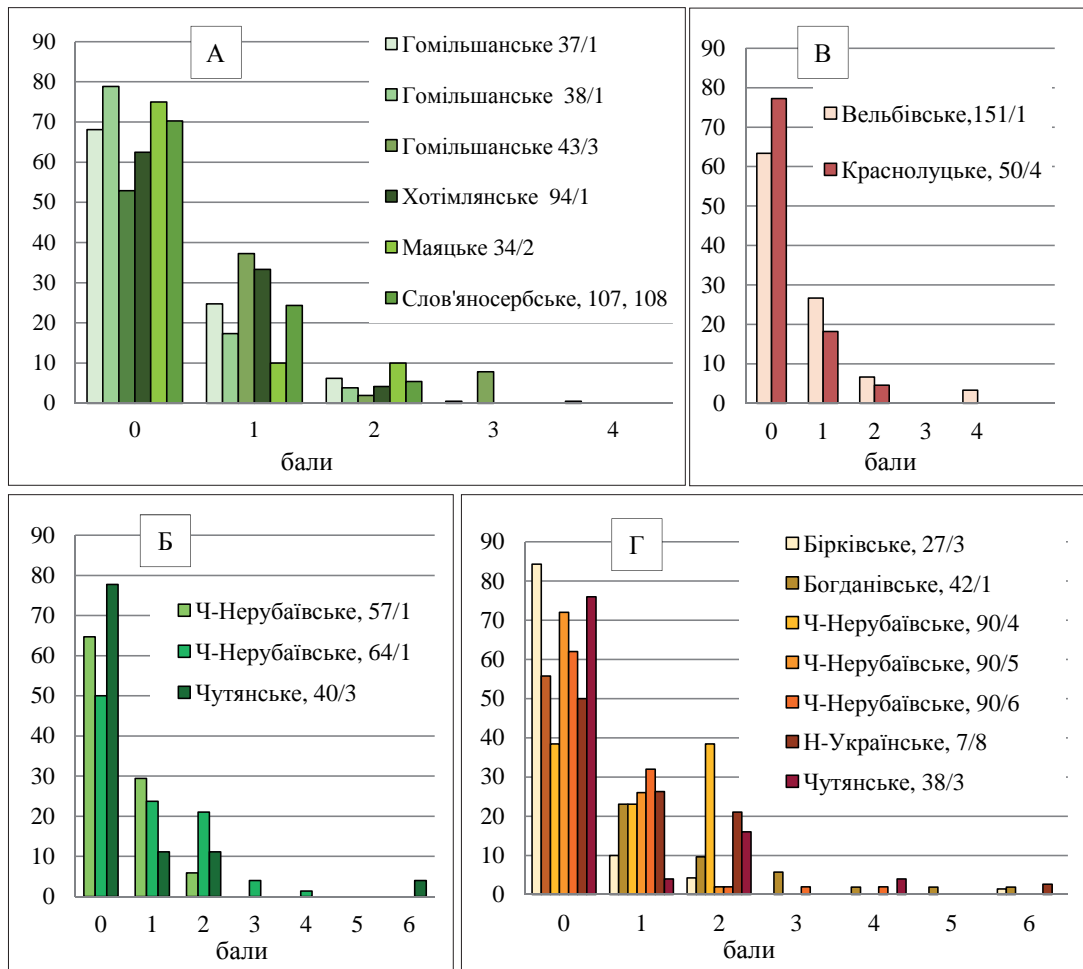


Рис. 5. Розподіл дерев у природних (А, Б) і штучних (В, Г) деревостанах за кількістю недорозвинених зав'язей на плодоніжках (%)

Таблиця 3

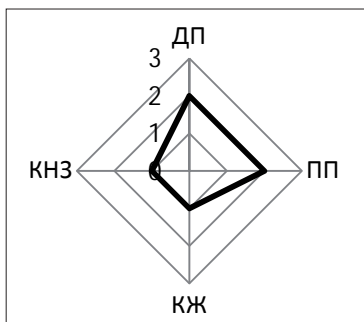
**Морфологічні характеристики обстежених мікропопуляцій у балах**

Лісництво, кв./вид.	Довжина плодоніжки, см	Прямузна плодоніжки, бали	Кількість жолудів, шт.	Кількість недорозвинених зав'язей, шт.
1	2	3	4	5
Кіровоградська область, природні деревостани				
Червоно-Нерубаївське, 57/1	3	1	2	1
Червоно-Нерубаївське, 64/1	3	2	2	1
Чутянське, 40/3	3	2	1	1
Полтавська область, штучні деревостани				
Вельбівське, 151/1	3	2	1	1
Краснолуцьке, 50/4	2	2	1	1
Кіровоградська область, штучні деревостани				
Бірківське, 27/3	3	2	2	1

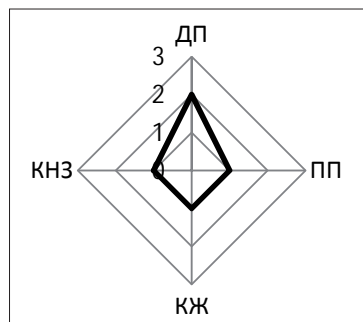


Продовж. табл. 3

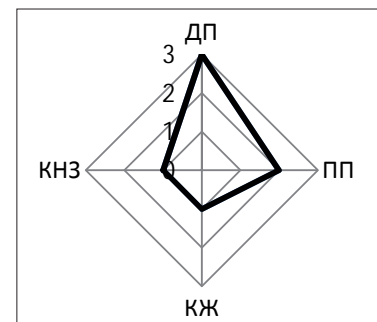
1	2	3	4	5
Богданівське, 42/1	3	2	2	1
Червоно-Нерубаївське, 90/4	2	2	1	1
Червоно-Нерубаївське, 90/5	2	2	1	1
Червоно-Нерубаївське, 90/6	2	2	1	1
Ново-Українське, 7/8	3	3	1	1
Чутянське, 38/3	3	2	3	1
Харківська область, природні деревостани				
Гомільшанське, 37/1	3	2	1	1
Гомільшанське, 38/1	2	1	1	1
Гомільшанське, 43/3	2	2	1	1
Хотімлянське, 94/1	2	2	1	1
Донецька область, природний деревостан				
Маяцьке, 34/2	2	2	1	1
Луганська область, природний деревостан				
Слов'яносербське, 107, 108	2	2	1	1



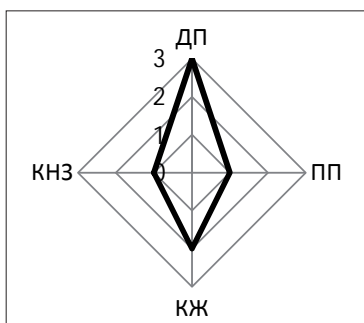
А. Гомільшанське 43/3 \*;  
Хотімлянське 94/1 \*; Маяцьке 34/2 \*;  
Ч-Нерубаївське, 90/4, 5, 6;  
Краснолуцьке, 50/4;  
Слов'яносербське, 107/1 \*



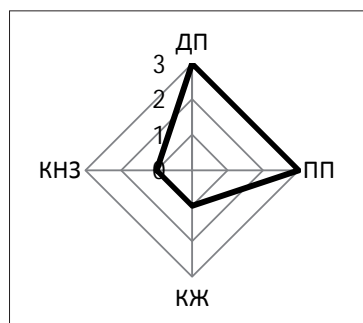
Б. Гомільшанське 38/1 \*



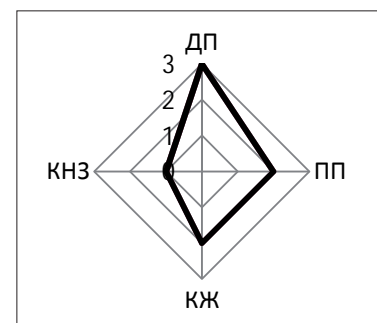
В. Чутянське, 40/3 \*;  
Гомільшанське 37/1 \*;  
Вельбівське, 151/1



Г. Ч-Нерубаївське, 57/1 \*



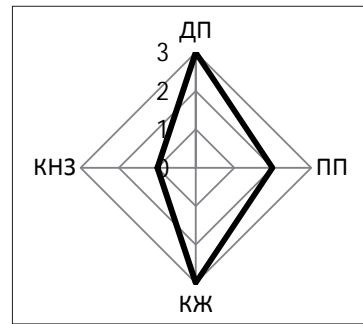
Д. Н-Українське, 7/8



Ж. Ч-Нерубаївське, 64/1 \*  
Бірківське, 27/3, Богданівське, 42/1

Рис. 6 (початок). Групування обстежених деревостанів *Quercus robur* L. за морфотипами

ДП – довжина плодоніжки,  
 ПП – прямизна плодоніжки,  
 КЖ – кількість жолудів на плодоніжці,  
 КНЗ – кількість недорозвинених зав'язів  
 \* – деревостани природного походження



З. Чутянське, 38/3

Рис. 6 (продовження). Групування обстежених деревостанів *Quercus robur* L. за морфотипами

Аналізуючи дані табл. 3 та рис. 6, варто відзначити, що у деревостанах природного походження Харківської області переважають дерева з відносно короткими прямими плодоніжками та одним жолудем на них. Тоді як для природних деревостанів Кіровоградської області характерні плодоніжки середньої довжини з двома жолудями. Для штучних деревостанів певних закономірностей не відзначе-

но, але виявлено вищий рівень мінливості за всіма показниками порівняно з природними.

Накладання морфотипів природних деревостанів на карту демонструє виявлені регіональні особливості популяційного характеру (рис. 7). А саме: збільшення довжини плодоніжки та кількості жолудів на ньому у дерев з просуванням зі сходу на захід.

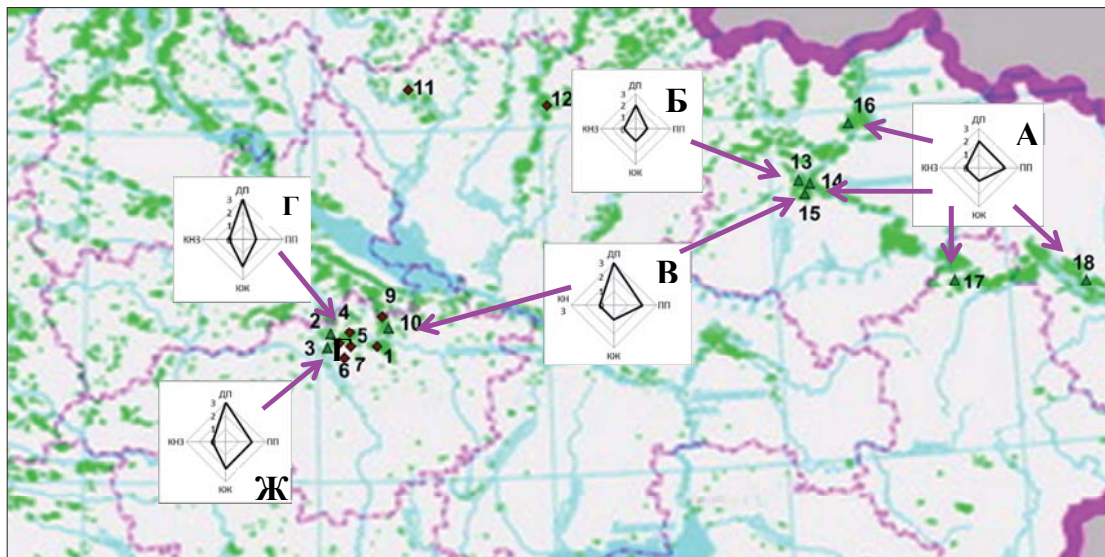


Рис. 7. Морфотипи природних мікропопуляцій *Quercus robur* L.

Звичайно, отримані результати дещо попередні і дослідження варто продовжити, залучивши більшу кількість природних деревостанів і розширивши географію їхнього розташування.

**Висновки.** Аналіз показників довжини плодоніжки у Лісостепу і Степу України засвідчив, що у природних деревостанах генетичних резерватів Харківської, Донецької і Луганської областей переважали дерева із плодоніжками завдовжки 2,1-5,0 см, тоді як у деревостанах генетичних резерватів природного походження Кіровоградської області – 5,1-8,0 см. У деревостанах штучного походження на Кіровоградщині певної закономірності не виявлено. В трьох деревостанах переважали дерева з плодоніжками завдовжки 2,1-5 см, у трьох інших – 5,1-8,0 см, і лише в одному – з рівною часткою дерев обох цих груп. Рівень внутрішньопопуляційної

мінливості – високий або дуже високий, міжпопуляційної – середній.

За прямизною плодоніжки суттєвих відмінностей між популяціями не виявлено, але відзначено певні особливості. Так, у природних деревостанах Харківщини переважали дерева із прямими плодоніжками, а на Кіровоградщині – зі злегка викривленими. Серед штучних насаджень були такі, в яких переважали дерева із прямими плодоніжками (п'ять деревостанів), з переважанням дерев зі злегка викривленими плодоніжками (два деревостани) та з рівною часткою дерев обох цих груп (один деревостан). Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – від високого до дуже високого, міжпопуляційної – переважно середній.

Відзначено, що в природних деревостанах Харківщини та Донеччини переважали дерева з одним

жолудем на плодоніжці, тоді як у природних деревостанах Кіровоградщини частота трапляння дерев з одним та двома жолудями на плодоніжці приблизно однакова. У більшості штучних деревостанів Кіровоградщини переважали дерева з одним жолудем на плодоніжці.

У переважній більшості деревостанів не виявлено недорозвинених зав'язей на плодоніжках. Частка дерев у деревостані, на плодоніжках яких утворилося по одній недорозвиненій зав'язі, становила від 10,0 до 33,3%. Рівень внутрішньопопуляційної мінливості – дуже високий, міжпопуляційної – середній.

Для природних деревостанів дуба звичайного в Харківській, Донецькій та Луганській областях характерне переважання дерев з відносно короткою прямою плодоніжкою і одним жолудем на ній, тоді як у Кіровоградській – середньої довжини із двома жолудями. Виявлено збільшення довжини плодоніжки та кількості жолудів на ній із просуванням у напрямку зі сходу на захід.

Штучним деревостанам притаманний вищий рівень мінливості за всіма показниками порівняно з природними.

### Список літератури

- Андреев В.Н. (1927-1928). Гомологические ряды некоторых Дубов. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*, XVIII, 2, 371-454. [Andreev V.N. (1927-1928). Homological row of some Oak. *Works in applied botany, genetics and breeding*, XVIII(2), 371-454] (in Russian)
- Кривошея А.Н. (1969). Фенологические формы и изменчивость морфологических признаков дуба обыкновенного. *Труды Харьковского с.-х. ин-та им. В.В. Докучаева*, 86(123), 111-117. [Krivoshеya, A.N. (1969). Phenological forms and variability of morphological characters of common oak. *Work of Kharkiv agrarian institute named after V.V. Dokuchaev*, 86(123), 111-117] (in Russian)
- Кучеровский В.В. (1988). Внутривидовая изменчивость и формовое разнообразие дуба обыкновенного в условиях юго-востока Украины: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.05. Донецк. [Kucherevsky, V.V. (1988). Intraspecific variability and form diversity of English oak under conditions of southeastern. Phd thesis of agricultural sciences: 03.00.05 Donetsk] (in Russian)
- Лось С.А. (2009). Методичні підходи до вивчення індивідуальної мінливості дуба звичайного (*Quercus robur* L.) за морфологічними ознаками жіночих репродуктивних структур. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 115, 20-27. [Los, S. (2009). Methodic approach to investigation of English oak (*Quercus robur* L.) individual variability by morphology of female reproductive structures. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 20-27. Retrieved from <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/16411>] (in Ukrainian)
- Лось С.А., Борисова В.В. (2002). Методичні підходи до вивчення мінливості дуба звичайного за морфологічними ознаками. *Вісник Харківського національного аграр. ун-ту*. №2. С. 74-79. [Los, S.A., & Borysova, V.V. (2002). Methodological approaches to study variability of *Quercus robur* L. morphological traits. *Bulletin Kharkiv National Agrarian University*, 2, 74-79] (in Ukrainian)
- Малеєв В.П. (1936). *Род Quercus. Флора СССР*. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 322-353. [Maleev, V.P. (1936). *Genus Quercus. Flora of the USSR*. Moscow-Leningrad: Academy of Sciences of the USSR] (in Russian)
- Мамаєв С.А. (1972). Формы внутривидовой изменчивости древесных пород. Москва: Наука, 283 с. [Mamaev, S.A. (1972). *Forms of intraspecific variability of tree species*. Moscow: Sciences] (in Russian)
- Мачинский А.С. (1927). О расах дуба. *Лесоведение и лесоводство*, 4, 34-66. [Machinsky, A.S. (1927). About the races of the oak. *Forest science and forestry*, 4, 34-66] (in Russian)
- Меницкий Ю.Л. (1984). *Дубы Азии*. Ленинград: Наука, 314 с. [Menitsky, Y.L. (1984). *Oaks of Asia*. Leningrad: Sciences] (in Russian)
- Погребняк П.С. (1926). Опыт исследования расового состава *Quercus robur* L. (обыкновенного дуба) в Тростянецком лесничестве на Украине. *Лесоведение и лесоводство*, 3, 40-45. [Pogrebnyak, P.S. (1926). The experience of studying the racial composition of *Quercus robur* L. (English oak) in Trostyansky forestry in Ukraine. *Forest science and forestry*, 3, 40-45] (in Russian)
- Семериков Л.Ф. (1986). *Популяционная структура древесных растений: на примере видов дуба Европейской части СССР и Кавказа*. Москва: Наука, 140 с. [Semerikov, L.F. (1986). *Population structure of woody plants: on the example of oak species of the European part of the USSR and the Caucasus*. Moscow: Science] (in Russian)
- Слепых А.А., Коршиков И.И. (2017). Плодоношение дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) и формовое разнообразие желудей в природных и искусственных дубравах Юго-востока Украины. *Вісник ОНУ. Біологія*, 22, 2(41), 21-37. [Slepykh, A.A., & Korshikov, I.I. (2017). Fruiting of English oak (*Quercus robur* L.) and acorns forms diversity in natural and artificial oak forests of the South-East of Ukraine. *Bulletin ONU. Biology*, 22, 2(41), 21-37. [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2017.2\(41\).113768](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2017.2(41).113768)] (in Russian)
- Айкут, У., Емел, У., & Текін, В.М. (2017). Morphological variability of evergreen oaks (*Quercus*) in Turkey. *Bangladesh Journal of Plant Taxonomy*, 24(1), 39-47. <https://doi.org/10.3329/bjpt.v24i1.33004>
- Cousens, J.E. (1965). The status of the pedunculate and sessile oaks in Britain. *Watsonia*, 6(3), 161-176. Retrieved from <http://archive.bsbi.org.uk/Wats6p161.pdf>
- Denk, T., Grimm, G.W., Manos, P., Deng, M., & Hipp, A. (2017) An updated infrageneric classifi-



- cation of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/168146>
- Dupouey, J.L. (1983). Analyse multivariable de quelques caractères morphologiques de populations de chênes (*Quercus robur* L. et *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) du Hurepoix. *Annales des sciences forestières*, 40(3), 265-282. [Dupouey, J.L. (1983). Multivariate analysis of some morphological characteristics of oaks populations (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) in Hurepoix. *Annals of Forest Sciences*, 40(3), 265-282. <https://doi.org/10.1051/forest:19830303>] (in Franch)
- Dupouey, J.L., & Badeau, V. (1993). Morphological variability of oaks (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt) Liebl., *Quercus pubescens* Willd) in northeastern France: preliminary results. *Annales des sciences forestières*, INRA/EDP Sciences, 50 (Suppl1), 35-40. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00882873/document>
- Enescu, C.M., Curtu, A.L., & Șofletea, N. (2013). Is *Quercus virgiliana* a distinct morphological and genetic entity among European white oaks? *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37, 632-641. <https://doi.org/10.3906/tar-1210-28>
- Enescu, C.M. (2017). A dichotomous determination key for autochthonous oak species from Romania. *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, 21 (4), 58-62. Retrieved from [https://journal-hfb.usab-tm.ro/2017/Lucrari%20PDF%2021\(4\)/12Enescu%20Mihai.pdf](https://journal-hfb.usab-tm.ro/2017/Lucrari%20PDF%2021(4)/12Enescu%20Mihai.pdf)
- Los, S., & Smashnuk, L. (2020). Morphological variability of *Quercus robur* L. plus trees and clones in Podillia. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 107-119. <https://doi.org/10.15421/412010>
- Mehrnia, M., Nejadstattari, T., Assadi, M., & Mehregan, I. (2013). Taxonomic study of the genus *Quercus* L. Sect. *Quercus* in the Zagros forests of Iran. *The Iranian Journal of Botany*, 19(1), 62-74. Retrieved from [https://ijb.areeo.ac.ir/article\\_2996\\_10523c96a0a48a907218499756bfe8ad.pdf](https://ijb.areeo.ac.ir/article_2996_10523c96a0a48a907218499756bfe8ad.pdf)
- Nixon, K. (1993). Infrageneric classification of *Quercus* (*Fagaceae*) and typification of sectional names. *Annals of Forest Science*, 50, 25-34. <https://doi.org/10.1051/FOREST:19930701CorpusID:85381128>
- Nixon, K. C. (2002). The Oak (*Quercus*) Biodiversity of California and Adjacent Regions. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.* PSW-GTR-184. Retrieved from [https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/gtr-184/001\\_Nixon.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/gtr-184/001_Nixon.pdf)
- Rushton, B. (1993). Natural hybridization within the genus *Quercus* L. *Annales des sciences forestières*, 50, 73-90. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00882878/document>
- Tantray, Y., & Wani, S. (2017). Genus *Quercus*: An Overview. *International journal of advanced research in science engineering*, 6, 08, 1880-1886. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/327673412\\_Genus\\_Quercus\\_An\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/327673412_Genus_Quercus_An_Overview)

## Population variability of English oak (*Quercus robur* L.) reproductive organs morphological features in the Forest-Steppe and Steppe of Ukraine

S. Los<sup>1</sup>

The results of population variability study for English oak (*Quercus robur* L.) by the peduncle length, its form and the number of acorns on it in Forest-steppe and Steppe are presented. 18 stands of natural and artificial origin (planted forest) in Kharkiv, Poltava, Luhansk, Donetsk and Kirovograd, regions were studied. The stands of natural origin are represented by forest genetic reserves, artificial – mostly forest seed stands. Samples of peduncles were harvested under the crown of trees in the amount of 30-100 pieces (depending on the acorn harvest) in each observed plot. To compare micropopulations by a set of morphological indicators, a graphical method of constructing images of morphotypes in the MS Excel program was used. The levels of intra- and interpopulation variability on all features were determined.

The analysis of peduncle length showed that in natural stands of Kharkiv, Donetsk and Luhansk regions dominated trees with peduncle length 2.1-5.0 cm, while in stands of natural origin of Kirovograd region – the trees with peduncle length 5.1-8.0 cm. Any pattern was found in the artificial stands in Kirovograd region.

The regional peculiarities regarding the straightness of peduncles were revealed: trees with straight peduncles predominated in the natural stands of Kharkiv region. and in the Kirovograd region – with slightly distorted. Artificial plantations were dominated by trees with straight peduncles (five stands), with a predominance of trees with slightly curved peduncles (two stands) and with an equal share of trees in both groups (one stand).

It is found that in the natural stands of Kharkiv and Donetsk regions trees with one acorn on the peduncles predominated, while in the natural stands of Kirovograd region the frequency of trees with one and two acorns on the peduncles is approximately the same. Most of the artificial stands in the Kirovograd region were dominated by trees with one acorn on the peduncles.

<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](mailto:svitlana_los@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

In the vast majority of cases, underdeveloped ovaries are not observed on the peduncles. The share of trees with 1 underdeveloped ovary on the peduncles ranged from 10.0 to 33.3%.

The level of intrapopulation variability for all indexes are from high to very high, interpopulation – average.

Summarizing the obtained data, it should be noted that natural stands of English oak in Kharkiv, Donetsk and Luhansk regions are characterized by a predominance of trees with relatively short straight peduncles and one acorn on it, while in Kirovograd with medium length with two acorns. An increase in the length of the peduncle and the number of acorns on it in the direction from east to west. Artificial stands are characterized by a higher level of variability in all respects compared to natural.

**Key words:** population; peduncle; acorn; ovary; variability; mark; morphotype.

### Популяційна изменчивість морфологічних ознак жіночих репродуктивних органів *Quercus robur* L. в Лесостепі і Степі України

С. А. Лось<sup>1</sup>

Представлены результаты изучения популяционной изменчивости *Quercus robur* L. по длине плодоножки, ее форме и количеству желудей на ней в Лесостепи и Степи. Исследовано 18 древостоев природного и искусственного происхождения в Харьковской, Полтавской, Луганской, Донецкой и Кировоградской областях. Древостои природного происхождения представлены лесными генетическими резерватами, искусственного – преимущественно постоянными лесосеменными участками. Образцы плодоножек были заготовлены под кронами деревьев в количестве 30-100 штук в каждом обследованном выделе, в зависимости от урожая желудей. Для сравнения микропопуляций по комплек-

су морфологических показателей использован графический метод построения изображений морфотипов в программе MC EXEL. Определены уровни внутри- и межпопуляционной изменчивости по всем признакам.

Анализ длины плодоножек показал, что в естественных древостоях Харьковской, Донецкой и Луганской областей преобладали деревья с плодоножками длиной 2,1-5,0 см, тогда как в древостоях естественного происхождения Кировоградской области – 5,1-8,0 см. В искусственных насаждениях на Кировоградине определенной закономерности не установлено.

Выявлены региональные особенности относительно прямизны плодоножек: в природных насаждениях Харьковщины преобладали деревья с прямыми плодоножками, а в Кировоградской – со слегка изогнутыми. Среди искусственных насаждений были такие, в которых преобладали деревья с прямыми плодоножками (пять древостоев), с преобладанием деревьев со слегка изогнутыми плодоножками (два древостоя) и с равной долей деревьев обеих этих групп (один древостой).

Отмечено, что в природных древостоях Харьковщины и Донетчины преобладали деревья с одним желудем на плодоножке, тогда как в природных древостоях Кировоградщины частота встречаемости деревьев с одним и двумя желудями на плодоножке примерно одинакова. В большинстве искусственных насаждений Кировоградщины преобладали деревья с одним желудем на плодоножке. В подавляющем большинстве случаев недоразвитых завязей на плодоножках не отмечено. Доля деревьев, на плодоножках которых наблюдалось по одной недоразвитой завязи, составляла от 10,0 до 33,3%.

Уровень внутривидовой изменчивости по всем показателям – от высокого до очень высокого, межпопуляционной – средний.

Обобщая полученные данные следует отметить, что природные древостои дуба обыкновенного в Харьковской, Донецкой и Луганской областях характеризуются преобладанием деревьев с относительно короткой прямой плодоножкой и одним желудем на нем, тогда как в Кировоградской – средней длины с двумя желудями. Отмечено увеличение длины плодоножки и количества желудей на нем в направлении с востока на запад. Искусственным древостоям присущ высокий уровень изменчивости по всем показателям по сравнению с природными.

**Ключевые слова:** популяция; плодоножка; желудь; завязь; изменчивость; балл, морфотип.

<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 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6341-2745>

## 4. ЛІСОВА ТАКСАЦІЯ ТА ЛІСОВПОРЯДКУВАННЯ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412110>  
Article received 2020.12.22  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Roman Vasylyshyn  
rvasylys@ukr.net

Heroyiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 630\*228:630\*8(292.451/454:477)

### Особливості формування первинної продукції лісів Карпатського НПП у різних лісорослинних умовах

Р.Д. Васишлин<sup>1</sup>, І.П. Лакида<sup>2</sup>, І.О. Васишлин<sup>3</sup>, В.П. Дячук<sup>4</sup>

Наведено результати оцінювання чистої первинної продукції лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку, яка слугує природним мірилом їхньої вуглецедепонуальної здатності. Оцінювання базується на застосуванні «напівемпіричного» методу, який розглядає чисту первинну продукцію екосистеми у певному віці як аналогію річному збільшенню загальної продукції фітомаси (або загальному приросту фітомаси). Підґрунтям для оцінювання слугували подільсько-характеристика досліджуваних насаджень та математичний інструментарій, що базується на даних 80 тимчасових пробних площ. Загалом оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП охоплює понад 33 тис. га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у межах земель лісового фонду постійного користування парку.

У лісах Карпатського національного природного парку щорічно продукується майже 360 тис. т рослинної органічної речовини, водночас середня щільність чистої первинної продукції досліджуваних деревостанів становить понад  $1000 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Майже 75% продукції лісових фітоценозів парку продукується ялиновими насадженнями.

Визначено особливості формування первинної продукції лісів у насадженнях в різних типах лісорослинних умов. Зокрема, понад 70% продукції припадає на насадження у вологих сугрудах, 80% якої продукується середньовіковими насадженнями.

Встановлено значний вплив типу лісорослинних умов і продуктивності насаджень на показники інтенсивності продукування органічної речовини насадженнями парку. Найвищі значення цього показника характерні

<sup>1</sup> Васишлин Роман Дмитрович – академік Лісівничої академії наук України, професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту, доктор сільськогосподарських наук, професор. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-095-345-27-22. E-mail: rvasylys@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7268-8911>

<sup>2</sup> Лакида Іван Петрович – доцент кафедри таксації лісу та лісового менеджменту, кандидат сільськогосподарських наук, Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-067-771-68-18. E-mail: ivan.lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1565-8329>

<sup>3</sup> Васишлин Іванна Олександрівна – молодший науковий співробітник лабораторії лісознавства і лісівництва. Український науково-дослідний інститут гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака, вул. Грушевського, 31, м. Івано-Франківськ, 76002, Україна. Тел.: +38-096-536-44-28. E-mail: ivankadanilova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3647-4841>

<sup>4</sup> Дячук Віталій Петрович – аспірант кафедри таксації лісу та лісового менеджменту. Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: +38-098-924-04-61. E-mail: vitalijdacuk44@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-4811>



для насаджень  $I^b$  і вище класів бонітету у вологому ґруді, які знаходяться на рівні  $1300 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ . Водночас букові деревостани у цих лісорослинних умовах досягають значень понад  $1700 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

**Ключові слова:** біопродукційний процес; екосистемні функції; лісовий фітоценоз; природно-заповідний фонд; продукція; тип лісорослинних умов.

**Вступ.** Лісові фітоценози Землі в умовах глобальних кліматичних змін слугують одним із базових чинників впливу на глобальний кругообіг вуглецю, оскільки вони є не лише джерелом емісії вуглецю в результаті автотрофного дихання й окислення органічної речовини, але й забезпечують його інтенсивне депонування з атмосфери у процесі фотосинтезу. Природним мірилом цього процесу є чиста первинна продукція лісів, яка, у вигляді нагромадженої органічної речовини в тканинах рослин, характеризує інтенсивність процесів автотрофного дихання та фотосинтезу на одиниці площі лісової ділянки за одиницю часу (Василишин, 2014; Швиденко та ін., 2014). Обсяги первинної продукції лісових фітоценозів, у т.ч. й у межах об'єктів природно-заповідного фонду, слугують інформаційною основою для оцінювання окремих функцій екосистем, серед яких вуглецедепонувальна та киснепродукувальна здатність лісів.

Перша комплексна оцінка чистої первинної продукції лісів України, здійснена під керівництвом А. З. Швиденка (2014) дала змогу встановити, що українські ліси щорічно продукують майже 100 млн тонн органічної речовини, або в середньому  $512 \text{ г}$  вуглецю на  $1 \text{ м}^2$ . Ці значення досить близькі до середніх значень первинної продукції лісів у межах Європейського Союзу, де зафіксовано щорічні показники на рівні  $520 \pm 75 \text{ г}$  вуглецю на  $1 \text{ м}^2$  (Luysaert et al., 2010). Оновлену оцінку первинної продукції лісів України здійснено дослідниками з Міжнародного інституту прикладного системного аналізу на основі лісової карти України з роздільною здатністю  $60 \text{ м}$  (Lesiv et al., 2018). За цими даними, чиста первинна продукція становить близько  $90 \text{ млн}$  тонн органічної речовини на рік, або  $504 \text{ г}$  вуглецю на  $1 \text{ м}^2$ .

Дослідження чистої первинної продукції, як передумова прогнозування вуглецевого циклу лісових екосистем, широко представлені у світовому науковому доробку (Landsberg, Waring, & Williams, 2020; Ohtsuka et al., 2021; Hayalath, Hirota, Tomita & Nakagawa, 2020). Зокрема, досліджуючи вплив тонкого коріння на формування первинної продукції екосистеми, японські дослідники дійшли висновку, що у високопродуктивних насадженнях існує чіткий взаємозв'язок між продукуванням органічної речовини у надземній і підземній частинах насадження з обсягом і тривалістю життя дрібного коріння (An & Osawa, 2021), а також особливостями формування лісової підстилки (Kato et al., 2020). Водночас, інші дослідження вказують на значну залежність маси дрібних коренів від механічного складу ґрунтів, а, відповідно, й зафіксовано вплив на інтенсивність біопродукційного процесу (Han et al., 2021).

Обсяги чистої продукції лісових екосистем слугують також індикатором впливу кліматичних змін на ці екосистеми, особливо в посушливих умовах, та потребують постійного моніторингу (Alton, 2020; Bilgili, Ersahin, Kavakligil & Oner, 2020).

Актуальність дослідження продукції лісових екосистем відображена також у наукових роботах китайських науковців (Chen et al., 2020; Huang et al., 2020; Ji et al., 2020), які акцентують увагу на таких чинниках впливу як індекс листової поверхні, географічні характеристики території (довгота, широта) та видова різноманітність, погодні особливості (вологість і температурний режим) тощо.

В умовах глобалізації лісівничої науки, дослідження чистої первинної продукції лісів на локальному рівні є дуже актуальними, оскільки слугують важливим доповнення міжнародного наукового інструментарію прогнозування майбутнього стану рослинного покриву Землі.

**Об'єкти та методика досліджень.** Об'єкт дослідження – особливості біопродукційного процесу у лісових фітоценозах Українських Карпат. Предмет дослідження – особливості формування первинної продукції лісів Карпатського національного природного парку у різних лісорослинних умовах.

Мета дослідження – здійснити комплексну оцінку обсягів чистої первинної продукції та особливостей інтенсивності продукування органічної речовини лісовими фітоценозами у різних типах лісорослинних умов.

Загальнонауковим методичним базисом дослідження у межах наукової роботи слугував системний підхід, який передбачає необхідність комплексного вивчення явищ і базується на теорії систем (Швиденко та ін., 2014). Згаданий підхід дав змогу забезпечити розв'язання поставлених завдань.

Оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП здійснено на основі, запропонованого А. З. Швиденком «напівемпіричного» методу (Shvidenko, Schepaschenko & Nilsson, 2007; Швиденко та ін., 2014), який базується на твердженні, що чиста первинна продукція екосистеми у певному віці є аналогією річному збільшенню загальної продукції фітомаси (або загальному приросту фітомаси), тобто це маса органічної речовини, виробленої екосистемою за одиницю часу (у цьому випадку за 1 рік).

Загальна продукція фітомаси ( $ЗП\Phi_t$ ) лісової екосистеми за час  $t$  може бути представлена такою залежністю (Василишин, 2014; Швиденко та ін., 2014):

$$\begin{aligned} ЗП\Phi_t = & ЗП\Phi_t^{cm} + ЗП\Phi_t^{sil} + ЗП\Phi_t^{fcbf} + \\ & + ЗП\Phi_t^{kop} + ЗП\Phi_t^{npr} + ЗП\Phi_t^{jstn} \end{aligned} \quad (1)$$

Де верхні індекси позначають відповідні фракції фітомаси: *ст* – стовбур у корі, *зіл* – деревина гілок у корі, *фсф* – фотосинтезувальна фракція (листя або хвоя), *кор* – коріння, *пнр* – піднаметова рослинність насадження (підлісок, підріст) та *жнп* – живий над-грунтовий покрив.

Кількісне оцінювання фітомаси здійснено за допомогою опрацьованого раніше математичного інструментарію (Лакида, Бокоч, Василюшин & Терентьєв, 2015), який базувався на даних 80 тимчасових пробних площ, закладених у насадженнях панівних лісотвірних видів регіону у доміантних типах лісу Українських Карпат (табл. 1).

Таблиця 1

**Кількісна характеристика вихідних дослідних даних**

Деревний вид	Індекс типу лісорослинних умов					Усього
	$B_3$	$C_2$	$C_3$	$D_2$	$D_3$	
Ялина європейська	1	–	11	–	20	32
Ялиця біла	–	–	11	–	16	27
Бук лісовий	–	2	7	7	5	21
Разом	1	2	29	7	41	80

Первинну продукцію насадження інших видів деревних рослин оцінено на основі математичних залежностей, запозичених з наукових джерел (Василюшин, 2014; Швиденко та ін., 2014).

**Результати та обговорення.** Здійснене оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП охоплює понад 33 тис. га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок у межах земель лісового фонду постійного користування парку. Загалом оцінювання досліджуваного показника здійснено на понад 7 тис. лісових ділянок у межах дев'яти типів лісорослинних умов.

Нині у лісах Карпатського національного природного парку щорічно продукується майже 360 тис. т рослинної органічної речовини (табл. 2), водночас середня щільність чистої первинної продукції досліджуваних деревостанів становить понад  $1000 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

У видовій структурі розподілу чистої первинної продукції домінують ялинові насадження, частка яких становить 73,9%. Водночас вони поступаються буковим та ялицевим насадженням за інтенсивністю біопродукційного процесу ( $9,87 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  органічної речовини, проти  $17,92$  у букових та  $12,93 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  – в ялицевих).

Серед типів лісорослинних умов за досліджуваним показником домінують вологі сугруди ( $C_3$ ) із значенням понад 250 тис. т (табл. 3).

У багатих лісорослинних умовах (грудах) щорічно продукується понад 75 тис. тонн органічної речовини, що становить 21,3%. Як і у вологих су-

грудах, у вологих грудах за цим показником домінують насадження з переважанням ялини європейської у складі.

Таблиця 2

**Розподіл чистої первинної продукції за панівними видами деревних рослин**

Деревний вид	Чиста первинна продукція	
	тис. т · рік <sup>-1</sup>	т · га <sup>-1</sup> · рік <sup>-1</sup>
Береза повисла	1,70	11,44
Бук лісовий	62,98	17,92
Сосна гірська	6,15	4,40
Сосна звичайна	4,89	9,56
Ялина європейська	264,41	9,87
Ялиця біла	15,96	12,93
Інші види	1,53	–
Разом	357,61	10,57

Загалом частку бука лісового та ялиці білої у загальній структурі первинної продукції лісів Карпатського НПП становить 17,6 та 4,5% відповідно. Частка інших видів деревних рослин у сукупності не перевищує 4%, серед яких домінують зарослі сосни гірської (1,72%), насадження сосни звичайної (1,37%) та берези повислої (0,47%).

Вплив вікової структури насаджень на формування біопродукційного потенціалу лісів досліджуваного регіону наочно відображено у табл. 4.

За інформацією, наведеною у табл. 4, понад 80% продукції формується у середньовікових насадженнях парку, що вказує на найвищий біопродукційний потенціал цих насаджень. Цей аспект підтверджується також і дослідженнями інших науковців (Shvidenko, Schepaschenko & Nilsson, 2007; Швиденко та ін., 2014), які відзначають доміантні позиції насаджень цієї вікової групи у процесі продукування фітомаси. Водночас варто зазначити, що частка молодняків, пристиглих та стиглих насаджень знаходиться на рівні 5-6%.

Динамічні тренди інтенсивності біопродукційного процесу у хвойних насадженнях Карпатського НПП наочно представлено на рис. 1, де чітко простежуються вікові особливості формування первинної продукції ялинових та ялицевих насаджень. Максимальні її значення характерні для середньовікових деревостанів і змінюються від  $1400 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  у ялицевих лісостанах до понад  $980 \text{ г} \cdot (\text{м}^2)^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$  у ялинових.

У процесі дослідження встановлено також пряму залежність тенденцій зміни інтенсивності біопродукційного процесу зі зміною продуктивності насаджень і родючості лісорослинних умов (табл. 5).

Бонітетна структура біопродукційного процесу лісових фітоценозів парку вказує на переважання насаджень I класу бонітету, на які припадає

майже 50% первинної продукції, половину якої продуковано насадженнями в умовах вологого су-

грудю. Водночас частка насаджень I<sup>a</sup> та II класів бонітету становить, відповідно, 28,5 та 16,9%.

Таблиця 3

**Розподіл чистої первинної продукції за панівними видами деревних рослин та типами лісорослинних умов**

Деревний вид	Чиста первинна продукція у межах типів лісорослинних умов, тис. т·рік <sup>-1</sup>						всього
	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	інші	
Береза повисла	0,02	0,58	–	1,10	–	–	1,70
Бук лісовий	–	–	0,59	43,70	18,68	0,02	62,98
Сосна гірська	–	6,03	–	0,10	–	0,02	6,15
Сосна звичайна	2,04	1,38	–	1,09	0,28	0,11	4,89
Ялина європейська	0,37	13,04	0,44	194,40	54,49	1,68	264,41
Ялиця біла	–	–	–	13,38	2,58	–	15,96
Інші види	–	0,09	–	0,48	0,05	0,90	1,53
Разом	2,43	21,11	1,02	254,25	76,08	2,72	357,61

Таблиця 4

**Розподіл чистої первинної продукції за групами віку та типами лісорослинних умов**

Група віку	Чиста первинна продукція у межах типів лісорослинних умов, тис. т·рік <sup>-1</sup>						всього
	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	інші	
Молодняки	0,12	0,86	0,12	15,64	2,55	0,18	19,47
Середньовікові	2,18	11,70	0,86	207,54	65,63	1,55	289,46
Пристигли	0,10	3,27	–	12,55	1,75	0,25	17,93
Стигли	0,02	4,97	0,04	14,66	2,76	0,55	23,00
Перестиглі	0,01	0,30	–	3,87	3,39	0,18	7,75
Разом	2,43	21,11	1,02	254,25	76,08	2,72	357,61

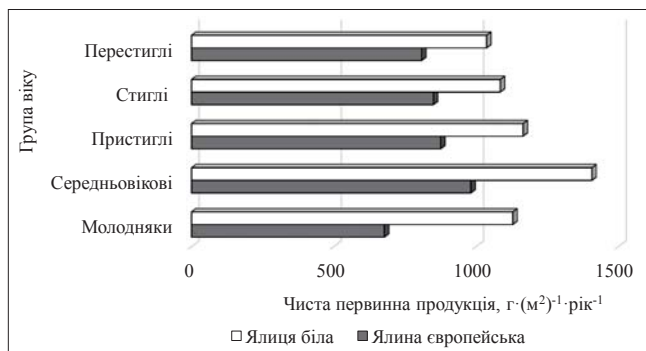


Рис. 1. Інтенсивність біопродукційного процесу у хвойних насадженнях парку в межах груп віку

Характерним для насаджень більшості класів бонітету є чітка диференціація інтенсивності продукування органічної речовини у межах трофотопів (рис. 2). Зокрема спостерігається зниження досліджуваного показника із зниженням трофогенного ряду – від мегатрофних до олігомезотрофних умов. Для найпоширеніших насаджень I класу бонітету зафіксовано зниження вказаного показника від

1210 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹ для насаджень в умовах вологого грудю до майже 1000 г·(м²)⁻¹·рік⁻¹ для насаджень у вологому суборі. Водночас для насаджень IV і нижче класів бонітету вказані тенденції мають дещо інший тренд, що може бути пов'язано із особливостями видової структури таких насаджень, оскільки на висоті понад 1000 м н.р.м. (саме тут представлена більшість цих насаджень) домінують зарості сосни гірської.

Аналізуючи фракційну структуру чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП варто зазначити, що понад 30% продукції припадає на кореневі системи (табл. 6). Це, насамперед, пов'язано із особливостями формування тонкого коріння. За даними дослідників (Швиденко та ін., 2014), обіг тонкого коріння може в середньому скласти від 17,5% до 33% чистої первинної продукції у лісах бореальних та помірних кліматичних поясів. Водночас, на ґрунтах з низьким забезпеченням рослин елементами живлення частка тонкого коріння може досягати 60% у загальній структурі чистої первинної продукції насаджень.



Таблиця 5

**Розподіл чистої первинної продукції за класами бонітету та типами лісорослинних умов**

Клас бонітету	Чиста первинна продукція у межах типів лісорослинних умов, тис. т·рік <sup>-1</sup>						всього
	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	D <sub>3</sub>	інші	
I <sup>b</sup> і вище	0,02		0,02	8,11	4,92	0,06	13,13
I <sup>a</sup>	0,25	0,76	0,20	72,41	49,38	0,11	123,11
I	0,68	1,63	0,36	119,96	20,56	0,67	143,85
II	1,09	1,74	0,44	43,01	1,17	0,77	48,23
II	0,22	4,66		9,67	0,03	0,66	15,24
IV	0,17	3,21		0,83	0,02	0,34	4,57
V і нижче		9,11		0,26		0,11	9,48
Разом	2,43	21,11	1,02	254,25	76,08	2,72	357,61

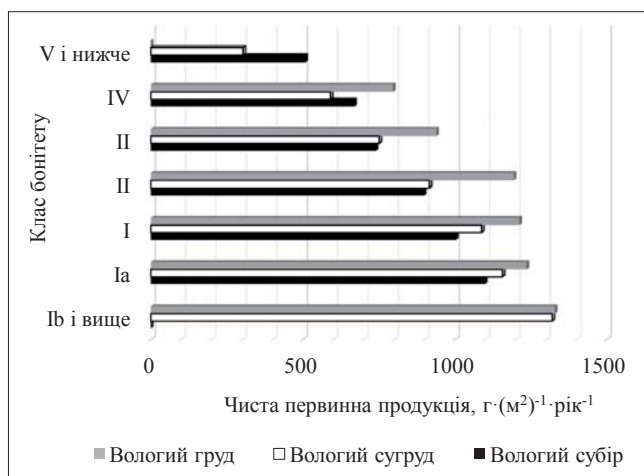


Рис. 2. Інтенсивність біопродукційного процесу у насадженнях різного бонітету в межах панівних типів лісорослинних умов

Майже 55% продукції досліджуваних насаджень припадає на стовбурову деревину (26,8%) та фотосинтезувальний апарат (27,1%). Близько

10% продукції продукують піднаметова рослинність та живий наґрунтовий покрив. Для порівняння, первинна продукція лісів України загалом характеризується наступними фракційними співвідношеннями: стовбур у корі – 20,7; гілки крони – 5,7; листки (хвоя) – 24,1; корені – 31,0; підлісок та кущі – 4,9; живий наґрунтовий покрив – 13,5% (Швиденко та ін., 2014).

У процесі дослідження встановлено також значний вплив трофності лісорослинних умов на формування фракційної структури продукції лісів Карпатського НПП. Зокрема, у мегатрофних умовах частка надземної частини деревостану становить 61,8%, у т. ч. 28,7% припадає на листяну фракцію. Водночас частка підземної частини деревостану становить понад 31, а інших елементів насадження – 7,1%. Водночас у суборах (понад 1000 м н.р.м.) ця структура характеризується наступними показниками: надземна частина деревостану – 33,7%, у т. ч. 18,1% – фотосинтезувальний апарат; 25% – кореневі системи та 41,3% – підлісок і живий наґрунтовий покрив.

Таблиця 6

**Розподіл чистої первинної продукції за фракціями та типами лісорослинних умов**

Індекс ТЛУ	Чиста первинна продукція у межах компонентів (фракцій), тис. т·рік <sup>-1</sup>						Всього
	стовбур	гілки	листя (хвоя)	корені	підлісок та кущі	живий надґрунтовий покрив	
A <sub>2</sub>	0,01	0,001	0,003	0,004	0,001	0,004	0,02
A <sub>3</sub>	0,01	0,003	0,02	0,02	0,01	0,04	0,11
B <sub>2</sub>	0,77	0,13	0,51	0,59	0,07	0,35	2,43
B <sub>3</sub>	2,62	0,67	3,82	5,28	1,82	6,89	21,11
B <sub>4</sub>	0,07	0,02	0,06	0,09	0,03	0,05	0,32
C <sub>2</sub>	0,23	0,07	0,25	0,33	0,06	0,09	1,02
C <sub>3</sub>	71,30	16,24	69,87	77,64	8,02	11,18	254,25
C <sub>4</sub>	0,44	0,10	0,62	0,66	0,15	0,32	2,28
D <sub>3</sub>	20,50	4,73	21,81	23,68	2,31	3,06	76,08
Разом	95,95	21,96	96,94	108,30	12,45	22,00	357,61

Особливості фракційної структури первинної продукції у насадженнях панівних лісотвірних видів і типів лісорослинних умов наведено у табл. 7.

За наведеною у табл. 7 інформацією, фракційна структура чистої первинної продукції ялинових насаджень парку має такий вигляд: надземна частина

деревостану – 62,7%, у т. ч. 27,0% – хвоя; 30,6% – кореневі системи та 6,7% – підлісок і живий наґрунтовий покрив. Щодо ялицевих насаджень, то тут, порівняно з ялинниками, зафіксовано збільшення частки хвої на понад 10%, а також зменшення частки стовбурової продукції на 8%.

Таблиця 7

**Розподіл чистої первинної продукції за фракціями та типами лісорослинних умов у межах панівних лісотвірних видів**

Індекс ТЛУ	Чиста первинна продукція у межах компонентів (фракцій), тис. т·рік <sup>-1</sup>						Всього
	стовбур	гілки	листя (хвоя)	корені	підлісок та кущі	живий надґрунтовий покрив	
<i>Ялина європейська</i>							
B <sub>2</sub>	0,11	0,02	0,09	0,11	0,01	0,02	0,37
B <sub>3</sub>	1,97	0,52	2,98	4,28	1,24	2,05	13,04
B <sub>4</sub>	0,07	0,02	0,06	0,09	0,03	0,05	0,31
C <sub>2</sub>	0,15	0,03	0,11	0,13	0,01	0,01	0,44
C <sub>3</sub>	58,13	12,36	52,38	59,41	5,34	6,78	194,40
C <sub>4</sub>	0,33	0,08	0,36	0,44	0,06	0,09	1,37
D <sub>3</sub>	17,12	3,41	15,49	16,35	0,99	1,12	54,49
Разом	77,88	16,44	71,48	80,81	7,67	10,12	264,41
<i>Бук лісовий</i>							
C <sub>2</sub>	0,08	0,04	0,14	0,21	0,05	0,08	0,59
C <sub>3</sub>	9,54	3,02	11,49	13,81	2,26	3,59	43,70
C <sub>4</sub>	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
D <sub>3</sub>	2,78	1,18	5,26	6,42	1,24	1,80	18,68
Разом	12,40	4,24	16,89	20,44	3,54	5,47	62,98
<i>Ялиця біла</i>							
C <sub>3</sub>	2,94	0,72	5,22	3,79	0,31	0,40	13,38
D <sub>3</sub>	0,48	0,12	0,99	0,83	0,07	0,09	2,58
Разом	3,41	0,83	6,21	4,62	0,39	0,49	15,96

Для букових насаджень регіону притаманна дещо інша структура первинної продукції, яка характеризується такими співвідношеннями: надземна частина деревостану – 53,2%, у т. ч. 26,8% – листя; 32,4% – кореневі системи та 14,3% – підлісок і живий наґрунтовий покрив.

Вплив лісорослинних умов на інтенсивність біопродукційного процесу у насадженнях панівних лісотвірних видів наочно відображено на рис. 3. Зокрема у сугрудах, де зосереджено понад 70% вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Карпатського НПП, домінантні позиції займають букові насадження з показником 1630 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·рік<sup>-1</sup>, далі – ялицеві (1310 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·рік<sup>-1</sup>) та ялинові (920 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·рік<sup>-1</sup>). Водночас у грудях букові насадження характеризуються значенням на рівні 1710 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·рік<sup>-1</sup>, а ялинові – 1060 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·рік<sup>-1</sup>.

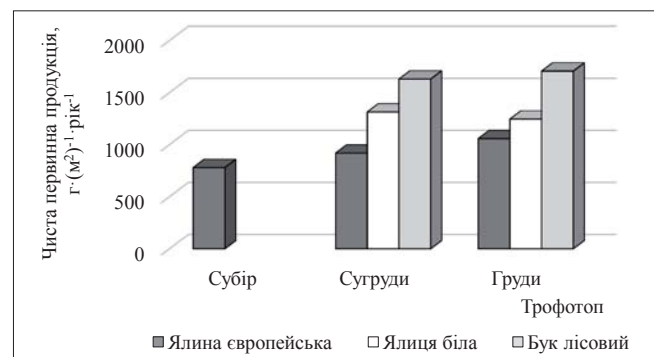


Рис. 3. Інтенсивність біопродукційного процесу у насадженнях панівних лісотвірних видів в межах трофотопів

Вказані тенденції також можна чітко простежити за даними рис. 4, де зображено інтенсивність

біопродукційного процесу в ялинових насадженнях у межах панівних типів лісорослинних умов.

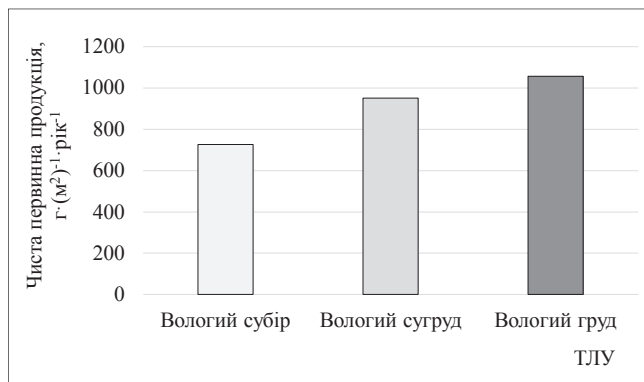


Рис. 4. Інтенсивність біопродукційного процесу в ялинових насадженнях у межах панівних типів лісорослинних умов

Параметри інтенсивності продукування органічної речовини значною мірою залежать також від походження лісових насаджень. Зокрема, у межах Карпатського національного природного парку для насаджень вегетативного походження характерним є показник близько  $580 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$ . Водночас деревостани насінневого природного походження продукують первинну продукцію на рівні  $1020 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$  органічної речовини. Щодо насінних штучних насаджень, то щільність їхньої продукції становить  $1040 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$ .

У підсумку варто зазначити, що оцінювання чистої первинної продукції гірських лісів, особливо на територіях природно-заповідного фонду регіону, є важливим і необхідним етапом для здійснення екологічного моніторингу природних екосистем Українських Карпат та прогнозування обсягів регіонального бюджету вуглецю й кількісного оцінювання їхньої киснепродукувальної функції. Це сприятиме формуванню комплексу заходів, спрямованих на збереження, стале використання та відтворення біологічного і ландшафтного різноманіття на всій території Карпатського регіону.

**Висновки.** Результати досліджень сприятимуть розвитку системи оцінювання екосистемних функцій лісів як одного із найперспективніших напрямів запровадження сталого гірського лісівництва.

Оцінювання кількісних показників чистої первинної продукції лісів Карпатського національного природного парку показало, що річний вимір біопродукційного процесу становить майже 360 тис. т рослинної органічної речовини з середньою інтенсивністю продукування понад  $1000 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$ . Понад 70% продукції – це результат фотосинтетичної активності насаджень, які ростуть у вологих сугрудах.

Найвищим біопродукційним потенціалом характеризуються середньовікові насадження, в яких формується понад 80% первинної продукції лісів парку. Середні значення їхньої біопродуктивності змінюються від  $1400 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$  в ялицевих насадженнях до понад  $980 г \cdot (м^2)^{-1} \cdot рік^{-1}$  в ялинових.

Майже 55% чистої первинної продукції досліджуваних лісів припадає на стовбурову деревину (26,8%) та фотосинтезувальний апарат (27,1%). Водночас зафіксовано значний вплив зміни типів лісорослинних умов на фракційну структуру досліджуваного показника.

Результати оцінювання чистої первинної продукції лісів Карпатського НПП є інформаційним базисом для прогнозування їхньої біосферної ролі.

### Список літератури

- Василишин Р.Д. (2018). *Еколого-енергетичний потенціал лісів Українських Карпат та його стале використання*. Київ: ТОВ «ІЦП «Компринт». 305 с. [Vasylyshyn, R.D. (2018). *Environmental and energy potential of forests in Ukrainian Carpathians and its sustainable use*. Kyiv: LLC «KOMPRINT» ISBN 978-966-929-736-5] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Бокоч В.В., Василишин Р.Д., Терентьев А.Ю. (2015). *Біопродуктивність лісових фітоценозів Карпатського національного природного парку*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. 154 с. [Lakyda, P.I., Bokoch, V.V., Vasylyshyn, R.D., & Terentiev, A. Yu. (2015). *Bioproductivity of forest phytocenoses of the Carpathian National Nature Park*. Korsun-Shevchenkivsky: FOP V.M. Gavryshenko ISBN 978-966-2464-60-3] (in Ukrainian)
- Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василишин Р.Д., Марчук Ю.М. (2014). *Вуглець, клімат та землеуправління в Україні: лісовий сектор*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. 283 с. [Shvidenko, A.Z., Lakyda, P.I., Schepaschenko, D.G., Vasylyshyn, R.D., & Marchuk, Yu.M. (2014). *Carbon, climate and land-use in Ukraine: forest sector*. Korsun-Shevchenkivsky: FOP V.M. Gavryshenko ISBN 978-966-2464-40-5] (in Ukrainian)
- Alton, P.B. (2020). Representativeness of global climate and vegetation by carbon-monitoring networks; implications for estimates of gross and net primary productivity at biome and global levels. *Agricultural and Forest Meteorology*, 290. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108017>
- An, J.Y., & Osawa, A. (2021). Seasonal patterns of fine root dynamics and their contribution to net primary production in hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa*) and konara oak (*Quercus serrata*) forests. *Trees-Structure and Function*, 35(1), 255-271. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02030-6>
- Bilgili, B.C., Ersahin, S., Kavakligil, S.S., & Oner, N. (2020). Net primary productivity of a mountain forest ecosystem as affected by climate and topography. *Cerne*, 26(3), 356-368. <https://doi.org/10.1590/01047760202026032730>
- Chen, Y.Z., Chen, L.Y., Cheng, Y., Ju, W.M., Chen, H.Y. H., & Ruan, H.H. (2020). Afforestation promotes the enhancement of forest LAI and NPP in



- China. *Forest Ecology and Management*, 462. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.117990>
- Han, S.H., Kim, S., Chang, H.N., Kim, H.J., An, J., & Son, Y. (2021). Fine root biomass and production regarding root diameter in *Pinus densiflora* and *Quercus serrata* forests: Soil depth effects and the relationship with net primary production. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(1), 46-54. <https://doi.org/10.3906/tar-1912-13>
- Huang, X., Huang, C.B., Teng, M.J., Zhou, Z.X., & Wang, P.C. (2020). Net Primary Productivity of *Pinus massoniana* Dependence on Climate, Soil and Forest Characteristics. *Forests*, 11(4), 404. <https://doi.org/10.3390/f11040404>
- Ji, Y.H., Zhou, G.S., Luo, T.X., Dan, Y., Zhou, L., & Lv, X.M. (2020). Variation of net primary productivity and its drivers in China's forests during 2000-2018. *Forest Ecosystems*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00229-0>
- Kato, Y., Tomotsune, M., Shiote, F., Koyama, Y., Koizumi, H., & Yoshitake, S. (2020). Comparison of inter-annual variation in net primary production among three forest types in the same region over 7 years. *Journal of Forest Research*, 26(2), 110-115. <https://doi.org/10.1080/13416979.2020.1857006>
- Landsberg, J.J., Waring, R.H., & Williams, M. (2020). The assessment of NPP/GPP ratio. *Tree Physiology*, 40(6), 695-699. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa016>
- Lesiv, M., Shvidenko, A., Schepschenko, D., See, L., & Fritz, S. (2018). A spatial assessment of the forest carbon budget for Ukraine. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24, 985-1006. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9795-y>
- Luyssaert, S., Ciais, P., Piao, S.L., Schulze, E.-D., & Jung, M. ... Janssens I.A. (2010). The European carbon balance. Part 3: forests. *Global Change Biology*, 16, 1429-1450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02056.x>
- Ohtsuka, T., Tomotsune, M., Ando, M., Tsukimori, Y., Koizumi, H., & Yoshitake, S. (2021). Effects of the Application of Biochar to Plant Growth and Net Primary Production in an Oak Forest. *Forests*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/f12020152>
- Shvidenko, A., Schepaschenko, D., & Nilsson, S. (2007). Modeling Net Primary Production of Northern Eurasia forests: A new method & new estimate. *ECCEM'07*, 1, 485-486
- Shvidenko, A., Buksha, I., Krakovska, S., & Lakyda, P. (2017). Vulnerability of Ukrainian Forests to Climate Change. *Sustainability*, 9(7), 1152-1158. <https://doi.org/10.3390/su9071152>
- Xayalath, S., Hirota, I., Tomita, S., & Nakagawa, M. (2020). Aboveground biomass and seasonal patterns of aboveground net primary productivity in five bamboo species in northern Laos. *Journal of Plant Ecology*, 13(2), 150-156. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtz056>

## Peculiarities of net forests primary production formation in different site conditions of the Carpathian National Nature Park

R. Vasylyshyn<sup>1</sup>, I. Lakyda<sup>2</sup>, I. Vasylyshyn<sup>3</sup>, V. Diachuk<sup>4</sup>

Forest plant communities of the Earth are one of the grounding factors influencing the global carbon cycle in the context of global climate change, as they are not only a source of carbon emissions from autotrophic respiration and oxidation of organic matter but also provide its intensive sequestration from the atmosphere in the course of photosynthesis. The natural dimension of this process is the net primary production of forest ecosystems. The research object is the features of the bioproduction process in forest plant communities of the Ukrainian Carpathians. The subject of research is the peculiarities of net forests primary production formation in different site conditions of the Carpathian National Nature Park. The purpose of the research is to carry out a comprehensive quantitative assessment of net primary production and features of the intensity of organic matter production by forest plant communities in different types of forest site condition.

The assessment based on the application of the «semi-empirical» method, which considers the ecosystem net primary production of a certain age as an analogy to the current annual increment in total live biomass production. The basis for the assessment is comprised of stand-level characteristics of forests and mathematical tools based on data collected at 80 temporary sample plots. The forests of the Carpathian National Nature Park produce annually almost 360 thousand tons of plant organic matter. At the same time, the average density of net primary production of the studied stands is more than 1000 g·(m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>. Spruce stands produce almost 75 % of the production of forest plant communities of the park. The peculiarities of forests' primary production formation in the stands

<sup>1</sup> Roman Vasylyshyn – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Professor of Forest Mensuration and Forest Management Department, Doctor of Agricultural Sciences, Professor. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-095-345-27-22. E-mail: rvasyls@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7268-8911>

<sup>2</sup> Ivan Lakyda – Associate Professor of Forest Mensuration and Forest Management Department, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-067-771-68-18. E-mail: ivan.lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1565-8329>

<sup>3</sup> Ivanna Vasylyshyn – Junior Research Fellow of the laboratory of forestry, Ukrainian Research Institute of Mountain Forestry named after P.S. Pasternak, Hrushevs'koho str., 31, Ivano-Frankivsk, 76002, Ukraine. Tel.: +38-096-536-44-28. E-mail: ivankadanilova@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3647-4841>

<sup>4</sup> Vitalii Diachuk – PhD student of Forest Mensuration and Forest Management Department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel.: +38-098-924-04-61. E-mail: vitalijdacuk44@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-4811>

of different forest site conditions are determined. In particular, more than 70 % of the production is accounted for stands in moist fertile hornbeam site type, 80 % of which produced by mid-aged stands. A significant influence of the type of forest site conditions and stand productivity on the indices of organic matter production intensity by the forest stands of the park are established. The highest values of this index are inherent for stands with I<sup>b</sup> and higher site index classes in moist fertile hornbeam site type which are at the level of 1300 g·(m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>. At the same time, beech stands in these forest conditions reach values of more than 1700 g·(m<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>. Almost 55 % of the primary production of the studied forests accounts for stem wood (26.8%) and photosynthetic apparatus (27.1%). At the same time, a significant impact of the changes in forest site conditions types on the studied index fractional structure was estimated. The research results on the primary production of the Carpathian NNP forests form an information basis for forecasting their role in biosphere.

**Key words:** bioproduction process; ecosystem services; forest plant communities; nature reserve fund; production; type of forest site condition.

### Особенности формирования первичной продукции лесов Карпатского НПП в разных лесорастительных условиях

Р.Д. Василишин<sup>1</sup>, И.П. Лакида<sup>2</sup>, И.А. Василишин<sup>3</sup>,  
В.П. Дячук<sup>4</sup>

Лесные фитоценозы Земли в условиях глобальных климатических изменений служат одним из ключевых факторов влияния на глобальный круговорот углерода, поскольку они не только являются

источником эмиссии углерода в результате автотрофного дыхания и окисления органического вещества, но и обеспечивают его интенсивное депонирование из атмосферы в процессе фотосинтеза. Естественным измерением этого процесса является чистая первичная продукция лесов. Объектом исследования в научной работе были особенности биопродукционного процесса в лесных фитоценозах Украинских Карпат. Предмет исследования – особенности формирования первичной продукции лесов Карпатского национального природного парка в разных лесорастительных условиях. Цель исследования заключалась в осуществлении комплексной оценки объемов чистой первичной продукции и особенностей интенсивности продуцирования органического вещества лесными фитоценозами в различных типах лесорастительных условий.

Оценка основана на применении «полуэмпирического» метода, который рассматривает чистую первичную продукцию экосистемы в определенном возрасте как аналогии годовому увеличению общей продукции фитомассы (или общему приросту фитомассы). Основой для оценки использованы характеристики исследуемых насаждений и математический инструментарий, базирующиеся на данных 80 временных пробных площадей. Установлено, что в лесах Карпатского национального природного парка ежегодно производится около 360 тыс. т растительного органического вещества, одновременно средняя плотность чистой первичной продукции исследуемых древостоев составляет более 1000 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. Почти 75% продукции лесных фитоценозов парка производится еловыми насаждениями. Определены особенности формирования первичной продукции лесов в насаждениях в различных типах лесорастительных условий. В частности, более 70% продукции приходится на насаждения во влажных сугрудах, 80% которой производится средневозрастными насаждениями. Установлено значительное влияние типа лесорастительных условий и производительности насаждений на показатели интенсивности продуцирования органического вещества насаждениями парка. Высокие значения этого показателя характерны для древостоев I<sup>b</sup> и выше классов бонитета в условиях влажного гряда (D<sub>3</sub>), которые находятся на уровне 1300 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. В то же время буковые древостои в этих лесорастительных условиях достигают значений более 1700 г·(м<sup>2</sup>)<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>.

Почти 55% чистой первичной продукции исследуемых лесов приходится на стволовую древесину (26,8%) и фотосинтезирующий аппарат (27,1%). В то же время зафиксировано значительное влияние изменения типов лесорастительных условий на фракционную структуру исследуемого показателя. Полученные результаты оценки чистой первичной продукции лесов Карпатского НПП – это информационный базис для прогнозирования их биосферной роли.

**Ключевые слова:** биопродукционный процесс; экосистемные функции; лесной фитоценоз; природно-заповедный фонд; продукция; тип лесорастительных условий.

<sup>1</sup> *Василишин Роман Дмитриевич* – академик Лесной академии наук Украины, профессор кафедры таксации леса и лесного менеджмента, доктор сельскохозяйственных наук. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-095-345-27-22. E-mail: rvasylys@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7268-8911>

<sup>2</sup> *Лакида Иван Петрович* – доцент кафедры таксации леса и лесного менеджмента, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-067-771-68-18. E-mail: [ivan.lakyda@nubip.edu.ua](mailto:ivan.lakyda@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1565-8329>

<sup>3</sup> *Василишин Иванна Александровна* – младший научный сотрудник лаборатории лесоведения и лесоводства, Украинский научно-исследовательский институт горного лесоводства им. П.С. Пастернака, ул. Грушевского, 31, г. Ивано-Франковск, 76002, Украина. Тел.: +38-096-536-44-28. E-mail: [ivankadaniлова@gmail.com](mailto:ivankadaniлова@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3647-4841>

<sup>4</sup> *Дячук Виталий Петрович* – аспирант кафедры таксации леса и лесного менеджмента. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: +38-098-924-04-61. E-mail: [vitalijdcacuk44@gmail.com](mailto:vitalijdcacuk44@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4109-4811>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412111>  
Article received 2020.12.06  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Yulian Kahaniak  
[kahanjak@nltu.edu.ua](mailto:kahanjak@nltu.edu.ua)

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

УДК 650\*905+630\*524.4

## Багатомірна будова букових деревостанів північно-східного мегасхилу Українських Карпат: теоретичні аспекти і практичне значення

Ю. Й. Каганяк<sup>1</sup>, І. С. Ільків<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>

*Дослідженнями охоплено високоповнотні одновікові високопродуктивні букові деревостани північно-східного мегасхилу Українських Карпат у різному віці. Методом перелікової таксації зібрано первинну інформацію про таксаційну будову букового деревостану. Первинними даними є діаметри та висоти дерев бука, які отримано з урахуванням їхнього зв'язку в динаміці.*

*Математико-статистичний аналіз первинних даних букових деревостанів дав змогу обґрунтувати основні таксаційні параметри для подальшого моделювання їх у динаміці і статистиці. Моделлю розподілу діаметрів і висот вибрано рівняння вирівнювальної поверхні типу А. Функція щільності розподілу ймовірностей цієї моделі описується 14 параметрами. Розподіл діаметрів (висот) оцінено середньоарифметичною величиною, стандартним відхиленням, асиметрією та ексцесом, а також шістьма параметрами, які зв'язують зазначені розподіли, дають змогу отримати теоретичну поверхню. За результатами моделювання 14 параметрів вирівнювальної поверхні типу А побудовано двовимірні розподіли частот за діаметром та висотою. Теорію таксаційної будови доповнено розподілами висот з урахуванням зв'язку з діаметрами у динаміці. Поверхні розподілу частот діаметрів і висот описують структуру букових деревостанів І-ІІ класів бонітету в діапазоні 10-120 років.*

*Розрахунок запасу деревостану здійснено із застосуванням моделі багатовимірного розподілу, що дає змогу розширити інформаційну основу сортименталізації й товаризації. Застосування методу багатовимірного оцінювання розподілу висоти й діаметра в різному віці, у різних лісорослинних умовах дає змогу формалізувати проектування рубок догляду, деталізувати оцінку підземної та асимілятивної частин деревостану.*

**Ключові слова:** функція щільності; розподіл; теоретична поверхня; параметри; деревостан; динаміка; зв'язок.

<sup>1</sup> Каганяк Юліан Йосипович – академік 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.: +38-096-057-11-96. E-mail: [y.kahanjak@nltu.edu.ua](mailto:y.kahanjak@nltu.edu.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9215-3922>

<sup>2</sup> Ільків Іван Стефанович – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач 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: [i.ilkiv@nltu.edu.ua](mailto:i.ilkiv@nltu.edu.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.** Наукові спостереження за структурою об'єкту можна здійснювати у двох напрямках. У першому замірюють досліджувану властивість (ознаку) у кожного із сукупності однорідних об'єктів. Другий напрям передбачає визначення декількох ознак (вимірів), характерних для об'єкта (Митропольский, 1961; Яглом, Яглом, 1973).

Перший напрям досліджень, пов'язаний із вивченням розподілу окремої ознаки, достатньо представлений у лісотаксаційній і біометричній науках (Вентцель, 2001; Лакида, 1997). Методами математичної статистики формалізовано розподіли випадкової величини для діаметра, висоти та об'єму стовбура, а також інших таксаційних ознак і показників (Третьяков, 1927; Митропольский, 1961; Вентцель, 2001; Цурик, 2001).

Одновікові деревостани *Fagus sylvatica* L. характеризуються розподілом частот діаметра (висоти) у переважній більшості одномодальними або з локальними максимумами. Гіпотеза підтверджена попередніми дослідженнями (Фелив, 1978). Розподіли такого типу повністю описуються чотирма параметрами – положення, масштабу, косості та ексцесу.

За попередніми дослідженнями, діаметри і висоти деревних порід у різному віці та у різних лісорослинних умовах найчастіше розподілені за нормальним або узагальненим нормальним законами. Існує низка моделей, які також придатні для апроксимації, але є різновидом нормального та узагальненого нормального законів або подібними до них. Йдеться про такі розподіли як логнормальний, Максвелла, Вейбула, Пірсона, Джонсона, Фішера (Митропольский, 1961; Вентцель, 2001; Цурик, 2001).

Другий напрям наукових досліджень (оцінювання багатовимірних залежностей) є менш результативним з об'єктивних причин. Основна причина полягає у трудомісткості збору фактичного матеріалу та громіздкості розрахунків під час апроксимації розподілу декількох випадкових сильно корельованих величин. Однак, на необхідності та перспективності наукових досліджень у цьому напрямі наголошував А. К. Митропольский (1961).

Ускладнення структурної характеристики деревостанів тісно пов'язано з сучасними науковими дослідженнями частки мертвої деревини у вуглецевому балансі (Martin, Domke, Doraisami, & Sean, 2021); нагромадженням вуглецю лісовими екосистемами (Dudek, Korol, Havryliuk, Dychkevych, & Bobiec, 2021); структурою намету деревостану методами космічного лазерного знімання (Sens, Spracklen, & Spracklen, 2021); структурною складністю лісів у різних кліматичних зонах (Ehbrecht et al., 2021); оцінюванням природності старовікових деревостанів (Sens, Spracklen, & Spracklen, 2021) та дендрометричною структурою деревостанів (Ehbrecht et al., 2021).

**Методика моделювання двохмірного розподілу ймовірностей.** Об'єкт дослідження – високопродуктивні одновікові букові деревостани північно-східного мегасхилю Українських Карпат у різному

віці. Предмет дослідження – таксаційна будова зазначеного об'єкта.

Мета досліджень полягала у моделюванні розподілу частот діаметрів і висот з урахуванням їхнього зв'язку у динаміці для деталізації інформації про будову букових деревостанів північно-східного мегасхилю Українських Карпат. Вихідні дані отримано внаслідок реалізації методу подеревної перелікової таксації. Ними є діаметри стовбурів дерев на висоті 1,3 м та висоти дерев бука лісового.

Аналіз сукупності діаметрів і висот (ознак) полягає у виборі функції щільності розподілу ймовірностей. Функція щільності найповніше описує зазначені сукупності. Моделювання функції щільності пов'язане із розрахунком числових характеристик (параметрів).

Статистична теорія визначила основні параметри одновимірних моделей розподілу, якими є математичне очікування, стандартне відхилення, а також асиметрія та ексцес. Чим складнішу систему вивчають, тим більше ускладнюється модель, а, отже, і зростає кількість параметрів, які її описують. Збільшення кількості досліджуваних ознак об'єктивно ускладнює математичну модель. У цьому разі для моделювання розподілу діаметра та висоти деревостану, з урахуванням зв'язку між ознаками, необхідно застосувати від 5 до 14 параметрів.

Достовірнішу інформацію про форму двовимірного розподілу висоти та діаметра можна отримати, використавши рівняння врівнювальної поверхні типу А, яке описують формулою (1). Нормовану величину (x) для ряду діаметра описують формулою (2), а нормовану величину (y) для ряду висоти – формулою (3):

$$\begin{aligned} \varphi_A(x, y) = & \varphi(x) \cdot \left( \varphi(y) - \frac{r_{03}}{6} \cdot \varphi^3(y) + \frac{r_{04} - 3}{24} \cdot \varphi^4(y) \right) + \\ & + \varphi^1(x) \cdot \left( -\frac{r_{12}}{2} \cdot \varphi^2(y) + \frac{r_{13} - 3 \cdot r_{11}}{6} \cdot \varphi^3(y) \right) + \\ & + \varphi^2(x) \cdot \left( -\frac{r_{21}}{2} \cdot \varphi^1(y) + \frac{r_{22} - 2 \cdot r_{11}^2 - 1}{4} \cdot \varphi^2(y) \right) + \\ & + \varphi^3(x) \cdot \left( -\frac{r_{30}}{6} \cdot \varphi(y) + \frac{r_{31} - 3 \cdot r_{11}}{6} \cdot \varphi^1(y) \right) + \\ & + \varphi^4(x) \cdot \left( \frac{r_{40} - 3}{24} \cdot \varphi(y) \right) \end{aligned} \quad (1)$$

$$x = \frac{x_i - X_a}{\sigma_x}, \quad (2)$$

$$y = \frac{1}{\sqrt{1 - r_{11}^2}} \cdot \left( \frac{y_j - Y_a}{\sigma_y} - \frac{r_{11} \cdot (x_i - X_a)}{\sigma_x} \right), \quad (3)$$

де:  $r_{11}$  – параметр зв'язку;  $r_{03}, r_{30}, r_{04}, r_{40}$  – основні моменти різного порядку, які визначають форму кривої розподілу діаметра (висоти);  $r_{22}, r_{21}, r_{12}, r_{31}, r_{13}$  – змішані основні моменти різного порядку;  $\varphi$  – функція нормального розподілу;  $\varphi^1, \dots, \varphi^4$  – похідні різного порядку функції нормального розподілу; x, y – нормована величина для діаметра та ви-

соти;  $X_a, Y_a$  – середньоарифметичний діаметр (висота);  $\sigma_x (\sigma_y)$  – стандартне відхилення розподілу діаметра (висоти).

Функція щільності нормального розподілу та чотири її похідні описують формулами, які наведено в працях А. К. Митропольського (1961) і К. С. Венцель (2001). Ці ж вчені подають ознаки нормальності теоретичної поверхні, якими є співвідношення параметрів моделі (1):  $r_{30} = r_{03}, r_{40} = r_{04}, r_{12} = r_{21}, r_{31} = r_{13} = 3 \times r_{11}, r_{22} = 1 + r_{11}^2, r_{11} = r_{31}; r_{40} = r_{13}; r_{04}$ .

На відміну від одновимірних моделей, у двовимірному розподілі типу А з'являються якісно нові параметри, що дає змогу перейти від оцінювання ознак у площині до тривимірної просторової презентації. У моделі (1) з 14 параметрів шість відповідають за оцінювання форми поверхні. Дві системи величин поєднані параметром зв'язку ( $r_{11}$ ). Поверхня розподілу двох величин описується параметрами  $r_{22}, r_{21}, r_{12}, r_{31}$  та  $r_{13}$ .

Теоретичні значення середніх висоти (H) та діаметра (D), а також основних моментів отримано за результатами регресійного аналізу. Прогноз середньої висоти здійснено через верхню висоту, а середнього діаметра – на основі показника  $D \times H^{-1}$ . У межах класу бонітету та середнього віку деревостану із бази даних вибрано таксаційні пробні площі з максимальними показниками запасу, а з-поміж них відібрано об'єкти з найбільшою величиною середнього діаметра. Для цих пробних площ розраховано показник  $D \times H^{-1}$ .

Встановлено тісний зв'язок між таксаційними показниками деревостану H (D) та параметрами розподілу  $H_a (D_a)$ . Враховуючи тісний зв'язок між параметрами положення ( $r_{11} > 0,99$ ), математичною моделлю вибрано рівняння прямої  $y = a + b \times x$ . На основі цієї моделі описано параметри положення для системи висоти та діаметра. Адекватну оцінку названих вище показників отримують шляхом введення в регресійну модель одного фактора (середньої висоти або середнього діаметра).

Розрахунок параметрів моделі (1) здійснено за загальновідомим у математичній статистиці алгоритмом (Вентцель, 2001). Між стандартним відхиленням ряду діаметра, середньоарифметичним та середньоквадратичним діаметрами існує функціональна залежність, яку описують відомою в біометрії формулою  $s_d = (D^2 - D_a^2)^{0,5}$ . Стандартне відхилення для ряду висоти вираховують за формулою  $s_h = (H_q^2 - H_a^2)^{0,5}$ .

Потреба докладнішого дослідження зв'язків між різними ознаками деревостану та якісно нового рівня узагальнення виявлених тенденцій і закономірностей вимагає збільшення вимірності ймовірнісної моделі розподілу випадкової величини. Таку модель розподілу ймовірностей двох випадкових величин описують не кривою, а поверхнею розподілу.

Проекція такої поверхні на площину відображається еліпсом розсіювання ймовірностей щодо осей абсцис та ординат. Лінійне оцінювання міри стиснутості еліпса здійснюють за допомогою коефіцієнта

кореляції. Параметр зв'язку (коефіцієнт кореляції) є змішаним основним моментом першого порядку й розраховується за відомою в математичній статистиці формулою (Вентцель, 2001).

Коефіцієнт кореляції оцінює залежності між ознаками, які є близькими до лінійних. Він придатний для встановлення тісноти залежності між значеннями двох випадкових величин. Наявність істотного зв'язку не є достатньою умовою для повного опису поверхні розподілу. Параметром  $r_{11}$  неможливо описати форму поверхні розподілу двох випадкових величин.

Форма кривих розподілу кількості дерев за діаметром або висотою не симетрична. В окремі періоди росту показник асиметрії є сильний за ступенем, а середній – характерний упродовж тривалого часу. Скошеність та ексцес розподілів діаметра та висоти, як окремо взятих систем, позначається й на двовимірному розподілі. Форму поверхні можна оцінити внаслідок поєднання таких параметрів як  $r_{21}, r_{12}, r_{13}, r_{31}, r_{22}$  та похідних функції Лапласа-Гаусса.

Після підбору теоретичної моделі доводимо випадковість розбіжності із емпіричною поверхнею. Це дає змогу встановити адекватність вирівнювання функцією щільності емпіричної поверхні. За критерій узгодженості фактичних і теоретичних розподілів системи двох випадкових величин, враховуючи простоту розрахунку, вибрано критерій Пірсона ( $\chi^2$ ). Гіпотезу  $H_0$  про те, що  $\xi = \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$  є вибіркою з розподілу G відхиляємо у тому випадку, коли виконується співвідношення (4).

$$D(\hat{F}_n, G) = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k \left( \frac{v_{ij} - n \cdot p_{ij}}{n \cdot p_{ij}} \right)^2 > \chi_{\alpha; (r-1)}^2, \quad (4)$$

Отже, з імовірністю  $\alpha$  гіпотеза  $H_0$  відхиляється, коли вона справджується. Якщо розбіжність D істотна, тоді ймовірність  $P(\chi^2)$  набуває малих значень. У такому разі гіпотезу про узгодженість відкидають як неправдоподібну. За умови, що  $n \times p_{ij} (v_{ij}) \leq 10$ , клас об'єднуємо із наступним.

Додатково висунуто гіпотезу  $H_0$  про незалежність ознак  $\xi$  і  $\eta$ . Її відхиляємо, якщо виконується співвідношення (5):

$$D(\hat{F}_n, G) = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^k \left( \frac{\left( v_{ij} - \left( \frac{v_{i \cdot} \cdot v_{\cdot j}}{n} \right) \right)^2}{\left( \frac{v_{i \cdot} \cdot v_{\cdot j}}{n} \right)} \right) > \chi_{\alpha; (s-1)(k-1)}^2, \quad (5)$$

Для гіпотетичних ймовірностей  $\hat{p}_i, \hat{p}_{\cdot j}$  належність значень пар ознак до  $X_i \times Y_j$  виконується співвідношенням  $(\hat{p}_i \cdot \hat{p}_{\cdot j}) \cdot n = (v_{i \cdot} \cdot v_{\cdot j}) \cdot n^{-1} \geq 10$ .

**Результати моделювання параметрів функції розподілу частот за двома ознаками.** Моделювання параметрів положення розпочинаємо із аналітичного опису динаміки середньої висоти, яку для бука лісового описують рівнянням (6), а також мо-

делі зв'язку середньої висоти із верхньою, яка для деревного виду описана рівнянням (7):

$$H = \left( \frac{A_i^{2,95933-0,26929 \ln(A_i)}}{A_B^{2,95933-0,26929 \ln(A_B)}} \right)^{1,05238} \cdot B, \quad (6)$$

$$H = 0,78744 \cdot H_B^{1,05238}, \quad (7)$$

Для подальшого розрахунку необхідна інформація про середню висоту в базовому віці (B). Базовим прийнято вік 100 років, в якому спостережено перехід величини показника висоти від рівномірного росту до його припинення. Для I<sup>c</sup> класу бонітету B = 40 м, I<sup>b</sup> – B = 36,3 м, I<sup>a</sup> – B = 32,6 м, I – B = 28,9 м.

На основі значень середньої висоти букових деревостанів та оптимальної величини показника

D×H<sup>-1</sup> розраховано динаміку середнього діаметра за формулою D = (D×H<sup>-1</sup>)×H. Середній діаметр бука описано моделлю (8).

$$D = 0,4468 \cdot EXP(0,0053 \cdot B) \cdot H^{1+2,8329B^{-0,7256}}, \quad (8)$$

Основні статистики моделі середнього діаметра (8): сума квадратів різниць (скр) – 5398; обсяг вибірки (N) – 204; число параметрів моделі (f) – 4; число ступенів свободи (v) – 200; помилка регресії (m<sub>y</sub>) – 5,193; довірчий коефіцієнт (t) – 1,96; рівень імовірності (P) – 95%; дисперсія експерименту (σ<sub>y</sub><sup>2</sup>) – 140,72; дисперсія адекватності (σ<sub>зал</sub><sup>2</sup>) – 27,01; критерій Фішера фактичний (F) – 0,19; критерій Фішера теоретичний (F<sub>5%</sub>) – 1,39.

Результати моделювання середніх висоти і діаметра наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Динамічні ряди середніх висоти і діаметра деревостанів бука лісового

Середній вік, років	Значення показників за класами бонітету							
	I <sup>c</sup>	I <sup>b</sup>	I <sup>a</sup>	I	I <sup>c</sup>	I <sup>b</sup>	I <sup>a</sup>	I
	середня висота, м				середній діаметр, см			
10	3,9	3,5	3,2	2,8	2,8	2,5	2,2	1,9
20	10,6	9,6	8,7	7,7	9,3	8,4	7,5	6,6
30	17,0	15,4	13,8	12,3	16,3	14,7	13,3	11,8
40	22,4	20,3	18,2	16,2	22,6	20,6	18,7	16,7
50	26,9	24,4	21,9	19,4	28,2	25,7	23,4	21,0
60	30,6	27,7	24,9	22,1	32,9	30,1	27,4	24,7
70	33,7	30,5	27,5	24,3	36,9	33,8	30,8	27,9
80	36,2	32,8	29,5	26,2	40,3	36,9	33,7	30,5
90	38,3	34,7	31,2	27,7	43,0	39,5	36,1	32,7
100	40,0	36,3	32,6	28,9	45,3	41,6	38,1	34,5
110	41,4	37,5	33,7	29,9	47,2	43,4	39,7	36,0
120	42,5	38,5	34,7	30,7	48,8	44,8	41,0	37,2

Середньоарифметичну висоту відображено лінійною моделлю H<sub>a</sub> = 0,9586×H-0,5538 (коефіцієнт детермінації R<sup>2</sup><sub>a</sub> = 99,53%; показник точності моделі θ = 99,76%). Середньоквадратична висота описана лінійною моделлю H<sub>q</sub> = 0,9641×H-0,3892 (R<sup>2</sup> = 99,98%; θ = 99,99%). Середньоарифметичний діаметр адекватно відображено рівнянням прямої лінії D<sub>a</sub> = 0,9524×D-0,3559 (R<sup>2</sup> = 99,98%; θ = 99,99%).

Теоретичні динамічні ряди середньоарифметичних висоти та діаметра, а також середньоквадратичної висоти для деревостанів *Fagus sylvatica* наведено в табл. 2.

Результати моделювання стандартного відхилення ряду висоти та діаметра для деревостанів бука наведено у табл. 3.

Абсолютне значення стандартного відхилення для ряду висоти менше від аналогічного показника ряду діаметра. Асиметрія характеризується високою мінливістю. Тому навіть після розділення в го-

могенні ряди можливо подати модель лише найвірогідніших значень асиметрії. Здебільшого асиметрія не перевищує ±0,80. Аналіз експериментальних даних показав, що вища за модулем асиметрія не характерна для розподілів діаметра бука лісового. Виняток становлять молодяки цього деревного виду.

Модель асиметрії ряду діаметра для насаджень бука лісового описано формулою (10). Аналітично залежність між асиметрією розподілів діаметра та висоти букових насаджень описано лінійною моделлю (11):

$$r_{3d} = (3,41 + 0,031 \cdot B - 0,0016 \cdot B^2) \cdot A^{-0,2236 \cdot \ln(3,41 + 0,031 \cdot B - 0,0016 \cdot B^2) - 0,22}, \quad (10)$$

$$r_{3h} = 0,6032 \cdot r_{3d} - 0,97, \quad (11)$$

Найвірогідніші значення асиметрії розподілу кількості дерев за діаметром і за висотою наведено у табл. 4.



Таблиця 2

## Динаміка параметрів положення деревостанів бука лісового

Середній вік, років	Значення параметрів положення за класами бонітету											
	Г <sup>c</sup>	Г <sup>b</sup>	Г <sup>a</sup>	Г	Г <sup>c</sup>	Г <sup>b</sup>	Г <sup>a</sup>	Г	Г <sup>c</sup>	Г <sup>b</sup>	Г <sup>a</sup>	Г
	середньоарифм. висота, м				середньоквадрат. висота, м				середньоарифм. діаметр, см			
10	3,2	2,8	2,5	2,1	3,4	3,0	2,7	2,3	2,3	2,0	1,7	1,4
20	9,6	8,7	7,8	6,8	9,9	8,9	8,0	7,0	8,5	7,6	6,8	5,9
30	15,7	14,2	12,7	11,2	16,0	14,4	12,9	11,4	15,1	13,7	12,3	10,9
40	20,9	18,9	16,9	14,9	21,2	19,2	17,2	15,2	21,2	19,3	17,4	15,6
50	25,2	22,8	20,4	18,1	25,5	23,1	20,7	18,3	26,5	24,2	21,9	19,7
60	28,8	26,0	23,4	20,6	29,1	26,4	23,7	20,9	31,0	28,3	25,8	23,2
70	31,7	28,7	25,8	22,8	32,1	29,0	26,1	23,1	34,8	31,8	29,0	26,2
80	34,2	30,9	27,7	24,5	34,5	31,3	28,1	24,8	38,0	34,8	31,7	28,7
90	36,2	32,7	29,4	26,0	36,5	33,1	29,7	26,3	40,6	37,2	34,0	30,8
100	37,8	34,2	30,7	27,1	38,2	34,6	31,0	27,5	42,8	39,3	35,9	32,5
110	39,1	35,4	31,8	28,1	39,5	35,8	32,1	28,4	44,6	41,0	37,4	33,9
120	40,2	36,4	32,7	28,9	40,6	36,8	33,0	29,2	46,1	42,3	38,7	35,1

Таблиця 3

## Динаміка стандартного відхилення для ряду висоти та діаметра

Середній вік, років	Значення стандартного відхилення за класами бонітету							
	Г <sup>c</sup>	Г <sup>b</sup>	Г <sup>a</sup>	Г	Г <sup>c</sup>	Г <sup>b</sup>	Г <sup>a</sup>	Г
	ряд висоти				ряд діаметра			
10	1,1	1,0	1,0	0,9	1,6	1,5	1,3	1,2
20	2,1	2,0	1,8	1,7	3,8	3,5	3,2	2,9
30	2,9	2,7	2,5	2,3	6,0	5,5	5,0	4,6
40	3,5	3,2	3,0	2,8	7,9	7,3	6,7	6,1
50	4,0	3,7	3,4	3,1	9,6	8,9	8,2	7,4
60	4,4	4,1	3,8	3,4	11,1	10,2	9,4	8,6
70	4,7	4,4	4,0	3,7	12,3	11,4	10,4	9,5
80	5,0	4,6	4,3	3,9	13,3	12,3	11,3	10,3
90	5,2	4,8	4,5	4,1	14,2	13,1	12,1	11,0
100	5,4	5,0	4,6	4,2	14,9	13,7	12,7	11,6
110	5,6	5,1	4,7	4,3	15,5	14,3	13,2	12,0
120	5,7	5,2	4,8	4,4	15,9	14,7	13,6	12,4

Таблиця 4

## Динаміка асиметрії розподілу кількості дерев за діаметром та за висотою

Середній вік, років	Значення асиметрії за класами бонітету								
	Г <sup>c</sup>	Г <sup>b</sup>	Г <sup>a</sup>	Г	Г <sup>c</sup>	Г <sup>b</sup>	Г <sup>a</sup>	Г	Г
	ряд висоти				ряд діаметра				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	-0,46	-0,42	-0,39	-0,36	0,86	0,92	0,98	1,02	
20	-0,58	-0,56	-0,54	-0,53	0,66	0,69	0,72	0,74	
30	-0,64	-0,62	-0,61	-0,61	0,56	0,58	0,60	0,61	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	-0,67	-0,66	-0,66	-0,65	0,50	0,52	0,53	0,53
50	-0,70	-0,69	-0,69	-0,68	0,46	0,47	0,48	0,48
60	-0,72	-0,71	-0,71	-0,71	0,43	0,43	0,44	0,44
70	-0,73	-0,73	-0,73	-0,73	0,40	0,41	0,41	0,41
80	-0,74	-0,74	-0,74	-0,74	0,38	0,39	0,39	0,39
90	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	0,37	0,37	0,37	0,37
100	-0,76	-0,76	-0,76	-0,76	0,35	0,35	0,35	0,35
110	-0,77	-0,77	-0,77	-0,77	0,34	0,34	0,33	0,33
120	-0,78	-0,78	-0,78	-0,78	0,33	0,32	0,32	0,32

За аналізом наведених в табл. 4 даних, асиметрія ряду діаметра в динаміці є додатна і найбільша в молодняках. Асиметрія в цій віковій групі за величиною є сильною або середньою. В інших вікових групах асиметрія діаметрів слабка або середня.

Аналіз значень для рядів висот (див. табл. 4) показує, що величина асиметрії від’ємна і найменша в букових молодняках. Абсолютна величина асиметрії розподілу ймовірностей висоти бука загалом є більшою ніж 0,35.

На відміну від розподілу діаметра, мінімальна величина асиметрії висоти припадає на молодняки першого десятиріччя. В інших класах віку асиметрія розподілу висоти є від’ємною, а за ступенем – середньою та сильною. Параметр косості кривої розподілу має винятково важливе значен-

ня для характеристики сортиментної структури насадження. Дослідження вказаних параметрів математично пояснює особливості та закономірності товарно-сортиментної структури деревостану.

Аналітичний вираз, на основі якого вирівняно найімовірніші значення четвертого основного моменту розподілу діаметра (висоти) для деревостанів бука лісового, виражено експоненціальним рівнянням (12)–(13):

$$r_{4h} = 1,7747 \cdot \text{EXP}(-0,7276 \cdot r_{3h}), \quad (12)$$

$$r_{4d} = 2,1071 \cdot \text{EXP}(0,5999 \cdot r_{3d}), \quad (13)$$

Розрахунок найвірогідніших значень четвертого основного моменту для розподілу діаметра наведено у табл. 5.

Таблиця 5

**Динаміка четвертого основного моменту розподілу діаметра і висоти**

Середній вік, років	Значення четвертого основного моменту за класами бонітету							
	ряд висоти				ряд діаметра			
	I <sup>c</sup>	I <sup>b</sup>	I <sup>a</sup>	I	I <sup>c</sup>	I <sup>b</sup>	I <sup>a</sup>	I
10	2,47	2,40	2,35	2,31	3,53	3,67	3,78	3,88
20	2,70	2,66	2,63	2,61	3,12	3,19	3,24	3,28
30	2,82	2,79	2,77	2,76	2,95	2,99	3,02	3,04
40	2,89	2,88	2,86	2,85	2,85	2,87	2,89	2,90
50	2,95	2,93	2,93	2,92	2,78	2,79	2,80	2,81
60	2,99	2,98	2,97	2,97	2,73	2,73	2,74	2,75
70	3,02	3,02	3,01	3,01	2,69	2,69	2,69	2,70
80	3,05	3,05	3,04	3,04	2,65	2,65	2,66	2,66
90	3,07	3,07	3,07	3,07	2,63	2,63	2,62	2,62
100	3,09	3,09	3,09	3,09	2,60	2,60	2,60	2,60
110	3,11	3,11	3,11	3,12	2,58	2,58	2,58	2,57
120	3,12	3,13	3,13	3,13	2,57	2,56	2,56	2,55

У динаміці величина четвертого основного моменту в молодняках є вищою, ніж у стиглих насадженнях. За знаком цей параметр різний, проте коливається довкола нуля. Загалом для досліджуван-

них розподілів параметр ексцесу за абсолютним значенням є незначним.

Аналіз даних табл. 5 свідчить про те, що значення четвертого основного моменту розподілу ймо-

вірностей висоти зростає у динаміці. Амплітуда коливання значень цього параметра щодо бонітету менша, ніж у розподілу кількості дерев за діаметром. Порівняння значень параметра ексцесу розподілів ймовірностей висоти та діаметра дає змогу виявити в них обернено пропорційний зв'язок між  $r_{4h}$  та  $r_{4d}$  у бука лісового.

Параметр зв'язку ( $r_{11}$ ) достатньо вивчений. Так, в одновікових сосняках співвідношення між таксаційними ознаками із застосуванням кореляційного аналізу в період 1926-1936 рр. аналізував у наукових працях А. І. Кондратьєв (Цурик, 2001). Пізніше цей науковий напрям поглиблювали В. І. Левін впродовж 1955-1966 рр., М. Л. Дворецький – 1957-1964 рр., А. В. Рогачов, Н. Т. Смірнов, П. М. Верхунов – у 70-их роках минулого століття.

У своїх наукових працях К. Є. Нікітін, А. З. Швиденко (1978) встановили величину показника кореляції між діаметром і висотою ялинових деревостанів. За їхніми даними, для нижньогірського лісорослинного поясу кореляція становить  $0,79 \pm 0,038$ , для високогірного –  $0,85 \pm 0,039$ , а загалом для Карпат –  $0,73 \pm 0,039$ .

Парний коефіцієнт кореляції між діаметром та висотою у Карпатських ялинниках оцінено також Є. І. Цуриком (2001). За результатами досліджень, в умовно одновікових деревостанах цей показник становить  $0,79 \pm 0,022$ , в умовно різновікових –  $0,86 \pm 0,020$ , у різновікових –  $0,84 \pm 0,017$ . Розрахований коефіцієнт кореляції розподілу діаметра та висоти деревостану сосни 180-річного віку за А. К. Митропольським (1961) становить  $0,73$ .

Аналіз власних спостережень свідчить про деяку зміну коефіцієнта кореляції у динаміці. Загальний вигляд моделі залежності параметра зв'язку від віку деревостану для бука лісового виражається рівнянням (14):

$$r_{11} = 0,726 - 0,0004 \cdot A, \quad (14)$$

Аналіз емпіричних значень коефіцієнта кореляції на таксаційних пробних площах дає підставу стверджувати, що нижня межа рідко опускається нижче  $0,68$ , а верхня – не перевищує  $0,84$ .

Створивши масив інформації за допомогою групування параметрів  $r_{21}$ ,  $r_{12}$ ,  $r_{13}$ ,  $r_{31}$  та  $r_{22}$  щодо різних факторів, вибрано найвагоміші з них. Для апроксимації вказаних параметрів найкраще використати їхній прямолінійний зв'язок. Загальний вигляд моделей залежності параметрів описано рівняннями для деревостанів бука (15)–(19):

$$r_{12} = 0,6263 \cdot r_{03} - 0,0127, \quad (15)$$

$$r_{21} = 0,5947 \cdot r_{30} - 0,3125, \quad (16)$$

$$r_{13} = 0,3955 \cdot r_{04} + 0,8945, \quad (17)$$

$$r_{31} = 0,2076 \cdot r_{40} - 1,3706, \quad (18)$$

$$r_{22} = 0,3688 \cdot r_{13} + 1,0917, \quad (19)$$

У підсумку, середнє значення параметра  $r_{12}$  становить  $-0,358 \pm 0,085$  для деревостанів бука. Величина та знак параметра вказують, що середня по-

верхня буде скошена праворуч від лінії регресії висоти. Знак параметра  $r_{12}$  поверхні здебільшого збігається зі знаком асиметрії розподілу висоти.

Середнє значення параметра  $r_{21}$  для деревостанів бука становить  $0,109 \pm 0,031$ . Аналіз розрахованих параметрів підтверджує, що  $r_{21}$  за абсолютним значенням є меншим, ніж величина параметра  $r_{12}$ . В обох випадках параметри характеризуються знаком «мінус».

Наступні параметри відображають особливості концентрації ймовірностей з урахуванням одночасно двох систем випадкових величин. Міра концентрації кількості дерев змінює піднятість вершини поверхні розподілу.

Розрахунок параметра  $r_{13}$  показав, що його середнє значення для деревостанів бука становить  $2,198 \pm 0,422$ . Узагальнюючи значення параметра  $r_{31}$ , загалом для всіх класів віку виведено його середню величину, яка становить  $2,001 \pm 0,586$ . Розглянуті параметри набувають додатних значень.

Другий основний змішаний момент  $r_{22}$  характеризує площу еліпса розсіювання двох випадкових величин. Він описує проєкцію поверхні розподілу на площину, утворену осями абсцис та ординат. За математичною суттю параметр  $r_{22}$  є аналогічним дисперсії і, залежно від його величини, змінюється й масштаб поверхні розподілу ймовірностей за висотою та діаметром.

У букових деревостанах параметр  $r_{22}$  набуває значення від  $1,900$  до  $2,100$ . Оптимізуючи результат, отримаємо середнє значення параметра, який для деревостанів бука становить  $1,905 \pm 0,324$ .

Аналіз табульованих значень параметра масштабу розподілу ймовірностей діаметра та висоти дає змогу визначити лімітуючі величини. Нижня межа цього параметра не опускається нижче  $1,700$ . Верхньою межею другого основного змішаного моменту, незалежно від внесених у модель факторів, є значення  $2,500$ .

Оцінювання особливостей форми поверхні розподілу ймовірностей за діаметром і висотою дерев у динаміці, залежно від класу бонітету, є теоретичною основою розрахунку обсягів запасу і відпаду у насадженнях. Моделювання двовимірного розподілу кількості дерев за діаметром та висотою можна використати під час аналізу товарної структури деревостану, виходу ділових сортиментів та їх матеріально-грошового оцінення. Розв'язання зазначених вище завдань на новій методичній основі з використанням динамічних рядів апроксимованих параметрів за допомогою введення їх у модель поверхні типу А дає змогу отримати розподіл запасу деревини щодо ступенів діаметра та висоти.

Фрагмент двовимірного теоретичного розподілу кількості дерев за діаметром і висотою для 80-річних деревостанів *Fagus sylvatica* у найпродуктивніших лісорослинних умовах ( $D_s$ ) наведено у табл. 7.

Двовимірний теоретичний розподіл частот діаметра і висоти можна використати як базовий для комплексного оцінювання усіх компонентів дере-



востану. Зокрема, можливе доповнення моделями для розрахунку маси, протяжності та об'єму коренів залежно від віку, діаметра і висоти дерев, опрацьованих М.М. Гузем (1996). Практичне значен-

ня цих досліджень полягає в оцінюванні запасу кореневої деревини як можливого джерела сировини промислового значення, а також як джерела поповнення елементів родючості ґрунту.

Таблиця 7

**Теоретичний розподіл кількості дерев у 80-річних букових деревостанах свіжого ґруду (I<sup>c</sup> клас бонітету)**

d <sub>i</sub>	h <sub>j</sub>														
	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
12	0,10	0,17	0,25	0,33	0,37	0,29	0,14	0,04	0,01						
16	0,12	0,26	0,42	0,57	0,70	0,67	0,43	0,17	0,04	0,00					
20	0,11	0,28	0,53	0,79	1,05	1,19	0,97	0,50	0,15	0,02					
24	0,07	0,24	0,54	0,89	1,27	1,64	1,66	1,13	0,46	0,10	0,01				
28	0,04	0,15	0,43	0,82	1,25	1,79	2,22	1,95	1,06	0,33	0,05				
32	0,01	0,08	0,27	0,62	1,03	1,58	2,32	2,62	1,89	0,80	0,17	0,00			
36	0,00	0,03	0,14	0,38	0,71	1,14	1,91	2,75	2,63	1,50	0,46	0,04			
40		0,01	0,06	0,19	0,41	0,69	1,25	2,27	2,88	2,19	0,92	0,16			
44		0,00	0,02	0,08	0,20	0,36	0,67	1,48	2,51	2,55	1,45	0,39			
48			0,00	0,02	0,08	0,16	0,29	0,77	1,75	2,40	1,83	0,70	0,06		
52				0,01	0,03	0,06	0,11	0,32	0,99	1,83	1,86	0,99	0,19		
56					0,01	0,02	0,04	0,11	0,46	1,14	1,54	1,12	0,35		
60						0,00	0,01	0,03	0,17	0,59	1,05	1,02	0,48	0,03	
64							0,00	0,01	0,05	0,25	0,58	0,75	0,50	0,11	
68									0,01	0,09	0,26	0,44	0,40	0,16	
72									0,00	0,02	0,10	0,21	0,26	0,16	0,02
76										0,01	0,03	0,08	0,13	0,11	0,04

Моделями оцінювання компонентів надземної фітомаси дерев (гілок та деревної зелені), опрацьованих П. І. Лакидою (1997, 2001), можливо доповнити інформацією щодо асимілятивної частини дерева та деревостану. Внаслідок поєднання вказаних моделей існує змога отримати цілісне уявлення про структуру компонентів деревостану у динаміці.

**Висновки.** Таксаційна будова нормальних букових деревостанів I<sup>c</sup>...I класів бонітету відображає розподіл кількості дерев за діаметром і висотою в діапазоні 10-120 років.

Моделлю розподілу кількості дерев за висотою та діаметром є 14-ти параметрична поверхня розподілу ймовірностей типу А. Алгоритм моделювання теоретичної поверхні містить розрахунок таких параметрів: розподілу діаметра та висоти: положення (середньоарифметичні та середньоквадратичні показники), масштабу (стандартні відхилення), форми (асиметрію та ексцес), зв'язку (основні змішані моменти 1-3 порядків).

У деревостанах *Fagus sylvatica* 10-річного та 120-річного віку стандартне відхилення розподілу кількості дерев за висотою збільшуються з 1,1...0,9 до 5,7...4,4 м; стандартне відхилення розподілу кількості дерев за діаметром зростає з 1,6...1,2

до 15,9...12,4 см; асиметрія розподілу кількості дерев за висотою посилюється з -0,46...-0,36 до -0,78; асиметрія розподілу кількості дерев за діаметром послаблюється з 0,86...1,02 до 0,33...0,32; ексцес розподілу кількості дерев за висотою посилюється з -0,53...-0,69 до 0,12...0,13; ексцес розподілу кількості дерев за діаметром послаблюється з 0,53...0,88 до -0,43...-0,45. Коефіцієнт кореляції між ознаками в середньому становить 0,76. Найвірогідніші значення інших основних змішаних моментів такі:  $r_{12} = -0,358$ ,  $r_{21} = -0,109$ ,  $r_{13} = 2,198$ ,  $r_{31} = 2,001$ ,  $r_{22} = 1,905$ .

Аргументами моделі динаміки параметрів положення є середні значення висоти та діаметра букового деревостану. Середня висота деревостану є функцією верхньої висоти. Аргументами моделі динаміки параметрів форми розподілу ознак є середній вік і клас бонітету насадження. Складні змішані моменти визначено через показники простіших параметрів. Результатом моделювання згаданих параметрів є нормативи динаміки двовимірного розподілу кількості дерев за висотою та діаметром для деревостанів бука лісового I<sup>c</sup>...I класів бонітету.

Моделювання багатовимірних залежностей дає можливість розв'язувати практичні завдання. Розрахунок запасу деревостану, здійснений із застосу-

ванням моделі багатовимірного розподілу, дає змогу отримати більшу кількість об'єктивної лісівничої інформації про його сортиментну й товарну структуру. Застосування методу багатовимірного оцінювання розподілу висоти й діаметра у різному віці, у різних лісорослинних умовах дає змогу формалізувати проектування рубок догляду.

Дослідження з метою створення багатовимірних стохастичних моделей дають змогу математично зв'язати стовбурову, підземну та асимілятивну частини деревостану, що сприяє створенню цілісного уявлення про ліс, як систему з усією різноманітністю вимірів та зв'язків.

### Список літератури

- Вентцель Е.С. (2001). *Теория вероятностей*. Москва: Высшая школа. 575 с. [Venttsel, E.S. (2001). *Theory of probability*. Moscow: Higher school] (in Russian)
- Гузь М.М. (1996). *Закономірності формування кореневих систем лісоутворюючих порід України*. Львів: УкрДЛТУ. 39 с. [Huz, M.M. (1996). *The regularities of rootage forming of main species of Ukraine*. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Лакида П.І. (1997). *Продуктивність лісових насаджень України за компонентами надземної фітомаси*. Київ: НАУ. 48 с. [Lakyda, P.I. (1997). *Productivity of forest stands of Ukraine by the components of above ground phytomass*. Kyiv: National Agrarian University] (in Ukrainian)
- Лакида П.І. (2001). *Фітомаса лісів України*. Тернопіль: Збруч. 256 с. [Lakyda, P.I. (2001). *Phytomass of the forests of Ukraine*. Ternopil: Zbruch] (in Ukrainian)
- Митропольский А.К. (1961). *Техника статистических вычислений*. Москва: Госиздат физ.-мат. лит.-ры. 480 с. [Mytropolskiy, A.K. (1961). *Technology of statistical calculations*. Moscow: State publisher of physical and mathematical literature] (in Russian)
- Никитин К.Е., Швиденко А.З. (1978). *Методы и техника обработки лесоводственной информации*. Москва: Лесная промышленность. 272 с. [Nikitin, K.E., & Shvydenko, A.Z. (1978). *Methods and technology of development of forestry information*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Третьяков Н.В. (1927). *Закон единства в строении насаждений*. Москва-Ленинград: Новая деревня. 113 с. [Tretiakov, N.V. (1923). *The law of unity in the structure of plantations*. Moscow-Leningrad: New Village] (in Russian)
- Фелив А.А. (1978). *Рост, строение и динамика товарности буковых древостоев северного мегасклона Украинских Карпат*. Москва: Московский лесотехнический институт. 24 с. [Felyv, A.A. *Growth, structure and dynamic of commodity of beech stands of northern mega slope of Ukrainian Carpathian*. Moscow: Moscow Forestry University] (in Russian)
- Цурик Є.І. (2001). *Таксаційні ознаки й будова насаджень*. Львів: УкрДЛТУ. 362 с. [Tsuryk, Ye. I. (2001). *Forest valuation indexes and structure of stands*. Lviv: Ukrainian State Forestry University] (in Ukrainian)
- Яглом А.М., Яглом И.М. (1973). *Вероятность и информация*. Москва: Наука. 512 с. [Yahlom, A.M., & Yahlom, I.M. (1973). *Probability and information*. Moscow: Science] (in Russian)
- Adam, R.M., Grant M.D., Doraisami, M., & Sean C.T. (2021). Carbon fractions in the world's dead wood. *Nature communications*, 12(889), 1-9. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21149-9>
- Sens, R., Spracklen, B., & Spracklen, D.V. (2021). Determination of Structural Characteristics of Old-Growth. *Remote Sens*, 13(1233), 1-21 <https://doi.org/10.3390/rs13071233>
- Ehbrecht, M., Seidel, D., Annighufer, P., Kreft, H., Kühler, M., Zemp, D.C., ... Ammer, Ch. (2021). Global patterns and climatic controls of forest structural complexity. *Nature communications*, 12(519), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20767-z>
- Meyer, P., Aljes, M., Culmsee, H., Feldmann, E., Glatthorn, J., Leuschner, Ch., & Schneider, H. (2021). Quantifying old-growthness of lowland European beech forests by a multivariate indicator for forest structure. *Ecological Indicators*, 125(107575), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107575>
- Dudek, T., Korol, M., Havryliuk, S., Dychkevych, V., & Bobiec, A. (2021). The dendrometric characteristics of oak woods in rural landscapes of the East Carpathians. *Baltic Forestry*, 27(1), 1-8. <https://doi.org/10.46490/BF336>

### Multivariate beech stands structure in the north-east mega slope of the Ukrainian Carpathian: theoretical aspects and practical significance

Yu. Kahaniak<sup>1</sup>, I. Ilkiv<sup>2</sup>, S. Havryliuk<sup>3</sup>

High productivity even-aged beech stands of the north-east mega slope of the Ukrainian Carpathian in different age are the study object in this scientific work.

<sup>1</sup> *Yulian Kahaniak* – Full 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.: +38-096-057-11-96. E-mail: y.kahanjak@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9215-3922>

<sup>2</sup> *Ivan Ilkiv* – PhD of Agricultural Science, Head 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: i.ilktiv@nltu.edu.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\_havrylyuk@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0361-0624>

The modelling of diameters and heights frequencies distribution performed taking into consideration their relations in dynamic for the detailing of information about the beech forest structure in the study region. The initial data were received by the continuous inventory method. This data includes measure of diameters and heights of beech trees. The age range of investigated stands was from 10 to 120 years.

The main parameters of one-dimensional distribution model are the mathematical expectation, standard deviation, skewness and kurtosis. When more complicate system is studied the model getting more complicate and the number of parameters, that describe it, is growing. Therefore, for modelling of diameter and height distribution, taking into account the relations between them, it is necessary to employ from 5 to 14 parameters.

The equation of fitted surface type A with 14 parameters was chosen as the model of diameters and heights distribution. The algorithm of modelling theoretical surface has the evaluation of such parameters of diameter and height distribution: position (mean and mean-square parameters), scale (standard deviations), form (skewness and kurtosis), relation (main mixed moments of 1-3 degree).

It is determined, that the standard deviation of tree's count deviation by height are increasing from 1,1...0,9 m in 10-year-old stands to 5,7...4,4 m at 120-year-old stands. The standard deviation of tree's count deviation by diameters are increasing from 1,6...1,2 cm in 10-year-old stands to 15,9...12,4 m at 120-year-old stands. The skewness of tree's count deviation by height are increasing from -0,46...-0,36 in 10-year-old stands to -0,78 at 120-year-old stands. The skewness of tree's count deviation by diameter are decreasing from 0,86...1,02 in 10-year-old stands to 0,33...0,32 at 120-year-old stands. The kurtosis of tree's count deviation by height are decreasing from -0,53...-0,69 in 10-year-old stands to 0,12...0,13 at 120-year-old stands. The kurtosis of tree's count deviation by diameter are decreasing from 0,53...0,88 in 10-year-old stands to -0,43...-0,45 at 120-year-old stands. The coefficient of correlation between the features is in average 0,76. Most veritable values of others main mixed moments are the next:  $r_{12} = -0,358$ ,  $r_{21} = -0,109$ ,  $r_{13} = 2,198$ ,  $r_{31} = 2,001$ ,  $r_{22} = 1,905$ .

The height and diameter parameters of beech stands were the model's independent variables of dynamic of state parameters. The average height of stand is a function of top height. The average age and productivity class of stands are the model's independent variables of dynamic of form. Complex mixed moments were evaluated through the variables of more simple parameters. The result of these modelling are the dynamic standards of two-dimensional distribution of quantity of trees by height and diameter for the beech stands of I<sup>c</sup>...I classes of productivity.

The modelling of multi-dimensional relations allows to solve the practical tasks. The stands volume calculation was performed using a multivariate

distribution model, which allows expanding the information base of the assortment and commodity structures. Application of the method of multivariate estimation of diameters and heights distribution in different ages, forest types and different productivity classes give an opportunity to formalize projecting of thinning.

The study for estimation of multivariate random models gives an opportunity to link the stem, underground and above-ground parts of the stands. This study will assist in developing a complete conception of the forest with a multiplicity of dimensions and relations.

**Key words:** density function, distribution, theoretical surface, parameters, forest structure, stand, beech, dynamic, relation.

### **Многомерное строение буковых древостоев северо-восточного мегасклона Украинских Карпат: теоретические аспекты и практическое значение**

Ю. И. Каганяк<sup>1</sup>, И. С. Илькив<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>

Исследованы высокополнотные одновозрастные высокопродуктивные буковые древостои разного возраста на северо-восточном мегасклоне Украинских Карпат. Предметом исследования предусмотрено изучение таксационного строения объекта. Целью исследования является моделирование распределения частот диаметров и высот с учётом их связи в динамике для детализации информации о строении буковых древостоев указанного региона исследования.

Моделью распределения диаметров и высот избрано уравнение аппроксимирующей поверхности типа А. Функция плотности распределения вероят-

<sup>1</sup> *Каганяк Юлиан Иосифович* – академик 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.: +38-096-057-11-96. E-mail: y.kahanjak@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9215-3922>

<sup>2</sup> *Илькив Иван Стефанович* – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой лесной таксации и лесоустройства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-926-45-61. E-mail: i.ilkyiv@nltu.edu.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>



ностей этой модели отображается 14 параметрами. Распределение диаметров (высот) оценено среднеарифметической величиной, стандартным отклонением, асимметрией и эксцессом, а также шестью параметрами, которые связывают указанные распределения и позволяют смоделировать теоретическую поверхность.

Среднеарифметическая и среднеквадратическая высоты, среднеарифметический диаметр отображаются линейной моделью. Теоретические значения параметров положения использовано для расчёта стандартного отклонения. Асимметрию ряда диаметра описано степенной функцией в зависимости от бонитета и среднего возраста. Теоретическую зависимость между асимметриями распределения диаметров и высот выражено линейной моделью. Четвертый основной момент распределения диаметров (высот) выражается экспоненциальным уравнением в зависимости от асимметрии. Среднее значение коэффициента корреляции составляет  $0,76 \pm 0,011$ . В среднем значение параметра  $r_{12}$  составляет  $0,36 \pm 0,085$ ,  $r_{21} = 0,11 \pm 0,031$ ,  $r_{13} = 2,2 \pm 0,422$ ,  $r_{31} = 2,00 \pm 0,586$ ,  $r_{22} = 1,91 \pm 0,324$ .

В результате моделирования 14 параметров аппроксимирующей поверхности типа А построены двухмерные распределения частот по диаметру и

высоте. Теорию таксационного строения дополнено распределениями высот, учитывая связь с диаметрами в динамике. Поверхность распределения частот диаметров и высот описывает структуру высокополнотных буковых древостоев I<sup>c</sup>-II класса бонитета в диапазоне среднего возраста от 10 до 120 лет.

Полученные результаты имеют практическое применение. Расчёт запаса древостоя на основании модели многомерного распределения расширяет информационный базис сортиментации и товаризации. Применение метода многомерной оценки распределения высот и диаметров в буковых древостоях разного среднего возраста, в разных лесорастительных условиях и для различных классов бонитета формализует проектирование рубок ухода.

Исследования по созданию многомерных стохастических моделей позволяют математически увязать стволую, подземную и ассимиляционную части древостоя. Это направление обеспечивает создание целостного представления о лесе, как системе со всей разнообразностью измерений и связей.

**Ключевые слова:** функция плотности; распределение; теоретическая поверхность; параметры; древостой; динамика; связь.



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412112>  
 Article received 2020.11.14  
 Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
 ISSN 2616-5015 online  
 @ ✉ Correspondence author  
 Liubov Matushevych  
 Matushevych@nubip.edu.ua  
 Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

УДК 630\*81:582.475(477.41/.42)

## Модельовання первинної продукції компонентів надземної частини дерев сосни звичайної Східного Полісся України

Л. М. Матушевич<sup>1</sup>, П. І. Лакида<sup>2</sup>

*Первинну продукцію компонентів надземної фітомаси (стовбура і крони) оцінено для дерев сосни звичайної, які ростуть переважно у чистих та мішаних (домішка від 1 до 3 од.) соснових насадженнях штучного походження Східного Полісся України. Насадження високопродуктивні (II, I, I<sup>a</sup> і вище класів бонітету), середньо- та високоповнотні, ростуть у свіжих борах (A<sub>2</sub>), субборах (B<sub>2</sub>) та сугрудах (C<sub>2</sub>). Використано дані 80 тимчасових пробних площ (ТПП), які закладено у соснових деревостанах Сумської (36 ТПП) та Чернігівської (44 ТПП) областей. Зрубано й обміряно 900 модельних дерев (МД) сосни звичайної, з яких 226 МД опрацьовано з пофракційним оцінюванням компонентів надземної фітомаси та 674 МД – без оцінювання фітомаси крони. Обмір моделей і розрахунки первинної продукції компонентів надземної фітомаси дерев сосни звичайної виконано за допомогою удосконалених загальноприйнятих методів та розробленого алгоритму.*

*Сукупність значень дослідного матеріалу характеризується їх нормальним розподілом за віком, діаметром, висотою дерев та відносною повнотою насаджень. Встановлено тісноту зв'язку між досліджуваними показниками модельних дерев сосни звичайної (від помірного –  $-0,31 < r < -0,50$ , до дуже високого –  $r > 0,91$ ); слабкої тісноти зв'язок ( $0,11 < r < 0,30$ ) виявлено між повнотою насаджень та часткою поточного об'ємного приросту з показниками компонентів фітомаси крони дерев.*

*Розраховано регресійні математичні моделі для оцінювання абсолютного та відносного поточного об'ємного приросту деревини стовбурів, об'єму кори стовбурів, маси деревини, кори гілок і маси хвої в абсолютно сухому стані, в яких аргументами є вік та діаметр дерев ( $R^2 = 0,72-0,92$ ). Для частки хвої 1-го року зв'язок з віком дерев обернений та помірний, але значущий на 5%-му рівні ( $R^2 = 0,33$ ).*

*Розроблені нормативні таблиці первинної стовбурової продукції деревини та первинної продукції надземної частини дерев сосни звичайної показали, що за однакового діаметра зі збільшенням віку дерев первинна продукція стовбурової деревини збільшується лише до певного віку, а досягнувши максимуму – зменшується. Зі збільшенням діаметра за однакового віку первинна продукція стовбурової деревини зростає. Первинна продукція надземної частини дерев, подібно до окремих компонентів надземної фітомаси, зі збільшенням віку та діаметра також збільшується. У типових лісорослинних умовах Східного Полісся середньовікове дерево (50 років) сосни звичайної в надземній частині може нагромаджувати 15,22 кг·рік<sup>-1</sup> первинної продукції.*

**Ключові слова:** тимчасова пробна площа; модельні дерева; алгоритм розрахунку; поточний приріст; компоненти фітомаси; математичні моделі; первинна продукція.

<sup>1</sup> Матушевич Любов Миколаївна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри таксації лісу та лісового менеджменту. Національний університет біоресурсів та природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна. Тел.: 044-527-85-23; +38-067-944-82-75. E-mail: Matushevych@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7282-3215>

<sup>2</sup> Лакида Петро Іванович – академік Лісівничої академії наук України, перший віце-президент ЛАН України, професор, доктор сільськогосподарських наук, директор навчально-наукового Інституту лісового і садово-паркового господарства. 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 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>

**Вступ.** Для вивчення сучасного стану й функціонування лісових екосистем, первинна продукція є виключно важливим показником з погляду глобального оцінювання ролі лісів, зокрема й лісів Східного Полісся України, як стабілізуючого елемента стійкості кліматичних систем планети. Проте за темою первинної продукції лісів, як на території України, так і інших держав, нагромаджено ще недостатню кількість робіт, а в опублікованих матеріалах середня оцінка первинної продукції для ділянок, вкритих лісовою рослинністю, може відрізнятись більш ніж у два рази, що вказує на доцільність її системного аналізу (Gower, Krankina, Olson, Apps, Linder, & Wang, 2001; Швиденко, Щепашенко, Ваганов, Нильсон, 2008, Швиденко, Лакида, Щепашенко, Василюшин, Марчук, 2014; Білоус, Миронюк, Мацала, Дячук, 2018).

Починаючи з минулого століття і до сьогодні, науковцями всього світу значну увагу приділено дослідженню первинної продукції лісів, що збагатило лісівничу літературу науковими працями цього напрямку (М'якушко, 1972, Clark, Brown, Kicklighter, Chambers, Thomlinson, & Ni, 2001, Lieth, 1975; Tateno, Hishi, & Takeda, 2004; Уткин, 1970 та ін.), які стали підґрунтям для удосконалення, розширення, оновлення існуючих методик та розробки нових методичних підходів до оцінювання первинної продукції, як стабілізуючого екосистемного елемента в умовах глобальних кліматичних змін.

Розроблена значна кількість різних методів оцінювання первинної продукції (Cramer et al., 1999; Кнорре, Кирдянов, Круглов, Силкин, 2005; Ольчев, 2016; Швиденко, Нильссон, Столбовой, Рожков, Глюк, 2001; Усольцев, 2007; Уткин, 1982; Уткин, Замолотчиков, Пряжников, 2003; Ворнов, Усольцев, Часовских, 2010 та ін.), але й досі не сформовано єдиний підхід стосовно принципів формування баз даних про біотичну продуктивність лісів (Jenkins, Chojnacku, Heath, & Birdsey, 2004; Усольцев, 2010), хоча вже тривалий час учені висловлюють стурбованість щодо їх якісної наповненості (Cannell, 1989; Clark et al., 2001; Vogt, Grier, & Vogt, 1986) та недостатнього обсягу інформації для екологічного моделювання (Свиричев, 1981).

Одним із завдань національної статистичної інвентаризації лісів України є отримання вичерпної характеристики лісових ресурсів, зокрема, величини та динаміки приросту (продукції) компонентів дерев і деревостанів. Посилюють та конкретизують вимоги до складу і якості наповнення інформації про ліси ратифікація Україною низки міжнародних угод, які прямо чи опосередковано стосуються лісів, а також євроінтеграційна спрямованість політики держави (Лакида, Василюшин, Матушевич, Бала, Лакида, 2017; Швиденко та ін., 2014; Швиденко, Лакида, Василюшин, 2015).

Беручи до уваги вище викладене, дослідження первинної продукції дерев і деревостанів головних лісотвірних порід Східного Полісся України, які розглядають як ключове завдання у вирішенні енергетичних та екологічних проблем, впрова-

дженні моніторингу довкілля з оцінкою вуглецевої та кисневої продуктивності лісової біоти території, що займає лівобережну частину зони Полісся України, є своєчасними та актуальними.

**Об'єкти та методика досліджень.** *Об'єкт дослідження* – чисті та мішані соснові насадження штучного походження у Східному Поліссі України. *Предмет дослідження* – первинна продукція компонентів фітомаси надземної частини дерев сосни звичайної у штучних деревостанах Східного Полісся України. *Мета роботи* – розробити алгоритм, математичні моделі та нормативні таблиці з оцінювання первинної продукції компонентів надземної фітомаси дерев сосни звичайної.

Для дослідження надземної первинної продукції сосни звичайної використано експериментальний матеріал, зібраний під час польових робіт впродовж 1981-2017 рр. багатьма науковцями (П.І. Лакида, 2002; Лакида та ін., 2016; Лакида та ін., 2011). Тимчасові пробні площі (ТПП) опрацьовані за методикою П.І. Лакиди (2002). Частина ТПП опрацьована за модифікованою методикою досліджень біотичної продукції компонентів крони дерев (Лакида, Матушевич, Блищик, 2012, 2018; Лакида, Матушевич, 2012) та методикою з можливістю оцінення площі листової поверхні насаджень (Лакида, Матушевич, Ловинська, 2015; Лакида, Матушевич, 2015; Матушевич, Лакида, 2014, 2018). Всього використано 80 ТПП, які закладено у соснових деревостанах Сумської (36 ТПП) та Чернігівської (44 ТПП) областей, на території, яку віднесено до зони Східного Полісся. На ТПП зрубано й обміряно 900 модельних дерев (МД) сосни звичайної, з яких 226 МД опрацьовано з пофракційним оцінюванням компонентів надземної фітомаси та 674 МД – без оцінювання фітомаси крони.

Тимчасові пробні площі закладали у чистих і мішаних соснових насадженнях штучного походження, де зрубували модельні дерева, на яких визначали необхідні таксаційні показники. Окрім них, ваговим методом визначали масу деревної зелені, масу живих і мертвих гілок. Перед зрубанням МД вимірювались параметри їхньої крони. Здійснювали також лінійний обмір та визначали масу річного приросту модельних гілок (МГ), узятих з модельних дерев.

ТПП представлені усіма класами віку – від молодняків до стиглих соснових насаджень (IX клас віку в експлуатаційних лісах), однак з перевагою молодняків і середньовікових деревостанів. Загалом, це чисті сосняки або з незначною домішкою (від 1 до 3 од.) у складі насаджень інших порід, які є високопродуктивними (II, I, I<sup>a</sup> і вище класи бонітету), що в основному відображає продуктивність соснових насаджень у регіоні досліджень. Вони, зазвичай, формують середньо- та високоповнотні соснові деревостани, меншою мірою – низькоповнотні. Соснові насадження досліджено у свіжих борах (A<sub>2</sub>), суборах (B<sub>2</sub>) та сугрудах (C<sub>2</sub>) Східного Полісся України. В процесі досліджень розробле-



но та запропоновано для практичного використання алгоритм оцінювання первинної продукції компонентів надземної фітомаси дерев сосни звичайної (рис. 1). Методика обробки модельних об'єктів на ТПП для визначення первинної продукції дерев і деревостанів значно складніша, порівняно з методикою оцінювання тільки наявної в ньому фітомаси (Лакида, 2002; Лакида, Матушевич, 2006; Усоль-

цев, 2007, 2010; Усольцев, Залесов, 2005; Уткин, 1982). Тому виникає необхідність у розробленні нових та удосконаленні існуючих методів оцінювання біотичної продуктивності лісів, які зможуть забезпечити збір експериментальних даних необхідної точності й детальності для оцінювання первинної продукції не тільки компонентів фітомаси стовбурів, а й компонентів фітомаси крони дерев.

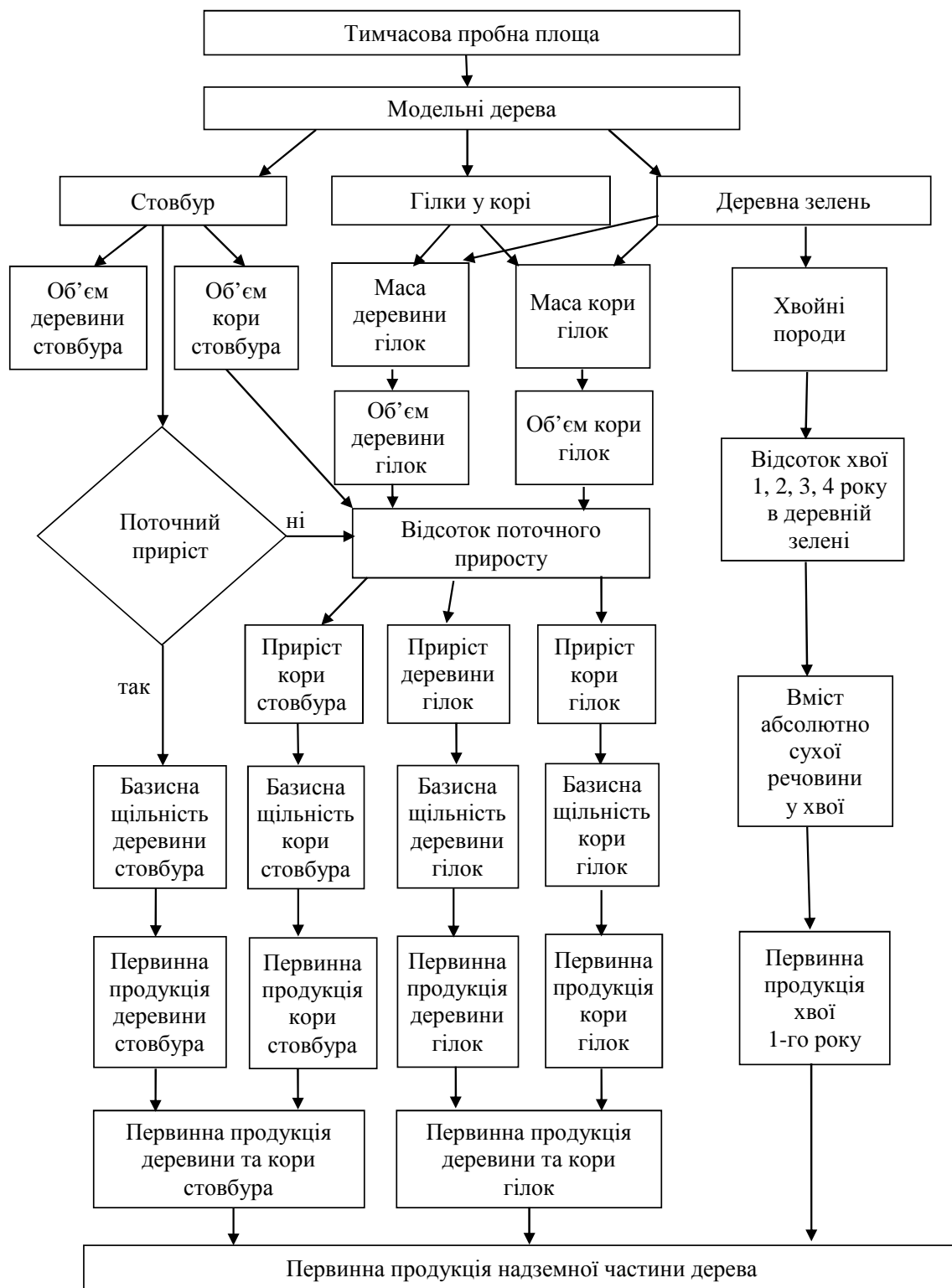


Рис. 1. Алгоритм оцінювання первинної продукції компонентів надземної фітомаси дерев сосни звичайної

Первинна (біотична) продукція є кількісною характеристикою біопродукційного процесу, яку найчастіше характеризують поточним приростом компонентів фітомаси дерев і деревостанів. Первинну продукцію компонентів стовбурів дерев поділяють на деревину та кору, а компонентів крони дерев – на зелені асимілюючі органи, деревину та кору гілок і генеративні органи.

**Результати та обговорення.** Для з'ясування однорідності зібраного дослідного матеріалу, виявлення закономірностей розподілу досліджуваних показників, забезпечення адекватності та коректності математичних моделей зв'язку, побудованих з метою оцінювання первинної продукції фракцій фітомаси дерев сосни звичайної, здійснювали статистичний аналіз даних.

Статистики розподілу основних таксаційних показників модельних дерев сосни звичайної наведено в табл. 1.

Представлена сукупність значень у натуральних величинах характеризується нормальним розподілом за віком (хоча його показник асиметрії дещо перевищує межу критичного значення  $A > 1,0$ ), діаметром, висотою дерев та відносною повнотою насаджень, в яких вони росли. Розподіл показників віку, діаметра та висоти дерев має правосторонню скошеність (додатні значення), а показник відносної повноти насаджень, навпаки, лівосторонню скошеність (від'ємне значення). Відрізняються від нормального розподілу в натуральних величинах показники об'єму стовбура у корі, без кори, об'єму кори стовбура, поточного об'ємного приросту та частки поточного об'ємного приросту модельних дерев (див. табл. 1). Для цих величин спостережено правосторонню асиметрію, яка значно перевищує критичне значення, а також високу стрімкість; показники ексцесу значно перевищують допустиме значення ( $E > 1,2$ ) і характеризуються додатним показником.

Таблиця 1

**Статистики розподілу основних таксаційних показників модельних дерев сосни звичайної**  
(верхній рядок – натуральні величини, нижній – логарифмічні)

Ознака	Значення		Статистики			
	<i>min</i>	<i>max</i>	$\bar{X}$	$\sigma$	<i>A</i>	<i>E</i>
<i>a</i> , років	8	85	33	15,6	1,033	0,865
	2,1	4,4	3,4	0,5	-0,195	0,122
<i>d</i> , см	1,3	38,7	14,0	6,6	0,557	-0,138
	0,3	3,7	2,5	0,5	-0,791	0,949
<i>h</i> , м	1,8	30,8	14,0	5,8	0,292	-0,457
	0,6	3,4	2,5	0,5	-0,980	1,419
$v_{ст\ ук}$ , м <sup>3</sup>	0,001	1,580	0,173	0,204	2,142	5,956
	-6,908	0,457	-2,505	1,402	-0,585	0,086
$v_{ст\ бк}$ , м <sup>3</sup>	0,001	1,489	0,153	0,187	2,246	6,719
	-6,908	0,398	-2,664	1,448	-0,608	0,141
$v_{к\ ст}$ , м <sup>3</sup>	0,000	0,104	0,019	0,019	1,524	2,322
	-6,908	-2,263	-4,444	1,114	-0,407	-0,524
$z_v$ , м <sup>3</sup> ·рік <sup>-1</sup>	0,0001	0,0418	0,0072	0,0068	1,700	3,259
	-9,2103	-3,1749	-5,4228	1,0875	-0,537	0,035
$p_v$ , %	1,3	29,4	7,8	4,8	1,808	4,241
	0,29	3,38	1,89	0,56	0,081	-0,120
$m_{ук}^{зіл}$ , кг	0,15	99,54	6,62	10,43	4,741	31,838
	-1,90	4,60	1,23	1,13	0,138	-0,048
$m_{д}^{зіл}$ , кг	0,10	20,90	3,11	3,89	3,158	11,314
	-2,30	3,04	0,605	1,08	-0,299	0,383
$m_{к}^{зіл}$ , кг	0,05	4,49	1,19	0,98	1,444	2,161
	-3,00	1,50	-0,22	1,02	-0,810	0,379
$m_{хв}$ , кг	0,08	24,29	3,76	3,86	2,378	6,864
	-2,53	3,19	0,90	0,95	-0,169	0,047
Π	0,29	1,21	0,80	0,17	-0,146	0,462
	-1,24	0,19	-0,24	0,23	-1,146	2,767

*Умовні позначення.* *a* – вік, років; *d* – діаметр на висоті грудей, см; *h* – висота, м;  $v_{ст\ ук}$  – об'єм стовбура в корі, м<sup>3</sup>;  $v_{ст\ бк}$  – об'єм стовбура без кори, м<sup>3</sup>;  $v_{к\ ст}$  – об'єм кори стовбура, м<sup>3</sup>;  $z_v$  – поточний об'ємний приріст, м<sup>3</sup>·рік<sup>-1</sup>;  $p_v$  – відсоток поточного об'ємного приросту, %;  $m_{ук}^{зіл}$  – фітомаса гілок у корі в абсолютно сухому стані, кг;  $m_{д}^{зіл}$  – фітомаса деревини гілок в абсолютно сухому стані, кг;  $m_{к}^{зіл}$  – фітомаса кори гілок в абсолютно сухому стані, кг;  $m_{хв}$  – фітомаса хвої в абсолютно сухому стані, кг та Π – відносна повнота насаджень

Для показників об'єму стовбура у корі та без кори мінливість абсолютних значень ( $\sigma$ ) перевищує їхнє середнє значення ( $\bar{X}$ ), а для показників об'єму кори стовбура ці показники подібні, що також вказує на відмінність від нормального розподілу цих величин.

Значно знижують мінливість абсолютних значень досліджуваних величин їхні логарифми, де показники середньоквадратичного відхилення не перевищують середніх значень й значно нижчі від них. Показники асиметрії та ексцесу логарифмічних величин наближаються до нуля. Значення асиметрії всіх оцінюваних показників, окрім частки поточного об'ємного приросту модельних дерев, набувають від'ємного знаку (мають лівосторонню скошеність). Стрімкість розподілу показників, відмінних від нормального розподілу в натуральних величинах, під час логарифмування значно знижується, і для об'єму кори стовбурів і частки об'ємного поточного приросту дерев набуває від'ємних значень. Переведення вихідних даних у натуральні логарифми, значення яких забезпечені нормальним розподілом, не виявили позитивного результату розподілу для показників висоти дерев та повноти насаджень. Логарифмування цих величин, навпаки, призвело до значної (на межі критичного значення і вище) лівосторонньої асиметрії ( $A = -0,98$  та  $-1,15$ ) та значної (перевищує критичне значення) додатної стрімкості ( $E = 1,42$  та  $2,77$ ).

Відмінними від нормального розподілу для дерев сосни звичайної (див. табл. 1) як у натуральних, так і логарифмічних величинах, є сукупність значень фітомаси гілок у корі, деревини та кори гілок, а також хвої в абсолютно сухому стані. Статистики цих показників у натуральних величинах мають високу дисперсію, асиметрію та ексцес, які вирівнюються під час логарифмування досліджуваних ознак та наближають їх до нормального розподілу. Не перевищують допустимих значень показники асиметрії, які для маси деревини, кори гілок і хвої змінюють знак з додатного на від'ємний та ексцесу (від'ємний лише для маси гілок у корі), але середньоквадратичне відхилення цих величин залишається високим, яке близьке до середнього значення або його перевищує. Варто відзначити, що на масу гілок і листя (хвої) впливають параметри крони дерев, величина яких істотно залежить від виду деревних рослин, їхнього віку, лісорослинних умов, густоти насадження, типу змішування порід, проведених лісгосподарських заходів тощо. Через це їхня кількість і маса постійно змінюються, що ускладнює відповідність показників фітомаси компонентів крони нормальному розподілу (Лакида, Матушевич, 2006).

Встановлення тісноти зв'язку між таксаційними показниками модельних дерев сосни звичайної та з відносною повнотою насаджень здійснювали за допомогою кореляційного аналізу з використанням коефіцієнтів кореляції Пірсона шляхом попарного співставлення їхніх значень (Горошко, Миклуш,

Хомюк, 2004; Никитин, Швиденко, 1978). Отримані значення коефіцієнтів кореляції, показали наявність дуже високої, високої, значної та помірної тісноти зв'язку між усіма досліджуваними показниками модельних дерев сосни звичайної. Встановлена слабка тіснота зв'язку між цими показниками і повнотою насаджень, а також частки поточного об'ємного приросту з показниками компонентів фітомаси крони дерев.

Для пошуку найінформативніших і логічних факторів впливу на результативну ознаку, детально вивчали абсолютний і відносний поточний об'ємний приріст, як основу оцінювання первинної продукції для усіх надземних компонентів фітомаси дерев. Для цих показників, окрім статистичного та кореляційного, здійснили ще й графоаналітичний аналіз їхньої залежності від морфометричних ознак дерева (віку, діаметра, висоти) й відносної повноти насаджень (рис. 2, 3). Загалом, абсолютний поточний об'ємний приріст сосни звичайної зі збільшенням віку, діаметра, висоти дерев і відносної повноти насаджень зростає (див. рис. 2). Однак його значення мають мінливість у межах фіксованих значень цих показників. Особливо значну варіабельність спостережено для сталого віку дерев та повноти насаджень. Відносний поточний об'ємний приріст сосни звичайної зі збільшенням віку, діаметра, висоти дерев та відносної повноти насаджень спадає (див. рис. 3).

Мінливість відносного об'ємного приросту деревини стовбурів сосни суттєво знижується за фіксованих значень віку, й слабше – від висоти модельних дерев та повноти насаджень, дещо зростаючи для діаметра модельних дерев (див. рис. 3). Ці дані використано під час вибору типу та розробки математичних моделей кількісної оцінки зв'язку.

Виходячи з умов практичного використання, для оцінки абсолютного поточного приросту й подальшого дослідження первинної продукції стовбурової деревини дерев, найінформативнішою й практично доступною є модель 1 (табл. 2) із включенням віку, діаметра та експоненти віку дерев ( $R^2 = 0,89$ ). Для оцінювання відносного поточного приросту деревини стовбурів й подальшого вивчення первинної продукції кори стовбурів дерев, деревини та кори гілок дерев, відповідно до алгоритму розрахунку (див. рис. 1), найінформативнішою і найпрактичнішою є модель 2 (див. табл. 2) із включенням віку, діаметра та експоненти віку дерев ( $R^2 = 0,89$ ).

Розраховані за вибраними рівняннями абсолютний (1) та відносний (2) поточні прирости деревини стовбурів дерев сосни звичайної порівнювали з фактичним накладанням їх на графік та оцінюванням їхніх залишків, що підтвердило адекватність залежної змінної. Зміну розрахованого абсолютно поточного приросту деревини стовбурів за обраною моделлю (1) наведено на рис. 4, а відносного поточного приросту деревини стовбурів за обраною моделлю (2) – на рис. 5.



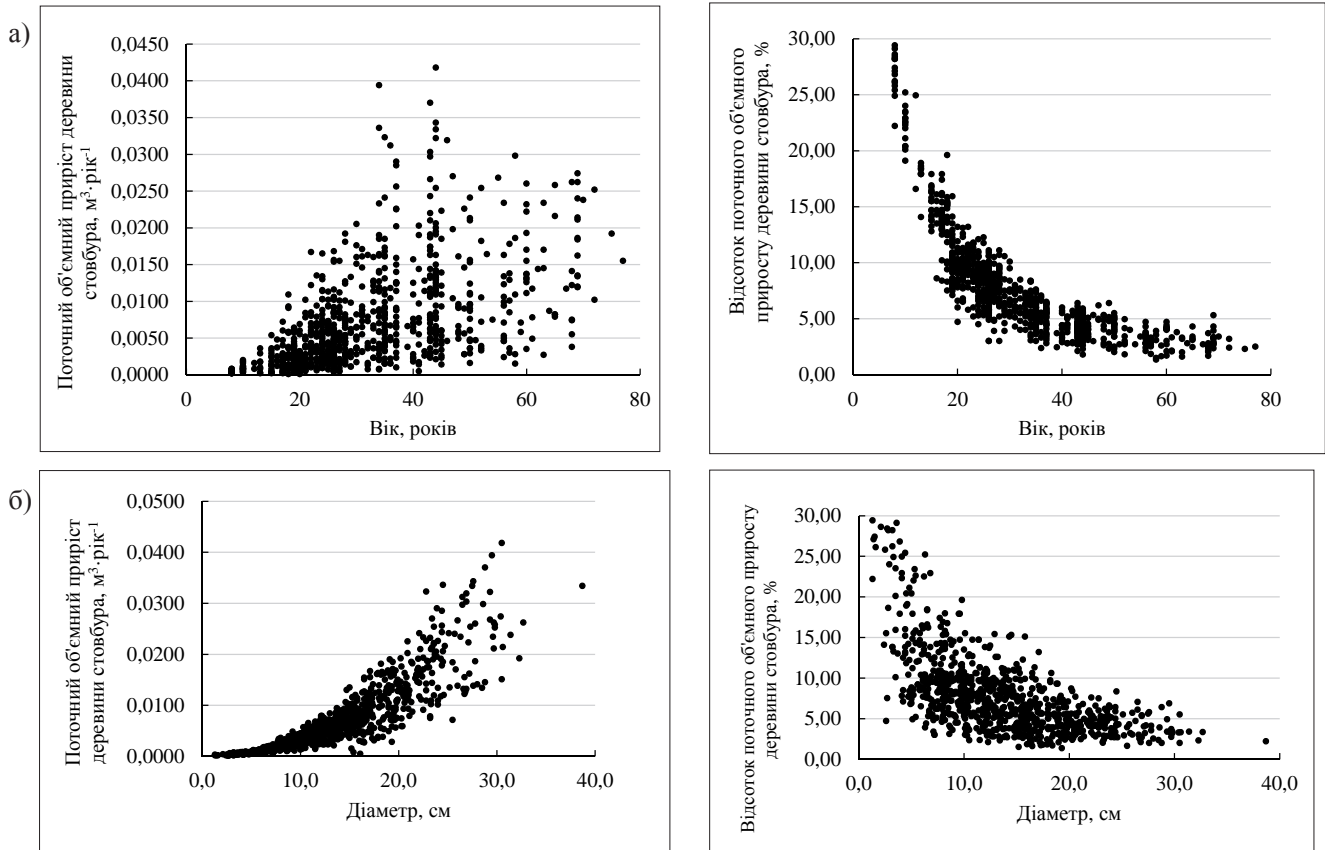


Рис. 2. Залежність абсолютного ( $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ ) та відносного (%) поточного об'ємного приросту деревини стовбура від: а) віку; б) діаметра модельних дерев сосни звичайної

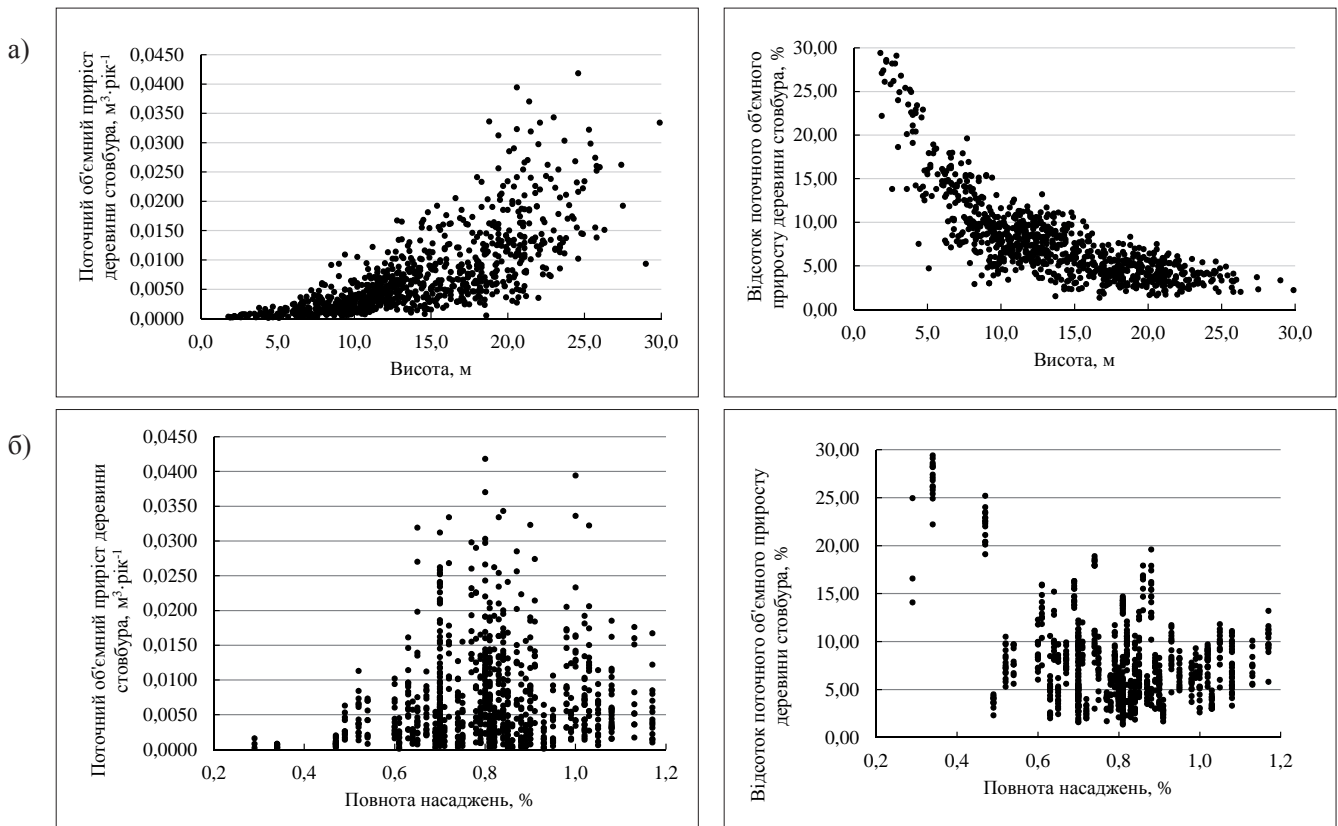


Рис. 3. Залежність абсолютного ( $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ ) та відносного (%) поточного об'ємного приросту деревини стовбура від: а) висоти модельних дерев сосни звичайної; б) відносної повноти насаджень

Таблиця 2

**Моделі для оцінки показників, які використовували у розрахунках надземної первинної продукції дерев сосни звичайної**

№ моделі	Вид моделі	Коефіцієнт детермінації
абсолютного поточного об'ємного приросту деревини стовбурів		
1	$z_v = a^{-1,593} \cdot d^{2,667} \cdot \exp(-5,775 - 25,619/a)$	0,89
відносного поточного об'ємного приросту деревини стовбурів		
2	$p_v = a^{-1,368} \cdot d^{0,115} \cdot \exp(6,332 - 2,372/a)$	0,89
об'єму кори стовбурів дерев		
3	$v_k = 78,198 \cdot 10^{-5} \cdot d^{2,001}$	0,92
маси деревини гілок в абсолютно сухому стані		
4	$m_d^{zin} = a^{1,375} \cdot d^{2,271} \cdot \exp(-11,343 + 46,189/a)$	0,86
маси кори гілок в абсолютно сухому стані		
5	$m_k^{zin} = 0,017 \cdot a^{-0,754} \cdot d^{2,538}$	0,84
маси хвої в абсолютно сухому стані		
6	$m_{x6} = 0,081 \cdot a^{-0,986} \cdot d^{2,699}$	0,72

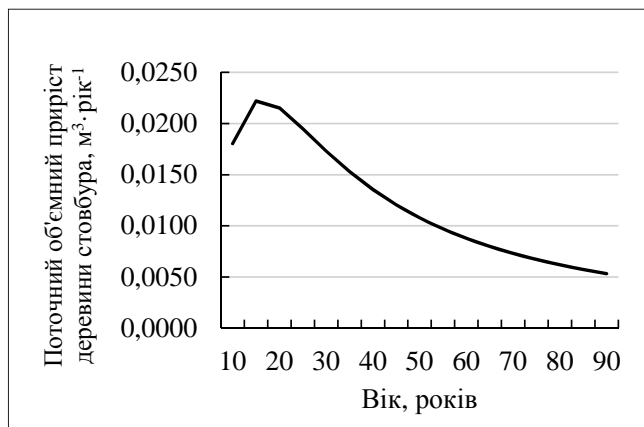


Рис. 4. Характер зміни абсолютного поточного об'ємного приросту деревини стовбурів дерев сосни звичайної залежно від віку та діаметра (за діаметра стовбура 20 см)

Ілюстрована зміна (див. рис. 4) абсолютного поточного об'ємного приросту деревини стовбурів дерев сосни звичайної підтверджує коректність вибраної моделі, адже абсолютний поточний об'ємний приріст до певного віку зростає і, досягнувши свого максимуму, з віком спадає. Вік дерев, в якому спостережено максимальний абсолютний поточний об'ємний приріст деревини стовбура, значною

мірою залежить від деревного виду, походження і продуктивності деревостану, типу лісорослинних умов та лісорослинної зони, в якій вони ростуть (Анучин, 1982).

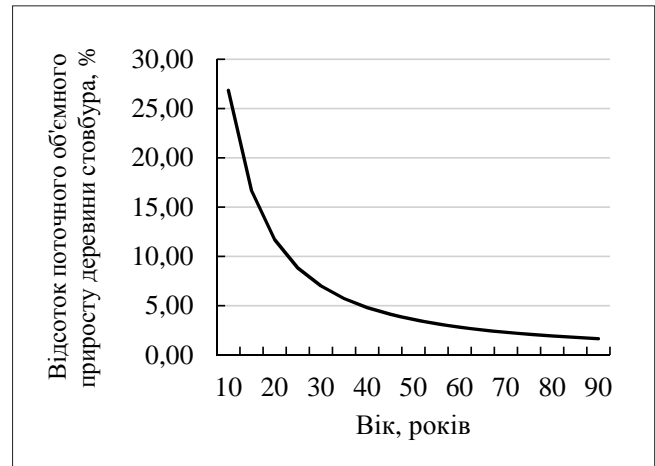


Рис. 5. Характер зміни відносного поточного об'ємного приросту деревини стовбурів дерев сосни звичайної залежно від віку та діаметра (за діаметра стовбура 20 см)

Отриманий абсолютний поточний об'ємний приріст деревини стовбура (модель 1) порівнювали із нормативними даними поточного об'ємного приросту (Нормативно-справочные материалы..., 1987). Встановлено, що за діаметра 20 см та поточного приросту за діаметром 0,32 см, абсолютний поточний об'ємний приріст дерев сосни звичайної Східного Полісся України адекватний із нормативними даними поточного об'ємного приросту, й становить 0,0119 м³.

Відображена на рис. 5 зміна відносного поточного об'ємного приросту деревини стовбурів дерев сосни звичайної також підтверджує коректність вибраної моделі (2), де відносний поточний об'ємний приріст спадає зі збільшенням віку при сталому діаметрі.

Під час порівняння відносного поточного об'ємного приросту встановлено, що за діаметра 20 см та поточного приросту за діаметром 0,32 см, відносний поточний об'ємний приріст дерев сосни звичайної досліджуваного регіону адекватний із нормативними даними відносного поточного об'ємного приросту, який становить 4,9% (Нормативно-справочные материалы..., 1987).

Розрахувавши за розробленою моделлю (1) абсолютний поточний об'ємний приріст деревини стовбурів дерев та використавши нормативне значення середньої щільності деревини стовбура сосни звичайної в абсолютно сухому стані (Лакида та ін., 2011), що становить 427 кг·(м³)⁻¹, побудовано таблицю оцінювання первинної стовбурової продукції деревини дерев сосни звичайної, яка росте в типових лісорослинних умовах Східного Полісся України (фрагмент наведено в табл. 3).

Отже, показники первинної продукції стовбурової деревини сосни звичайної характерно змі-

нюються в межах аналізованих аргументів (віку та діаметра). Зі збільшенням віку й діаметра первинна продукція деревини збільшується. За однакового діаметра зі збільшенням віку дерев первинна продукція стовбурової деревини збільшується лише до певного віку, а досягнувши максиму-

му – зменшується. Зі збільшенням діаметра за однакового віку первинна продукція стовбурової деревини зростає. Встановлено, що у досліджуваному діапазоні віку та діаметра дерев, первинна продукція стовбурової деревини сосни змінюється від 0,1 до 14,5 кг·рік<sup>-1</sup>.

Таблиця 3

Первинна продукція стовбурової деревини дерев сосни звичайної, кг·рік<sup>-1</sup>

Вік, років	Діаметр стовбура дерева на висоті 1,3 м, см											
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
10	0,11	0,31	0,67	1,21								
15	0,13	0,38	0,82	1,49	2,43							
20		0,37	0,80	1,45	2,35	3,55						
25		0,34	0,72	1,31	2,13	3,21						
30			0,64	1,16	1,89	2,85	4,07					
35				1,03	1,67	2,52	3,60	4,93				
40					1,48	2,23	3,19	4,36	5,78	7,45		
45					1,32	1,99	2,84	3,88	5,15	6,63	8,37	
50						1,78	2,54	3,48	4,61	5,94	7,49	9,27
55							2,29	3,13	4,15	5,34	6,74	8,34
60							2,07	2,83	3,75	4,84	6,10	7,55
65								2,58	3,41	4,40	5,55	6,87
70								2,36	3,12	4,02	5,07	6,28
75									2,86	3,69	4,66	5,76
80									2,64	3,40	4,29	5,31
85									2,44	3,15	3,97	4,92
90									2,27	2,92	3,69	4,56

Первинну продукцію кори стовбурів дерев визначали через її об'єм, від якого брали відносну частку поточного об'ємного приросту деревини стовбура, умовно прийнявши, що приріст рівномірно відбувається у всіх компонентах фітомаси дерева, хоча і не з однаковою інтенсивністю. Об'єм кори стовбура модельних дерев розраховували за різницею об'єму стовбура у корі та без кори, а потім здійснювали пошук математичної залежності об'єму кори стовбура від основних таксаційних показників дерев – віку, діаметра на висоті 1,3 м та висоти. Об'єм кори стовбурів сосни звичайної найкраще описує отримане регресійне рівняння 3 (див. табл. 2) від діаметра дерев на висоті 1,3 м.

Надземну первинну продукцію дерев розраховували як суму первинної продукції деревини стовбура, кори стовбура, деревини гілок, кори гілок та продукції хвої, відповідно до алгоритму її оцінювання (див. рис. 1) з використанням розроблених у процесі досліджень математичних моделей.

Для оцінювання первинної продукції компонентів крони, якими є деревина, кора гілок та хвоя дерев (див. рис. 1), використовували визначені в процесі досліджень показники їхньої маси, об'єму,

природної й базисної щільності деревини та кори гілок, а також відносний поточний приріст деревини стовбура за об'ємом.

Масу деревини гілок сосни звичайної розраховано за розробленою у процесі досліджень математичною моделлю 4 (див. табл. 2), вхідними параметрами до якої є вік та діаметр дерев ( $R^2=0,86$ ). Розраховану за моделлю (4) масу деревини гілок переводили в її об'єм через показники природної щільності деревини гілок ( $931 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ ), яку взято із нормативних даних (Лакида та ін., 2011).

Поточний об'ємний приріст деревини гілок, аналогічно як і кори стовбура, розраховували від об'єму деревини гілок за встановленою відносною часткою поточного приросту деревини стовбура, а первинну продукцію обчислювали через значення базисної щільності деревини гілок. За нормативними даними (Лакида та ін., 2011) базисна щільність деревини гілок сосни звичайної становить  $396 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ .

Показники маси кори гілок сосни також розраховано за розробленою в процесі досліджень математичною моделлю (5), вхідними параметрами якої є вік і діаметр дерев. Встановлено зворотній



зв'язок між корою гілок і віком дерев сосни звичайної ( $R^2=0,84$ ).

Розраховану за моделлю (5) масу кори гілок сосни звичайної переводили в її об'єм через показники природної щільності, яка становить  $993 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$  (Лакида та ін., 2011). Поточний об'ємний приріст кори гілок сосни, аналогічно як і деревини гілок, розраховували від об'єму кори гілок за встановленою відносною часткою поточного приросту деревини стовбура, а первинну продукцію розраховували через значення базисної щільності кори гілок, яка становить  $344 \text{ кг}\cdot(\text{м}^3)^{-1}$  (Лакида та ін., 2011). Первинну продукцію гілок сосни загалом склала сума продукції деревини та кори гілок.

Первинну продукцію хвої сосни становить лише хвоя першого року, масу якої із загальної маси хвої в процесі досліджень виокремлювали через її відносну частку у деревній зелені. Оскільки, на закладених для досліджень ТПП хвою за віком не розподіляли, а визначали лише загальну масу хвої, то значення частки хвої різних років у деревній зелені сосни звичайної запозичили з роботи М.М. Петренка (2002), дослідження якого стосуються штучних соснових насаджень Полісся України. Використавши встановлені ним значення відносної частки хвої різних років, нами розроблено модель залежності відносної частки хвої першого року ( $P_{xel}$ ) від віку дерев:

$$P_{xel} = 100,889 \cdot a^{-0,197}.$$

Зв'язок відносної частки хвої першого року сосни звичайної з віком дерев зворотній і помірний, але значущий на 5%-му рівні при  $R^2 = 0,33$ . Невисоке значення останнього показника можна пояснити недостатнім обсягом спостережень. Якісні показники хвої різних років М.М. Петренком (2002) досліджено лише на п'яти ТПП, на яких зрубано та детально обміряно тільки 30 МД, які росли в умовах свіжого субору, а їхній вік становив від 15 до 72 років. Дослідником також відзначено тенденцію зменшення відносної частки хвої першого року зі збільшенням віку насадження, що підтверджено отриманою нами моделлю.

Первинну продукцію надземної частини дерев сосни звичайної, які ростуть в типових лісорослинних умовах Східного Полісся України, склала сума продукції деревини та кори стовбура, деревини та кори гілок і продукція хвої першого року. Наведені дані (табл. 4) підтверджують, що первинна продукція надземної частини дерев сосни звичайної, подібно як і окремих компонентів надземної фітомаси дерев, зі збільшенням віку та діаметра, а також за однакового віку зі збільшенням діаметра дерев – зростає; за однакового діаметра зі збільшенням віку дерев – спадає. Встановлено, що у типових лісорослинних умовах Східного Полісся України, середньовікове дерево сосни звичайної (50 років) у надземній частині може нагромаджувати  $15,22 \text{ кг}\cdot\text{рік}^{-1}$  первинної продукції.

Таблиця 4

**Первинна продукція надземної частини дерев сосни звичайної,  $\text{кг}\cdot\text{рік}^{-1}$**

Вік, років	Діаметр стовбура дерева на висоті 1,3 м, см																
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26					
10	0,48	1,34	2,81	5,00													
15	0,33	0,95	2,01	3,61	5,83												
20		0,76	1,63	2,92	4,71	7,09											
25		0,64	1,34	2,43	3,92	5,90											
30			1,14	2,05	3,33	5,00	7,13										
35				1,77	2,87	4,30	6,14	8,39									
40					2,49	3,75	5,34	7,30	9,67	12,44							
45					2,20	3,30	4,71	6,44	8,53	10,97	13,83						
50						2,95	4,19	5,73	7,58	9,76	12,29	15,22					
55							3,77	5,14	6,81	8,76	11,04	13,64					
60							3,39	4,64	6,14	7,92	9,97	12,33					
65								1,04	4,23	5,59	7,20	9,07	11,22				
70									3,87	5,11	6,58	8,30	10,27				
75										1,21	4,71	6,06	7,64	9,43			
80											1,12	4,34	5,59	7,04	8,72		
85												1,04	4,02	5,19	6,53	8,09	
90														3,75	4,82	6,09	7,53

На сьогодні немає нормативів оцінки первинної продукції надземної частини дерев, розроблених подібним способом для сосни звичайної в умовах Східного Полісся України. У зв'язку з цим, порівнювали результати (рис. 6) лише первинної продукції стовбурової деревини сосни звичайної з аналогічною первинною продукцією деревини, визначеною шляхом множення нормативних значень абсолютного поточного об'ємного приросту культур сосни (Нормативно-справочные материалы..., 1987) на нормативний показник базисної щільності деревини сосни звичайної (Лакида та ін., 2011), який становить  $427 \text{ кг} \cdot (\text{м}^3)^{-1}$ .

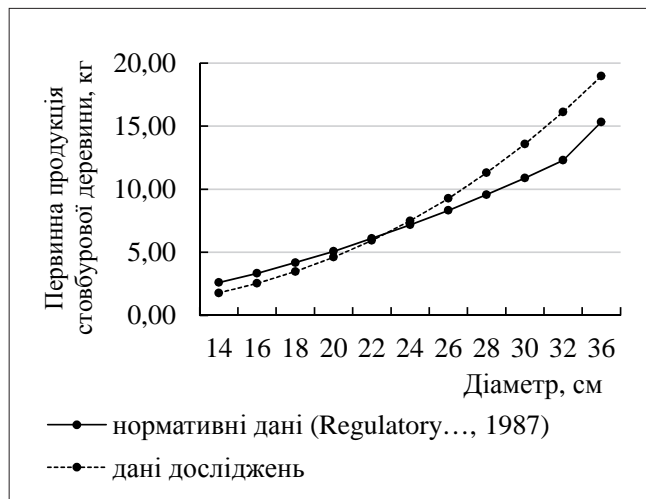


Рис. 6. Порівняння визначеної первинної продукції стовбурової деревини сосни звичайної за даними досліджень з отриманою за нормативними даними

За результатами порівняння, первинна продукція стовбурової деревини сосни звичайної, визначеної через поточний об'ємний приріст стовбурів культур сосни лісів України і Молдавії (Нормативно-справочные материалы..., 1987) для різних значень діаметра за сталого поточного приросту за діаметром 0,32 см, виявилась досить близькою до аналогічних значень первинної продукції стовбурової деревини, отриманою за даними досліджень у Східному Поліссі України. Встановлено, що відповідно до порівнюваних значень, в низьких ступенях товщини (приблизно до 22 см) значення первинної продукції стовбурової деревини сосни звичайної, отримані за результатами досліджень, є дещо нижчими, а зі збільшенням діаметра (24 см і більше) – дещо вищими. Відмінність отриманих результатів, насамперед, можна пояснити відмінністю в регіонах досліджень та представленістю дослідних даних, якими описано порівнювані сукупності значень.

**Висновки.** Статистичний аналіз і виявлені закономірності розподілу досліджуваних таксаційних показників модельних дерев сосни звичайної показали їхню значну мінливість навіть за значної кількості спостережень (900 МД). З'ясовано, що нормальним розподілом значень характеризуються лише показники віку, діаметра, висоти дерев та повноти насаджень, в яких вони росли. Відрізняються

від нормального розподілу показники об'єму (стовбура у корі, без кори, кори, поточного приросту), фітомаси гілок у корі, деревини та кори гілок, а також хвої в абсолютно сухому стані. Значно знижують мінливість абсолютних значень вказаних величин їхні натуральні логарифми, що дає змогу забезпечити адекватність і коректність побудованих на їхній основі математичних моделей.

За допомогою кореляційного аналізу виявлено наявність різної тісноти зв'язку (від помірної  $-0,31 < r < -0,50$ , до дуже високого;  $r > 0,91$ ) майже між усіма досліджуваними показниками модельних дерев сосни звичайної. Слабким ( $0,11 < r < 0,30$ ) виявився зв'язок з повнотою насаджень, а також відносної частки поточного об'ємного приросту з показниками компонентів фітомаси крони дерев.

У розрахованих моделях абсолютного і відносного поточного об'ємного приростів деревини стовбурів, об'єму кори стовбурів, маси деревини, кори гілок, маси хвої в абсолютно сухому стані та відносної частки хвої першого року оцінювані величини мають прямий зв'язок з діаметром дерев, а з віком – зворотній, окрім маси деревини гілок, для якої він є прямим. Коефіцієнти детермінації математичних моделей знаходяться у проміжку від 0,72 до 0,92, а для відносної частки хвої першого року становить 0,33, будучи значущим на 5%-му рівні.

Встановлено, що зі збільшенням віку й діаметра первинна стовбура продукція деревини сосни звичайної збільшується. При однаковому діаметрі зі збільшенням віку дерев, аналогічно як і абсолютний поточний об'ємний приріст деревини стовбурів, первинна продукція стовбурової деревини збільшується лише до певного віку, а досягнувши максимуму – зменшується. Зі збільшенням діаметра за однакового віку первинна продукція стовбурової деревини зростає. У досліджуваному віковому діапазоні та діаметра дерев, первинна продукція стовбурової деревини сосни звичайної змінюється від 0,1 до  $14,5 \text{ кг} \cdot \text{рік}^{-1}$ .

Первинна продукція надземної частини дерев сосни звичайної, подібно до окремих компонентів надземної фітомаси дерев, зі збільшенням віку та діаметра, а також за однакового віку зі збільшенням діаметра дерев зростає, а за однакового діаметра зі збільшенням віку дерев – спадає. У типових лісорослинних умовах Східного Полісся середньовікове дерево сосни звичайної в надземній частині може нагромаджувати  $15,22 \text{ кг} \cdot \text{рік}^{-1}$  первинної продукції.

## Список літератури

- Анучин Н.П. (1982). *Лесная таксация*. Москва: Лесная промышленность [Anuchin, N. P. (1982). *Forest assessment*. Moscow: Forest Industry] (in Russian)  
 Білоус А.М., Миронюк В.В., Мацала М.С., Дячук П.П. (2018). Оцінювання чистої первинної продукції в лісах Українського Полісся. *Цілі сталого розвитку третього тисячоліття:*

- виклики для університетів наук про життя: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ: НУБіП України. Т. 2. С. 23-24 [Belous, A. M., Myronyuk, V. V., Matsala, M. S. & Dyachuk, P. P. (2018). Estimation of net primary products in the forests of Ukrainian Polissya. *The goals of sustainable development of the third millennium: challenges for universities of life sciences. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, 23-24. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine of Ukraine, Vol. 2. 23-24. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u169/tom\\_2\\_na\\_sayt\\_0.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u169/tom_2_na_sayt_0.pdf)] (in Ukrainian)
- Ворнов М.П., Усольцев В.А., Часовских В.П. (2010). *Исследование методов и разработка информационной системы определения и картирования депонируемого лесами углерода в среде Natural*. Екатеринбург: Уральский госуниверситет лесотехн. ун-т. 160 с. [Vornov, M. P., Usoltsev, V. A. & Chasovskikh, V. P. (2010). *Research of methods and development of the information system of definition and mapping of the carbon deposited by forests in the Natural environment*. Ekaterinburg: Ural State Forestry University] (in Russian)
- Горошко М.П., Миклуш С.І., Хомнюк П.Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. 236 с. [Goroshko, M. P., Myklush, S. I., & Khomiuk, P. G. (2004). *Biometrics*. Lviv : Kamula] (in Ukrainian)
- Кнорре А.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Силкин П.П. (2005). *Использование измерений радиального прироста для оценки годичной продукции древостоев*. Вестник КрасГУ, 5, С. 74-78 [Knorre, A. A., Kirdyanov, A. V., Kruglov, V. B., & Silkin, P. P. (2005). *Using measurements of radial growth to estimate the annual production of stands*. *Bulletin of KrasSU*, 5, 74-78. [http://forest.akadem.ru/Articles/05/knorre\\_1.pdf](http://forest.akadem.ru/Articles/05/knorre_1.pdf)] (in Russian)
- Лакида П.І. (2002). *Фітомаса лісів України*: Тернопіль: Збруч. 256 с. [Lakyda, P. I. (2002). *The Forests phytomass of Ukraine*: Ternopil: Zbruch] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Василюшин Р.Д., Блищик В.І., Терентьев А. Ю., Лакида І.П., Домашовець Г.С. ... Стратій Н.В. (2016). *Хвойні деревостани України: фітомаса та експериментальні дані*: Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М. 480 с. [Lakyda, P. I., Vasylyshyn, R. D., Blyshchuk, V. I., Terentiev, A. Yu., Lakyda, I. P., Domashovets, G. S. ... Stratiy, N. V. (2016). *Coniferous stands of Ukraine: phytomass and experimental data*. Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Gavrishenko V. M.] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Василюшин Р.Д., Лашченко А.Г., Терентьев А. Ю., Матушевич Л.М., Блищик В.І. ... Білоус А.М. (2011). *Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісотвірних порід України* : [монографія]. Київ: Видавничий дім «ЕКО-інформ». 192 с. [Lakyda, P. I., Vasylyshyn, R. D., Lashchenko, A. G., Terentiev, A. Yu., Matushevych, L. M., Blyshchuk, V. I. ... Belous, A. M. (2011). *Standards for assessing the components of aboveground phytomass of trees of the main forest forming species of Ukraine*. Kyiv: ECO-Inform Publishing House] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Василюшин Р.Д., Матушевич Л.М., Бала О.П., Лакида І.П. (2017). Дослідження біопродукційних процесів деревостанів України в контексті екологічного збалансування довкілля. *Ліси Східної Європи у світі, що змінюється*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., присвячені 120-річчю НУБіП України та 80-річчю академіка Лісівничої академії наук України та Євразійської академії наук, професора А.З. Швиденка, м. Київ, 27-30 вересня 2017 р. Київ, 2017. С. 73-74 [Lakyda, P. I., Vasylyshyn, R. D., Matushevych, L. M., Bala, O. P., & Lakyda, I. P. (2017). Research of bioproductive processes of stands in Ukraine in the context of ecological balancing of the environment. *Forests of Eastern Europe in a Changing World: International Scientific and Practical Conference Dedicated to the 120th Anniversary of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine and the 80th Anniversary of Academician of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine and Eurasian Academy of Sciences, Honorary Professor of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine Shvidenko A. Z.*, 73-74. Kyiv: NULES. [http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/25073/1/126\\_T\\_17.pdf](http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/25073/1/126_T_17.pdf)] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Матушевич Л.М. (2012). До методики оцінки біотичної продукції компонентів крони дерев. *Ліс, довкілля, технології: наука та інновації*: матеріали міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 29 березня 2012 р. Київ, с. 145-146. [Matushevych, L. M., & Lakyda, P. I. (2012). To the method of evaluation of biotic products of tree crown components. In *Forest, environment, technologies: science and innovations: International scientific-practical conference*. Kyiv, 145-146. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Матушевич Л.М. (2015). До методики оцінки індексу листової поверхні насаджень. *Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання*: міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 23-24 квітня 2015 р. Київ, с. 49-50 [Lakyda, P. I., & Matushevych, L. M. (2015). To the method of estimating the index of the leaf surface of plantations. In *Bioresources of forest and urban ecosystems: reproduction, conservation and rational use: International scientific-practical conference*, 23-24. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Матушевич Л.М. (2006). *Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся*: Київ : ННЦ ІАЕ. 228 с. [Lakyda, P. I., & Matushevych, L. M. (2006). *Phytomass of birch forests of Ukrainian Polissya*. Kyiv: NSC IAE] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Матушевич Л.М., Блищик В.І. (2018). Методика оцінювання продукції гілок крони дерев: [авторське свідоцтво]. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 83023 від 21.11.2018; заявник та власник Національний



- університет біоресурсів і природокористування України; заявлено 21.09.2018 [Lakyda, P.I., Matushevych, L.M., & Blyshchuk, V.I. (2018). Methods for evaluating the products of tree branches: [author's certificate]. *Certificate of copyright registration for the work № 83023 dated 11/21/2018; applicant and owner National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*; declared 21.09.2018] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Матушевич Л.М., Блищик В.І. (2012). Методологічні особливості оцінки біотичної продукції компонентів крони дерев. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, 171(2), С. 54-60 [Lakyda, P.I., Matushevych, L.M., & Blyshchuk, V.I. (2012). Methodological features of biotic products evaluation of tree crown components. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and ornamental horticulture*, 171(2), 54-60. Retrieved from [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN &Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&S21P03=FILA=&S21STR=nvnuu\\_lis\\_2012\\_171\(2\)\\_9](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN &Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILA=&S21STR=nvnuu_lis_2012_171(2)_9)] (in Ukrainian)
- Лакида П.І., Матушевич Л.М., Ловинська В.М. (2015). Особливості методики оцінки бічної поверхні хвої. *Біоресурси лісових та урбанізованих екосистем: відтворення, збереження і раціональне використання: міжнарод. наук.-практ. конф., м. Київ, 23-24 квітня 2015 р. Київ, с. 39-40.* [Lakyda, P.I., Matushevych, L.M., & Lovynska, V.M. (2015). Features of the method of assessing the lateral surface of the needles. In *Bioresources of forest and urban ecosystems: reproduction, conservation and rational use: International scientific-practical conference*, 23-24. Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Матушевич Л.М., Лакида П.І. (2014). Індекс площі листової поверхні дубових насаджень Східного Полісся України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 12, 148-153. [Matushevych, L.M. & Lakyda, P.I. (2014). Index of leaf surface area of oak plantations in Eastern Polissya of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 12, 148-153. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu\\_2014\\_12\\_22](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nplanu_2014_12_22)] (in Ukrainian)
- Матушевич Л.М., Лакида П.І. (2018). Методика оцінки індексу площі листової поверхні насаджень: [авторське свідоцтво]. *Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №82936 від 19.11.2018; заявник та власник Національний університет біоресурсів і природокористування України*; заявлено 21.09.2018 [Matushevych, L.M., & Lakyda, P.I. (2018). Methods for estimating the index of the leaf surface area of plantations: [author's certificate]. *Certificate of registration of copyright to the work №82936 dated 19.11.2018; applicant and owner National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*; declared 21.09.2018] (in Ukrainian)
- М'якушко В.К. (1972). *Первинна біологічна продуктивність соснових лісів Українського Полісся. Укр. ботан. журн.*, 29(3), С. 328-339 [Myakushko, V.K. (1972). *Net primary biological productivity of pine forests of Ukrainian Polissya. Ukrainian Botanical Journal*, 29(3), 328-339] (in Ukrainian)
- Никитин К.Е., Швиденко А.З. (1978). *Методы и техника обработки лесоводственной информации.* Москва: Лесная промышленность, 271 с. [Nikitin, K.E., & Shvidenko, A.Z. (1978). *Methods and techniques of forestry information processing.* Moscow: Forest Industry] (in Russian)
- Ольчев А.В. (2016). Модельный подход к определению валовой и нетто первичной продукции лесных экосистем по величине поглощенной фотосинтетически активной радиации. *Компьютерные исследования и моделирование*, 8(2), 345-353 [Olchev, A.V. (2016). Model approach to the determination of gross and net primary production of forest ecosystems by the amount of absorbed photosynthetically active radiation. *Computer research and modeling*, 8(2), 345-353. <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2016-8-2-345-353>] (in Russian)
- Петренко М.М. (2002). Динаміка фітомаси та депонованого вуглецю штучних насаджень сосни Полісся України: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.02. Національний аграрний університет, Київ, 136 с. [Petrenko, M.M. (2002). Dynamics of phytomass and deposited carbon of artificial pine plantations of Ukrainian Polissya. (Doctoral dissertation, Author's abstract, National Agrarian University, Kyiv, Ukraine). Retrieved from: [http://irb.nubip.edu.ua/cgi-bin/irbis64r\\_14/cgiirbis\\_64.exe?LNG=en&C21COM=S&I21DBN=DA&P21DBN=DA &S21FMT=infow\\_wh&S21ALL=%3C.%3E%3D%D0%9B%D0%86%D0%A1%D0%9E%D0%92%D0%90%3C.%3E&Z21ID=&S21SRW=&S21SRD=&S21STN=1&S21REF=10&S21CNR=30&FT\\_REQUEST=&FT\\_PREFIX=](http://irb.nubip.edu.ua/cgi-bin/irbis64r_14/cgiirbis_64.exe?LNG=en&C21COM=S&I21DBN=DA&P21DBN=DA &S21FMT=infow_wh&S21ALL=%3C.%3E%3D%D0%9B%D0%86%D0%A1%D0%9E%D0%92%D0%90%3C.%3E&Z21ID=&S21SRW=&S21SRD=&S21STN=1&S21REF=10&S21CNR=30&FT_REQUEST=&FT_PREFIX=)] (in Ukrainian)
- Свиричев Ю.М. (1981). Моделирование окружающей среды и проблема недостатка информации. В кн.: *Математические модели в экологии и генетике.* Москва: Наука, с. 17-22 [Svirezhev, Yu. M. (1981). Environmental modeling and the problem of lack of information. In *Mathematical models in ecology and genetics* (pp. 17-22). Moscow: Science. Retrieved from: <https://search.rsl.ru/ru/search#yf=1981&q=%D0%A1%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%B5%D0%B6%D0%B5%D0%B2%2C%20%D0%AE%D1%80%D0%B8%D0%B9%20%D0%9C%D0%B8%D1%85%D0%B0%D0%B9%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87>] (in Russian)
- Усольцев В.А. (2007). *Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения.* Екатеринбург: УрО РАН. 636 с. [Usoltsev, V.A. (2007). *Biological productivity of forests of Northern Eurasia: methods, database and its applications.* Yekaterinburg: UrO RAN. Retrieved from: <https://www.twirpx.com/file/1593367/>] (in Russian)
- Усольцев В.А. (2010). *Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии.* Екатеринбург: УрО

- РАН. 570 с. [Usoltsev, V.A. (2010). *Live biomass and net primary products of Eurasian forests*. Yekaterinburg: UrO RAS. Retrieved from: <https://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2606>] (in Russian)
- Усолтцев В.А., Залесов С.В. (2005). *Методы определения биологической продуктивности насаждений*. Екатеринбург: Уральский гос. лесотех. ун-т. 147 с. [Usoltsev, V.A., & Zalesov, S.V. (2005). *Methods for determining the biological productivity of plantations*. Yekaterinburg: Ural State Forestry University. Retrieved from <https://www.twirpx.com/file/1593367/>] (in Russian)
- Уткин А.И. (1970). Исследования по первичной биологической продуктивности лесов в СССР. *Лесоведение*, 3, 58-89. [Utkin, A.I. (1970). Research on the primary biological productivity of forests in the USSR. *Forestry*, 3, 58-89] (in Russian)
- Уткин А.И. (1982). *Методика исследований первичной биологической продуктивности лесов*. В кн.: *Биологическая продуктивность Поволжья*. Москва: Наука. С. 59-72. [Utkin, A.I. (1982). Methods of research of primary biological productivity of forests. In *Biological productivity of the Volga region* (pp. 59-72). Moscow: Science] (in Russian)
- Уткин А.И., Замолотчиков Д.Г., Пряжников А.А. (2003). Методы определения депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов (на примере республики Беларусь). *Лесоведение*, 1, 48-57. [Utkin, A.I., Zamolodchikov, D.G. & Pryazhnikov, A.A. (2003). Methods for determining the carbon deposition of live biomass and net productivity of forests (on the example of the Republic of Belarus). *Forestry*, 1, 48-57. Retrieved from [http://old.cepl.rssi.ru/publications/pub\\_lab1/utkin%2003%20metody%20opredelenia%20deponirovaniya%20na%20primere%20Belarusi.pdf](http://old.cepl.rssi.ru/publications/pub_lab1/utkin%2003%20metody%20opredelenia%20deponirovaniya%20na%20primere%20Belarusi.pdf)] (in Russian)
- Швиденко А.З., Лакида П.І., Василишин Р.Д. (2015). Проблеми адаптації українських лісів до змін клімату. *Виклики XXI століття та їхнє вирішення у лісовому комплексі й довкіллі: міжнарод. наук.-практ. конф., Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, 7-9 жовтня 2015 р. Київ, с. 53-54* [Shvidenko, A.Z., Lakyda, P.I., & Vasylyshyn, R.D. (2015). Problems of adaptation of Ukrainian forests to climate change. In *Challenges of the XXI century and their solution in the forest complex and environment: International scientific-practical conference*, 53-54. Kyiv, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine] (in Ukrainian)
- Швиденко А.З., Лакида П.І., Щепашенко Д.Г., Василишин Р.Д., Марчук Ю.М. (2014). *Вуглець, клімат та землекористування в Україні: лісовий сектор*. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гавришенко В.М. 283 с. [Shvidenko, A.Z., Lakyda, P.I., Shchepashchenko, D.G., Vasylyshyn, R.D. & Marchuk, Yu.M. (2014). *Carbon, climate and land use in Ukraine: forest sector*. Korsun-Shevchenkivsky: FOP Gavrishenko V.M.] (in Ukrainian)
- Швиденко А.З., Нильссон С., Столбовой В.С., Рожков В.А., Глюк М. (2001). Опыт агрегированной оценки основных показателей биопродукционного процесса и углеродного бюджета наземных экосистем России. Нетто-первичная продукция экосистем. *Экология*, 2, 83-90 [Shvidenko, A.Z., Nilsson, S., Stolbovoy, V.S., Rozhkov, V.A. & Gluk, M. (2001). *The experience of aggregate assessment of the main indicators of the bioproduction process and the carbon budget of terrestrial ecosystems in Russia*. 2. Net primary products of ecosystems. *Ecology*. No 2. 83-90. Retrieved from: [http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=MARS&P21DBN=MARS&S21STN=1&S21REF=&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%A8%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%2C%20%D0%90%2E%20%D0%97%2E](http://irbis.sstu.ru/cgi-bin/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&Z21ID=&I21DBN=MARS&P21DBN=MARS&S21STN=1&S21REF=&S21FMT=fullwebr&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=1&S21P03=A=&S21STR=%D0%A8%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%2C%20%D0%90%2E%20%D0%97%2E)] (in Russian)
- Швиденко А.З., Строчинский А.А., Савич Ю.Н., Кашпор С.Н., Поляков В.К., Лакида П.И. ... Возняк В.К. (1987). *Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии*: под. ред. А.З. Швиденко и др. Киев: Урожай. 560 с. [Shvidenko, A.Z., Strochinsky, A.A., Savich, Yu.N., Kashpor, S.N., Polyakov, V.K., Lakyda, P.I. ... Wozniak, V.K. (1987). *Regulatory and reference materials for the assessment of forests of Ukraine and Moldova*. A.Z. Shvidenko et al. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Ваганов Е.А., Нильсон С. (2008). *Чистая первичная продукция лесных экосистем России: новая оценка*. Доклады Академии Наук, 421(6), 1-5 [Shvidenko, A.Z., Shchepashchenko, D.G., Vaganov, E.A. & Nilsson, S. (2008). Net primary production of forest ecosystems in Russia: a new assessment. *Reports of the Academy of Sciences*, 421(6), 1-5. Retrieved from: <http://naukarus.com/chistaya-pervichnaya-produktsiya-lesnyh-ekosistem-rossii-novaya-otsenka>] (in Russian)
- Cannell, M.G.R. (1989). Physiological basis of wood production: a review. *Scand. J. For. Res.*, 4(4), 459-490. Retrieved from: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02827588909382582?needAccess=true>
- Clark, D.A., Brown, S., Kicklighter, D.W., Chambers J.Q., Thomlinson J.R., & Ni, J. (2001). Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications*, 11(2), 356-370. <https://doi.org/10.2307/3060894>
- Cramer, W., Kicklighter, D.W. & Bondeau, A., Moore I.B., Churkina, G., Nemry, B., Ruimy, A., & Schloss, A.L. (1999). Comparing global models of terrestrial net primary productivity (NPP): Overview and key results. *Global Change Biology*, 5, 1-15. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1999.00009.x>
- Gower, S.T., Krankina, O., Olson, R.J., Apps, M., Linder, S., & Wang, C. (2001). Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecological Applications*, 11(5), 1395-1411. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[1395:NPPACA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[1395:NPPACA]2.0.CO;2)



- Jenkins, J. C., Chojnacky, D. C., Heath, L. S. & Birdsey, R. A. (2004). *Comprehensive database of diameter-based biomass regressions for North American tree species*. USDA Forest Service. Northeastern Research Station. GTR NE-319. Retrieved from: <http://www.fs.fed.us/neT>
- Lieth, H. (1975). Historical survey of primary productivity research. *Ecological studies: Analysis and synthesis, 14*, 7-16. Retrieved from [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-80913-2\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-80913-2_2)
- Tateno, R., Hishi, T., & Takeda, H. (2004). Above- and belowground biomass and net primary production in a cool-temperate deciduous forest in relation to topographical changes in soil nitrogen. *Forest Ecology and Management, 193*, 297-306. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811270300522X?via%3Dihub>
- Vogt, K.A., Grier, C.C. & Vogt, D.J. (1986). Production, turnover and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Advance Ecological Restoration, 15*, 303-377. [https://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60122-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60122-1)

### Modeling of the aboveground part of Scots pine trees components primary productions at the Eastern Polissya of Ukraine

L. Matushevych<sup>1</sup>, P. Lakyda<sup>2</sup>

The net primary productions of the aboveground phytomass components (tree trunks and crowns) are estimated for Scots pine trees, which grow mainly in pure and mixed (admixture from 1 to 3 units) pine plantations of artificial origin of the Eastern Polissya of Ukraine. Plantations are characterized as highly productive (II, I, I<sup>a</sup> and above classes of quality), medium and high-density stands which grow in fresh forests (A<sub>2</sub>), subors (B<sub>2</sub>) and sogruds (C<sub>2</sub>). 80 temporary test plots (TTP) used, which were planted in pine stands of Sumy (36 TTP) and Chernihiv (44 TTP) regions, where

900 model trees (MT) of Scots pine were cut down and measured, of which 226 MT with fractional assessment of aboveground phytomass components and 674 MT assessment of crown phytomass. Measurement of models and calculations of aboveground phytomass components of Scots pine trees net primary productions was performed using improved applicable methods and developed algorithm.

The set of values of the experimental material in natural quantities is characterized by the normal distribution of values by age, diameter, and height of trees and relative density of stands. The closeness of the connection exists between all the studied indicators of model pine trees (from moderate  $-0.31 < r < -0.50$ , to very high;  $r > 0.91$ ), weak ( $0.11 < r < 0.30$ ) – with the completeness of plantings and the share of current volume growth with indicators of phytomass components of tree crowns.

Regression mathematical models calculated for estimating the absolute and relative current increment of trunk wood, trunk bark volume, wood mass, bark of branches and mass of needles in absolutely dry condition, in which the arguments are the age and diameter of trees, which characterized by coefficients of 0.72 to 0.92. In the model for the percentage of needles of the 1-st year of Scots pine, the relationship with the age of the trees is inverse and moderate, but significant at 5-level, the coefficient of determination of the obtained equation is 0.33.

The developed normative tables of net primary trunk production of wood and net primary production of aboveground part of Scots pine trees showed that with the same diameter, with increasing age of trees – net primary trunk production increases only to a certain age, and reaching a maximum – decreases. With increasing diameter, at the same age – the net primary production of stem wood increases. The net primary production of the aboveground part of trees, as well as the individual components of the aboveground phytomass, increases with age and diameter. In typical forest vegetation conditions of the Eastern Polissya of Ukraine, a medieval tree (50 years old) of Scots pine in the aboveground part can accumulate  $15.22 \text{ kg} \cdot \text{year}^{-1}$  of net primary production.

The net primary production of Scots pine trunk, obtained according to research, is quite close to similar values determined by the current volume growth of pine trunks in the forests of Ukraine and Moldova.

**Key words:** temporary test plots; model trees; calculation algorithm; current increment; phytomass components; mathematical models; net primary products.

<sup>1</sup> *Liubov Matushevych* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Forest Mensuration and Forest Management. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel: 044-527-85-23; +38-067-944-82-75. Email: [Matushevych@nubip.edu.ua](mailto:Matushevych@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7282-3215>

<sup>2</sup> *Petro Lakyda* – full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, First Vice President of FAS of Ukraine, Professor, Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Educational and Scientific Institute of Forestry and Landscape-Park Management. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine. Tel: 044-527-85-28; +38-067-462-80-43. Email: [lakyda@nubip.edu.ua](mailto:lakyda@nubip.edu.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>



## Моделирование первичной продукции компонентов надземной части деревьев сосны обыкновенной Восточного Полесья Украины

Л. Н. Матушевич<sup>1</sup>, П. И. Лакида<sup>2</sup>

Первичную продукцию компонентов надземной фитомассы (ствола и кроны деревьев) оценено для деревьев сосны обыкновенной, которые растут преимущественно в чистых и смешанных (примесь от 1 до 3 ед.) сосновых насаждениях искусственного происхождения Восточного Полесья Украины. Насаждения характеризуются как высокопроизводительные (II, I, I<sup>a</sup> и выше классы бонитета), средне- и высокополнотные, растут в свежих борах ( $A_2$ ), суборах ( $B_2$ ) и сугрудах ( $C_2$ ). Использовано 80 временных пробных площадей (ВПП), которые заложены в сосновых древостоях Сумской (36 шт.) и Черниговской (44 шт.) областей, на которых срублено и измерено 900 модельных деревьев (МД) сосны, из которых 226 МД с пофракционной оценкой компонентов надземной фитомассы и 674 МД – без оценки фитомассы кроны. Измерение моделей и расчеты первичной продукции компонентов надземной фитомассы деревьев выполнено с помощью усовершенствованных существующих методов и разработанному алгоритму.

Совокупность значений исходных данных в естественных величинах характеризуется нормальным распределением значений по возрасту, диамет-

ру, высоте деревьев и относительной полноте насаждений. Теснота связи существует между всеми исследуемыми показателями модельных деревьев сосны (от умеренной -  $0,31 < r < -0,50$ , до очень высокой  $r > 0,91$ ); слабая связь ( $0,11 < r < 0,30$ ) установлена между полнотой насаждений и долей текущего объемного прироста с показателями компонентов фитомассы кроны деревьев.

Рассчитаны регрессионные математические модели для оценки абсолютного и относительного текущего объемного прироста древесины стволов, объема коры стволов, массы древесины, коры ветвей и массы хвои в абсолютно сухом состоянии, в которых аргументами являются возраст и диаметр деревьев ( $R^2 = 0,72-0,92$ ). В модели для оценки процента хвои первого года сосны связь с возрастом деревьев обратная и умеренная, но значимая на 5%-м уровне при  $R^2 = 0,33$ .

Разработанные нормативные таблицы первичной продукции стволовой древесины и первичной продукции надземной части деревьев сосны обыкновенной показали, что при одинаковом диаметре с увеличением возраста деревьев первичная продукция стволовой древесины увеличивается лишь до определенного возраста, а достигнув максимума – уменьшается. С увеличением диаметра при одинаковом возрасте первичная продукция стволовой древесины возрастает. Первичная продукция надземной части деревьев, подобно тому, как и отдельных компонентов надземной фитомассы, с увеличением возраста и диаметра также увеличивается. В типичных лесорастительных условиях Восточного Полесья Украины средневековое дерево (50 лет) сосны обыкновенной в надземной части может накапливать  $15,22 \text{ кг} \cdot \text{год}^{-1}$  первичной продукции.

Первичная продукция стволовой древесины сосны обыкновенной, полученной по данным исследований, достаточно близка к аналогичным значениям, определенных через текущий объемный прирост стволов в культурах сосны обыкновенной Украины и Молдавии.

**Ключевые слова:** временная пробная площадь; модельные деревья; алгоритм расчета; текущий прирост; компоненты фитомассы; математические модели; первичная продукция.

<sup>1</sup> Матушевич Любовь Николаевна – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры таксации леса и лесного менеджмента. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: 044-527-85-23; + 38-067-944-82-75. E-mail: Matushevych@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7282-3215>

<sup>2</sup> Лакида Петр Иванович – академик Лесной академии наук Украины, первый вице-президент ЛАН Украины, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, директор учебно-научного института лесного и садово-паркового хозяйства. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, ул. Героев Оборона, 15, г. Киев, 03041, Украина. Тел.: 044-527-85-28; + 38-067-462-80-43. E-mail: lakyda@nubip.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412113>  
Article received 2020.12.25  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Stepan Myklush  
msi\_s@ukr.net

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

УДК 630\*5

## Стигли букові деревостани у різних категоріях лісів рівнинної частини України

С. І. Миклуш<sup>1</sup>, Ю. С. Миклуш<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>, Ю. М. Дебринюк<sup>4</sup>, В. М. Савчин<sup>5</sup>

За матеріалами обліку лісового фонду визначено площі стиглих букових насаджень у виділених лісовпорядкуванням 21 категорії лісів та лісових ділянок. Встановлено, що понад 57% стиглих деревостанів за площею зосереджено в експлуатаційних лісах та 15,7% – у лісогосподарській частині зелених зон. Стигли букові насадження ростуть у букових, дубових, ялицевих та соснових типах лісу, але переважають в умовах свіжої грабової бучини займаючи понад 10 тис. га та вологої грабової бучини – 8,5 тис. га. Насадження формуються за частки бука лісового у складі від 2 до 10 одиниць. В окремих регіонах поряд з буком у складі беруть участь дуб звичайний, ялиця біла, сосна звичайна, а супутниками найчастіше є граб звичайний, клени явір та гостролистий, береза повисла, осика. В експлуатаційних лісах зосереджено понад 52% чистих за складом деревостанів як за площею так і за кількістю ділянок. Найпоширенішими є насадження з відносною повнотою 0,5, що охоплюють площу майже 7,4 тис. га (1762 ділянки) та з повнотою 0,7, площа яких 7,3 тис. га, і які ростуть на 1150 ділянках. Найвищою продуктивністю стиглі букові лісостани характеризуються в лісогосподарській частині лісів зелених зон, де їхні запаси в окремих насадженнях сягають 590-661 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>.

Виконання буковими насадженнями різнопланових функцій потребує застосування лісогосподарських заходів, які найповніше відповідають меті господарювання, постійному збереженню лісового середовища, посиленню виконання насадженнями визначених функцій, вчасному та якісному природному відновленню лісових ділянок. У більшості категорій лісів і лісових ділянок, зокрема, у рекреаційно-оздоровчих лісах і лісах, що виконують екологічні та охоронні функції, вимагається здійснення заходів для поступового переформування одновікових букових лісостанів у різновікові складної структури.

**Ключові слова:** матеріали лісовпорядкування; лісівничо-таксаційні показники; функції; природне поновлення; рубки головного користування.

<sup>1</sup> Миклуш Степан Іванович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, директор ННІ лісового і садово-паркового господарства, професор кафедри лісової таксації та лісовпорядкування. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi\_s@ukr.net ORCID: 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: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0002-1940-1045

<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.: 032-239-27-46, +38-068-760-91-99. E-mail: serhiy\_havrylyuk@nltu.edu.ua ORCID: 0000-0003-0361-0624

<sup>4</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: debryuk\_ju@ukr.net ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0994-349X>

<sup>5</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

**Вступ.** Рівнинні букові ліси в Україні є одними із найвагоміших природних утворень внаслідок значних площ лісостанів, представлених у лісовому фонді більшості областей (Криницький, Попадинець, Бондаренко, Крамарець, 2004; Миклуш, 2011), специфічного флористичного складу (Сорока, 2008), високої продуктивності (С.І. Миклуш, 2011, Pretzsch et al., 2015) та важливості виконуваних ними функцій (С.І. Миклуш, 2011; S. I. Myklush, Y. S. Myklush, & Savchyn, 2017). Зважаючи на багатofункціональне ведення лісового господарства у букових лісах, їх збереження, посилення виконання ними екологічних функцій для запобігання природним катаклізмам необхідна відмова від суцільно-лісосічних способів рубок головного користування та застосування рубок, що забезпечують постійне збереження лісового середовища із використанням технологій, які сприятимуть природному поновленню корінних деревостанів. За результатами тривалих досліджень особливостей росту та відновлення букових насаджень дослідниками рекомендовано в них проводити поступові і вибіркові рубання (Rubner, 1960; Молотков, 1972; Мальцев, 1980; Тышкевич, 1984). Формування природних букових лісів є особливо важливим у гірській і горбистій місцевостях, де середовище-стабілізуючі та захисні функції букових лісостанів мають визначальне значення, оскільки деревостани зі значною часткою бука є стійкими до несприятливих природних явищ (вітровалів, сніголамів) та рідше піддаються ураженням хворобами та пошкодженням шкідниками. Поряд із виконанням захисних і середовищевірних функцій, букові насадження є джерелом цінної деревини, що дає змогу забезпечити економіку держави діловою деревиною та вирішувати енергетичні проблеми.

У зв'язку з цим, аналіз стану і структури стиглих букових лісостанів у різних категоріях лісів потребують поглибленого вивчення з метою напрацювання підходів щодо їх різнопланового та ефективного використання.

**Об'єкти та методика досліджень.** *Об'єкт дослідження* – лісовий фонд стиглих букових лісостанів в умовах рівнинної частини України. Дослідженнями охоплено природні і штучні, корінні та похідні букові насадження, які ростуть у Вінницькій, Закарпатській, Івано-Франківській, Львівській, Рівненській, Тернопільській, Хмельницькій, Черкаській та Чернівецьких областях. *Предмет дослідження* – особливості формування запасів букових деревостанів під впливом лісогосподарських заходів та раціональне їх використання.

*Мета роботи* полягає в аналізі лісівничо-таксаційної характеристики стиглих букових деревостанів рівнинної частини України та пропозиції лісівничих підходів щодо ведення господарства в них.

Дослідження лісівничо-таксаційних показників букових деревостанів проводили за загальноприйнятими методиками (Гром 2005; Гірс, Новак, Кашпор, 2014; Нормативно-справочные материа-

лы..., 1987). Типи лісорослинних умов і типи лісу визначали за принципами лісівничо-екологічної типології на основі аналізу складу і продуктивності деревостанів, складу підліску і надґрунтового покриву, типу ґрунту (Горшенин, Бутейко, 1962; Воробьев, 1967; Герушинський, 1996; Остапенко, Ткач, 2002). Опрацювання основних таксаційних показників здійснювали з дотриманням вимог біометрії (Горшко, Миклуш, Хомюк, 2004).

**Результати та обговорення.** За актуалізованими даними лісовпорядкування станом на 01.01.2017 р., площа стиглих букових лісостанів становить 28860,2 га, які ростуть на 5632 ділянках. Стигли насадження природного походження охоплюють понад 99% площ.

Стигли букові деревостани представлені у 21-ій категорії лісів та лісових ділянок, які лісовпорядкування виділяло як категорії захисності. Категорії лісів і лісові ділянки виділено відповідно до вимог нормативних матеріалів щодо порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок (Закон України..., 1992; Постанова КМУ..., 2007). За невеликих площ окремих категорій лісових ділянок у національних природних парках та регіональних ландшафтних парках, господарська і заповідна зони та зона регульованої рекреації національних природних парків, а також господарська зона та зони стаціонарної і регульованої рекреації регіональних ландшафтних парків об'єднані між собою (табл. 1). Найбільша площа стиглих букових деревостанів (понад 57%) зосереджена в експлуатаційних лісах та 15,7% – в лісогосподарській частині лісів зелених зон. На значних площах стиглі букові лісостани збережені у заказниках (7,6%), регіональних ландшафтних парках (9,2%), національних природних парках (4,2%) та лісопарковій (2%) частині лісів зелених зон.

Необхідно зауважити, що до категорії стиглих віднесені деревостани з широким розмахом їхнього віку – від 81 до 170 років. Аспект зумовлений тим, що оборот рубки головного користування у відповідних категоріях лісів та лісових ділянок встановлюють з урахуванням віку стиглості (кількісної, технічної чи природної) та функцій, які насадження виконують. За межею природної стиглості структура насаджень змінюється внаслідок відмирання окремих дерев, і виконання функцій деревостаном суттєво погіршується.

Стигли букові насадження ростуть у букових, дубових, ялицевих та соснових типах лісу. У букових типах лісу деревостани з переважанням бука формуються на площі понад 25 тис. га, у дубових їх площа перевищує 1,5 тис. га, в ялицевих – 1,2 тис. га. На площі понад 30 га ростуть сосново-букові деревостани. Тобто, переважна частина стиглих букових насаджень зосереджена у букових типах лісу – майже 90%, з яких 91,6% зосереджена безпосередньо у бучинах. Стигли насадження переважають в умовах свіжої грабової бучини – на площі понад 10 тис. га та вологої грабової бучини – на площі більше 8,5 тис. га, які ростуть на більше ніж 3400 ділянках (табл. 2).



Таблиця 1

## Площі та кількість ділянок букових насаджень за категоріями лісових ділянок

Категорії лісів і лісових ділянок	Площа, га	Кількість ділянок, шт.	Частка площі, %
Байрачні (ліси в балках) та інші захисні ліси	101,7	34	0,4
Експлуатаційні ліси	16646,0	3133	57,7
Заказники	2198,5	501	7,6
Заповідні лісові урочища	383,3	36	1,3
Ліси 1 та 2 зон округів санітарної охорони	12,0	5	0,0
Ліси 3 зони округів санітарної охорони	22,5	8	0,1
Ліси наукового призначення	257,8	18	0,9
Ліси протиерозійні	28,5	1	0,1
Ліси в межах населених пунктів	163,2	42	0,6
Ліси вздовж берегів річок, водойм	311,5	77	1,1
Ліси вздовж смуг відведення автомобільних доріг	63,1	24	0,2
Ліси вздовж смуг відведення залізних доріг	53,8	9	0,2
Лісогосподарська частина лісів зеленої зони	3952,7	857	13,7
Лісопаркова частина лісів зеленої зони	569,6	113	2,0
Національні природні парки (господарська і заповідна зони та зона регульованої рекреації)	1205,2	254	4,2
Пам'ятки природи	239,3	30	0,8
Регіональні ландшафтні парки (господарська зона та зони стаціонарної і регульованої рекреації)	2651,5	490	9,2
Разом	28860,2	5632	100

Таблиця 2

## Найбільші площі букових насаджень у букових, дубових, ялицевих і соснових типах лісу

Індекс типу лісу	Площа, га	Кількість ділянок, шт.	Частка площі, %
Букові типи лісу			
D <sub>2</sub> -гБк	10007,5	1727	17,3
D <sub>3</sub> -гБк	8523,2	1687	14,8
C <sub>3</sub> -г-яцБк	485,6	83	0,8
C <sub>2</sub> -гБк	325,1	75	0,6
Дубові типи лісу			
D <sub>2</sub> -бкД	454,6	105	0,8
C <sub>3</sub> -бкД	107,1	34	0,2
Ялицеві типи лісу			
D <sub>3</sub> -г-бкЯц	415,4	74	0,7
C <sub>3</sub> -дЯц	124,1	37	0,2
Соснові типи лісу			
C <sub>2</sub> -г-дС	11,9	4	0

Загалом у суббучинах стиглі деревостани займають площу майже 2,2 тис. га, що становить 3,8% від загальної площі, а найпоширенішими типами лісу є волога грабово-ялицева суббучина з площею майже 500 га та свіжа грабова суббучина, де частка площі становить 0,6%. У дубових типах лісу букові деревостани переважають в умовах свіжої букової діброви, де букові деревостани ростуть на 105 ділянках площею понад 450 га. У соснових типах лісу букові деревостани сформувались лише на чотирьох ділянках.

Найбільша площа букових лісостанів зосереджена на території Західного Лісостепу – у різних лісорослинних умовах Українського Розточчя, Опілля та Західного Поділля (Дебринюк, 2003).

Залежно від кількості деревних видів, що беруть участь у складі насаджень, до букової господарської секції віднесені деревостани з часткою бука лісового у складі від 2 до 10 одиниць (рис. 1). У складі стиглих деревостанів в окремих регіонах, поряд з буком лісовим, беруть участь дуб звичайний, ялиця біла (Прикарпаття), сосна звичайна (Розточчя), а супутниками найчастіше виступають граб звичайний, клени явір та гостролистий, береза повисла, осика. На більш ніж 5 тис. ділянках, тобто майже на 91,5% від загальної кількості, формуються насадження за частки бука 5 та більше одиниць. На пло-

щі 8,98 тис. га (понад 1600 ділянок) формуються деревостани з часткою 10 одиниць бука у складі насаджень, що становить 31,1% від загальної площі. Окрім цього, на площі 9,3 тис. га (1687 ділянок) формуються деревостани за частки бука 8 та 9 одиниць.

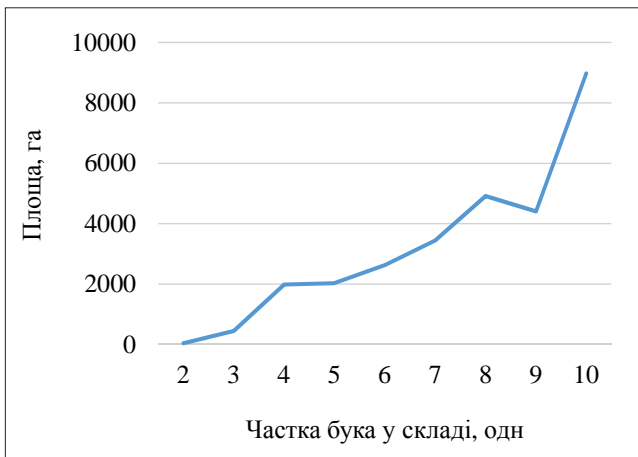


Рис. 1. Площі стиглих насаджень за різної частки бука

Необхідно відзначити, що лісовпорядкуванням не виділено стиглих букових насаджень за відносної повноти 1,0 (рис. 2). На площі 58 га формуються насадження за відносної повноти 0,9, а найпоширенішими є насадження з відотною повнотою 0,5, що охоплюють площу майже 7,4 тис. га (1762 ділянки) та з повнотою 0,7, площа яких становить 7,3 тис. га, і які ростуть на 1150 ділянках. Відотною повнотою 0,2-0,4 характеризуються насадження на площі 1058 га, що не перевищує 14% від загальної площі, а частка площ насаджень з відотною повнотою 0,8 складає 12,5%.

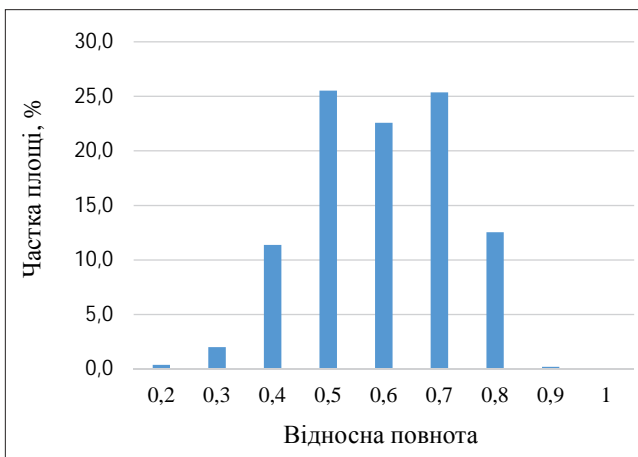


Рис. 2. Розподіл площ букових деревостанів за відотною повнотою

Рівнинні букові ліси виконують 54 первинні функції, серед яких важливе значення відведено соціальному та охоронному типу функцій (Миклуш, 2011), тому структура насаджень має бути оптимальною для їх ефективного виконання впродовж тривалого періоду (табл. 3). Зважаючи на виділені категорії лісів і лісових ділянок, реалізовані на практиці підходи щодо організації ведення лі-

сового господарства, доцільно для кожної з них застосовувати форми господарства, які б дали змогу поліпшувати структуру лісостанів, не допускаючи погіршення стану насаджень та розладнання їхньої просторової структури до віку природної стиглості, забезпечувати поступове омолодження насаджень. Разом з тим, беручи до уваги відмінності у відносних повнотах насаджень, що формуються в аналізованих категоріях лісів і лісових ділянок, особливо за відносної повноти 0,2-0,6, структура насаджень не є оптимальною. У переважній частині категорій лісів та лісових ділянок відносні повноти у стиглих букових деревостанах не перевищують 0,6 і лише в протиерозійних лісах, які представлені однією ділянкою, мають найвище значення (0,72). При цьому необхідно зауважити, що лише в експлуатаційних лісах ведеться інтенсивне господарювання, а в переважній більшості лісів та лісових ділянок, зокрема в тих, що виконують соціальні та екологічні функції – заповідниках, заказниках, національних парках, ліси в межах населених пунктів – господарювання обмежене.

Зважаючи на необхідність постійного збереження лісового середовища для виконання буковими лісами соціальних та екологічних функцій, посилення їх рекреаційно-оздоровчих можливостей необхідно в цих категоріях лісів планувати заходи поступового переформування насаджень у різновікові зі складною просторовою структурою.

Дослідженнями встановлено, що високопродуктивні букові деревостани ефективно виконують як соціальні, так і екологічні та охоронні функції (С.І. Миклуш, 2011; S. I. Myklush, Y. S. Myklush, & Savchyn, 2017), тому у структурі букових деревостанів має бути достатньою частка бука у складі за рівномірного розміщення дерев на площі, що забезпечить стійкість і продуктивність насаджень. Кількість ділянок з часткою бука у складі від 2 до 5 одиниць не значна. В середньому частка бука у складі деревостанів аналізованих категорій лісів і лісових ділянок знаходиться в межах 6,0-9,9 одиниць. Досліджувані насадження характеризуються часткою бука у від 3 до 10 одиниць практично в усіх категоріях за винятком заказників, де зосереджено 11 з 14 ділянок насаджень з часткою 2 одиниць бука у складі і які, очевидно, створені для охорони та збереження біорізноманіття тварин чи рослин в ареалі формування букових лісів. Найбільша частка чистих за складом букових деревостанів зосереджена в експлуатаційних лісах – понад 52%, як за площею, так і за кількістю ділянок.

Поряд з виконуваними буковими насадженнями різноплановими функціями необхідно відзначити, що завдяки значній зольності опаді бук збагачує ґрунт (Бутейко, 1963; Pretzsch et al., 2015). Букові насадження затримують значну кількість вологи та регулюють поверхневий стік (Кульчицький-Жигайло, Приболотна, Ошуркевич, 2007; Козій, Кульчицький-Жигайло, 2013), зменшують амплітуду температур, очищають від пилу та підвищують вологість повітря, чим створюють комфортні умови для відпо-

чинку (Кучерявий, 2001). Враховуючи вище сказане, формування насаджень за значної частки бука у складі має важливе значення.

Район розміщення, лісорослинні умови та лісогосподарські заходи, що проводять у стиглих букових насадженнях, позначаються на їхніх запасах,

які, залежно від відносної повноти, знаходяться в межах 93-661 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Найвищими середніми запасами характеризуються ліси наукового призначення – 448 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup> та заповідні ліси – 400 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, а найнижчі запаси у байрачних лісах (букові ліси в балках).

Таблиця 3

### Основні лісівничо-таксаційні характеристики букових насаджень у різних категоріях лісів та лісових ділянок

Тип функції	Категорії лісів і лісових ділянок	Середнє значення		
		частки бука, од.	відносної повноти	запасу, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>
Соціальний	Байрачні та інші захисні ліси	7,6	0,53	270
	Заказники	6,3	0,57	322
	Заповідні лісові урочища	8,6	0,54	400
	Ліси наукового призначення	8,8	0,69	448
	Ліси в межах населених пунктів	6,3	0,58	297
	Лісогосподарська частина лісів зеленої зони	7,7	0,58	314
	Лісопаркова частина лісів зеленої зони	8,1	0,55	316
	Національні природні парки	8,4	0,56	305
	Пам'ятки природи	8,4	0,58	351
	Регіональні ландшафтні парки	8,5	0,57	312
Екологічний	Ліси 1 та 2 зон округів санітарної охорони	6,5	0,63	354
	Ліси 3 зони округів санітарної охорони	7,8	0,59	311
Охоронний	Ліси протиерозійні	6,0	0,72	375
	Ліси вздовж берегів річок, водойм	7,9	0,65	379
	Ліси вздовж смуг відведення автомобільних доріг	7,0	0,54	280
	Ліси вздовж смуг відведення ж/д доріг	9,9	0,53	282
Сировинний	Експлуатаційні ліси	7,8	0,56	287

Аналіз запасів за окремими ділянками показує, що найвищою продуктивністю характеризуються стиглі букові деревостани в лісогосподарській частині лісів зелених зон, де в окремих насадженнях ДП «Чернівецьке ЛГ» та «Стрийське ЛГ» зафіксовано запаси 590-661 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. На окремих ділянках експлуатаційних лісів також формуються високопродуктивні деревостани із запасами 520-590 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, зокрема, у лісових масивах ДП «Берегометське ЛМГ», а також Чернівецького, Хотинського і Стрийського лісгоспів. У букових насадженнях наукового призначення, які виділені у лісовому фонді ДП «Бібрське ЛГ» та «Сторожинецьке ЛГ», найбільші значення запасів перевищують 520, досягаючи 560 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>. Високі запаси насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах і лісах наукового призначення вказують на обмежений антропогенний вплив у них, про що свідчать зазвичай високі відносні повноти. Необхідно відзначити, що найнижчі запаси букових деревостанів (93-120 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>) зафіксовані в експлуатаційних лісах і лі-

сах лісогосподарської частини лісів зелених зон за відносної повноти 0,3, тобто перед заключним прийомом поступової рубки.

Наведений аналіз відносних повнот та запасів стиглих букових деревостанів показує, що незалежно від виконання ними визначених функцій практично в усіх категоріях лісів і лісових ділянок виконані перший чи другий прийоми поступової рубки головного користування. Незважаючи на значне різноманіття відомих способів рубок головного користування (Горшенин, Швиденко, 1977; Свириденко, Бабич, Киричок, 2005), правилами рубок головного користування (Правила рубок ..., 2009) у букових насадженнях залежно від їх структури та характеру відновлення, передбачено призначення таких рубок:

- добровільно-вибіркові з інтенсивністю рубки до 20% запасу;
- триприйомні рівномірно-поступові рубки у насадженнях з повнотою 0,9 і більше чи двоприйомні рубки у деревостанах з повнотою 0,6-0,8;



- групово-поступові рубки за наявності куртинного життєздатного підросту цінних порід;
- суцільні (у разі, якщо основним способом лісовідновлення може бути тільки створення лісових культур, у деревостанах з повнотою 0,5 і менше проводять вузьколісосічні рубки).

Також у різновікових, складних за будовою, нерівномірних за повнотою та розміщенням дерев лісовостанах, що віднесені до лісів природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення можуть виконувати і комбіновані рубки, але в рівнинних умовах держави різновікові букові деревостани практично відсутні.

Віднесення площ лісових ділянок з переважанням букових насаджень до виділених лісовпорядкуванням категорій лісів і лісових ділянок, виконання ними різнопланових функцій потребує застосування лісогосподарських заходів, а в стиглих деревостанах – рубок головного користування, які найповніше відповідають меті господарювання, постійному збереженню лісового середовища, посиленню виконання насаджень середовищних функцій, вчасному та якісному поновленню лісових ділянок. Враховуючи біоекологічні особливості бука лісового, здатність деревного виду до природного відновлення, лісогосподарські заходи у стиглих букових насадженнях, незалежно від виконуваних ними функцій, повинні бути спрямовані на їхнє природне відновлення та поступове переформування у різновікові лісостани складної структури.

За результатами досліджень у пристигаючих і стиглих букових деревостанах в умовах Стільського горбогір'я (Цельнь, 2006), поряд з високою продуктивністю та репродуктивним потенціалом, під наметом досліджуваних деревостанів нагромаджено значну кількість підросту бука різних вікових і висотних груп, а успішність природного поновлення значною мірою залежить від зімкнутості крон. Таким чином, шляхом застосування рубок головного користування з урахуванням кількості і стану підросту цінних деревних видів під наметом букового деревостану можна забезпечити ефективне природне відновлення букових лісостанів.

Для вивчення характеру відновлення букових насаджень за десяти різних способів рубок головного користування та їхнього впливу на екологічні функції лісових екосистем, у 2003 р. науковцями НЛТУ України за участю спеціалістів Львівського обласного управління лісового господарства в умовах вологої грабової бучини ДП «Бібрське ЛГ» на площі 13 га закладено 11 стаціонарних пробних площ (Бусько, Криницький, Миклуш, Цельнь, 2006). У лісовому фонді Західно-Подільського горбогір'я і Гологорах вивчали результативність таких способів рубок: суцільна вузьколісосічна; рівномірна поступова двопрійомна; Вагнера; рівномірна поступова трипрійомна; улоговинна трипрійомна; добровільно-вибіркова; групово-вибіркова трипрійомна; суцільна лісосічна; гніздово-вибіркова; добровільно-вибіркова сильної інтенсивності. Попередні результати засвідчили, що суттєвий вплив

головних рубань на появу підросту бука лісового проявляється переважно на третій рік, а конкретні висновки щодо формування молодого покоління та його розвитку можуть бути зроблені за підсумками тривалого дослідження.

У зв'язку зі значним різноманіттям функцій рівнинних букових лісів, інтенсивним веденням господарства та впливом лісогосподарських заходів на особливості відновлення та формування насаджень, їхню структуру та продуктивність, одними із першочергових завдань у букових насадженнях виступають:

- опрацювання заходів у пристигаючих і старших класах середньовікових деревостанів для забезпечення умов природного відновлення корінних продуктивних насаджень;
- уточнення обороту рубки в деревостанах відповідно до їх функціонального призначення з урахуванням віку природної стиглості;
- застосування способів рубок головного користування, які б забезпечували постійне збереження лісового середовища та омолодження насаджень для посилення виконання їхніх середовищно-захисних функцій.

**Висновки.** У рівнинних умовах України стиглі букові насадження представлені у 21 категорії лісів і лісових ділянок. Найбільша їхня частка за площею (понад 57%) представлена в експлуатаційних лісах та 15,7% зосереджено у лісогосподарській частині лісів зелених зон.

Стилі букові насадження ростуть у букових, дубових, ялицевих та соснових типах лісу з часткою бука лісового у складі від 2 до 10 одиниць. В експлуатаційних лісах зосереджено понад 52% чистих за складом деревостанів як за площею, так і за кількістю ділянок. Найпоширенішими є насадження з відносною повнотою 0,5, що охоплюють площу майже 7,4 тис. га (1762 ділянки) та з повнотою 0,7, площа яких становить 7,3 тис. га, і які ростуть на 1150 ділянках. Найвищою продуктивністю характеризуються стиглі букові деревостани у лісогосподарській частині лісів зелених зон, де запаси деревини в окремих насадженнях сягають 590-661 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>.

Виконання буковими насадженнями різнопланових функцій потребує застосування лісогосподарських заходів, які найповніше відповідають меті господарювання, постійному збереженню лісового середовища, посиленню виконання насадженнями визначених функцій, вчасному та якісному природному поновленню лісових ділянок. У рекреаційно-оздоровчих лісах і лісах, що виконують екологічні та охоронні функції, необхідно здійснювати заходи з поступового їх переформування у різновікові лісостани складної структури.

### Список літератури

- Бусько М.М., Криницький Г.Т., Миклуш С.І., Цельнь Я.П. (2006). Структура і таксаційна характеристики букових насаджень Суходільсь-

- кого стаціонару НЛТУ України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 16.5, 21-24. [Busko, M.M., Krynytskyi, G.T., Myklush, S.I. & Tselen, Ya. P. (2006). Structure and assessment characteristics of beech stands of Sukhodil permanent plots of UNFU. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 16.5, 21-24. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16\\_5/21\\_Busko\\_16\\_5.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_5/21_Busko_16_5.pdf)] (in Ukrainian)
- Бутейко О.І. (1963). Сосново-букові ліси, їх поширення та збереження в західних районах СРСР. У кн. «Матеріали для вивчення природних ресурсів Поділля» (с. 18-28). Тернопіль-Кременець: Поділля [Buteyko, O.I. (1963). Pine-beech forests, their distribution and conservation at the Western regions of USSR. In *Materials for the study of natural resources of Podillia* (pp. 18-28). Ternopil-Kremenets: Podillia] (in Ukrainian)
- Воробьев Д.В. (1967). *Методика лесотипологических исследований*. Киев: Урожай. 388 с. [Vorobyov, D.V. (1967). *Methodology of the forest typology research*. Kiev: Harvest] (in Russian)
- Герушинський З.Ю. (1996). *Типологія лісів Українських Карпат*. Львів: Піраміда. 208 с. [Gerushinsky, Z.Yu. (1996). *Typology of forests of the Ukrainian Carpathians*. Lviv: Piramida] ISBN 5-7763-9366-3 (in Ukrainian)
- Гірс О.А., Новак Б.І., Кашпор С.М. (2014). *Лісовпорядкування*. Київ: Фітосоціоцентр. 434 с. [Girs O.A., Novak B.I., & Kashpor, S.M. (2014). *Forest management*. Kyiv: Phytosocial center] (in Ukrainian)
- Горошко М.П., Миклуш С.І., Хомюк П.Г. (2004). *Біометрія*. Львів: Камула. 236 с. [Goroshko, M.P., Myklush, S.I., & Khomyuk, P.H. (2004). *Biometry*. Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Горшенин Н.М., Бутейко А.И. (1962). Определение типов условий местопроизрастания. Львов: ЛЛТИ. 230 с. [Gorshenyn, N.M., & Buteyko, A.I. (1962). *Determination of types of site conditions*. Lviv: Lviv Forestry Institute] (in Russian)
- Горшенин Н.М., Швиденко А.И. (1977). *Лесоводство*. Львов: Вища школа. 304 с. [Gorshenin, N.M., & Shvydenko, A.I. (1977). *Forestry*. Lviv: Higher school] (in Russian)
- Гром М.М. (2005). Лісова таксація. Львів: НЛТУ України. 352 с. [Grom, M.M. (2005). *Forest assessment*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Дебринюк Ю.М. (2003). *Лісокультурне районування Західного Лісостепу України*. Львів: Камула. 248 с. [Debryniuk, Yu. (2003). *Forest zoning of the Western Forest-steppe of Ukraine*: Lviv: Kamula] (in Ukrainian)
- Закон України «Про природо-заповідний фонд України» (1992). Київ. Отримано з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> [*Law of Ukraine "On the Nature and Reserve Fund of Ukraine"*] (1992). Kyiv. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text>] (in Ukrainian)
- Козій Н.І., Кульчицький-Жигайло І.Є. (2013). Формування стоку дощових паводків з малого карпатського водозбору та його різнозаліснених частин. *Лісове господарство, лісова, паперова та деревообробна промисловість*, 39.1, 13-19. [Kozyi, N.I., & Kulchytskyi-Zhyhaylo, I.Ye. (2013). Forming of rain floods flow from the small Carpathian catchment and its parts with different percentage of forest cover. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 39.1, 13-19] (in Ukrainian)
- Криницький Г.Т., Попадинець І.М., Бондаренко В.Д., Крамарець В.О. (2004). *Букові ліси Західного Поділля*. Тернопіль: Укрмедкнига. 168 с. [Krynytskyi, H.T., Popadynets, I.M., Bondarenko, V.D., & Kramarets, V.O. (2004). *Beech forests of the Western Podillya*. Ternopil: Ukrmedknyga] (in Ukrainian)
- Кульчицький-Жигайло І.Є., Приболотна Н.С., Ошуркевич О.Є. (2007). Вплив робіт з експлуатації лісу на формування поверхневого стоку та розвиток ерозійних процесів у Besкидах. *Лісівництво та агролісомеліорація*, III, 111-116. [Kulchytskyi-Zhyhaylo, I.Ye., Pribolotna, N.S., & Oshurkevych, O.E. (2007). Influence of forest exploitation works on the formation of surface runoff and development of erosion processes in the Beskids. *Forestry and Forest Melioration*, III, 111-116] (in Ukrainian)
- Кучерявий В.П. (2001). *Екологія*. Львів: Світ. 480 с. [Cucherjavyy, V.P. (2001). *Ecology*. Lviv: Swit] (in Ukrainian)
- Мальцев М.П. (1980) *Бук*. Москва: Лесная промышленность. 82 с. [Maltsev, M.P. (1980). *Beech*. Moscow: Forestry Industry] (in Russian)
- Миклуш С.І. (2011). *Рівнинні букові ліси України: продуктивність та організація сталого господарства*. Львів: ЗУКЦ. 259 с. [Myklush, S.I. (2011). *Plain beech forests of Ukraine: productivity and organizing sustainable forestry in them: monography*. Lviv: ZUCTS] (in Ukrainian)
- Молотков П.И. (1972) Буковые леса Украинских Карпат. В кн.: *Буковые леса СССР и ведение хозяйства в них* (с. 78-109). Москва: Лесная промышленность. 200 с. [Molotkov, P.I. (1972). Beech forests of the Ukrainian Carpathians. In *Beech forests of the USSR and conducting forestry in them* (pp. 78-109). Moscow: Forestry Industry] (in Russian)
- Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии*. (1987). Киев: Урожай. 560 с. [*Normative and reference materials for forest taxation of Ukraine and Moldova*] (1987). Kiev: Harvest] (in Russian)
- Остапенко Б.Ф., Ткач В.П. (2002). *Лісова типологія*. Харків: Харківський державний аграрний університет. 204 с. [Ostapenko, B.F., & Tkach, V.P. (2002). *Forest typology*. Kharkiv: Kharkiv State Agrarian University] (in Ukrainian)
- Постанова КМУ від 16 травня 2007 р. N 733 «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок»*. (2007). Київ. [*Resolution of the Cabinet of Ministers as of May 16, 2007 N 733 "On approval of the Procedure for division of forests into categories and allocation of spe-*



- cially protected forest areas” (2007) Kyiv. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Правила рубок головного користування в лісах України (2009). Київ. [The rules for final fellings in forests of Ukraine. (2009). Kyiv. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10>] (in Ukrainian)
- Свириденко В. С., Бабич О. Г., Киричок Л. С. (2005) *Лісівництво*. Київ: Арістей. 544 с. [Svyrydenko, V. E., Babich, O. G. & Kyrychok L. S. (2005). *Forestry*. Kyiv: Aristej] (in Ukrainian)
- Сорока М. І. (2008). *Рослинність українського Розточчя*. Львів: Світ. 434 с. [Soroka, M. I. (2008). *The vegetation of Ukrainian Roztochia*. Lviv: Svit] (in Ukrainian)
- Тышкевич Г. Л. (1984). *Охрана и восстановление буковых лесов*. Кишинев: Штиница. 232 с. [Tyshkevich, G. L. (1984). *Protection and reproduction of beech forests*. Kishinev: Shtiintsa] (in Russian)
- Целень Я. П. (2006). Природне відновлення в букових лісах Стільського горбогір'я Львівської області. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*, 31, 131-138. [Tselen, Ya. P. (2006). *Natural restoration in beech forests of Stilsky hill in Lviv region*. *Forest management, forestry, paper and woodworking industries*, 31, 131-138] (in Ukrainian)
- Myklush, S. I., Myklush, Y. S., & Savchyn, V. M. (2017). Structure of the forest fund and functions of beech forests on Ukrainian plains. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 27(8), 64-69. <https://doi.org/10.15421/40270809>
- Pretzsch, H., del Rio M., Ammer, Ch., Avdagic, A., Barbeito, I., Bielak, K. ... Bravo-Oviedo, A. (2015). Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *European Journal of Forest Research*, 134(5), 927-947. <https://doi.org/10.1007/s10342-015-0900-4>
- Rubner, R. (1960). *Die Pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues*. Berlin: Verlag Neumann-Neudamm. 620 s. [Rubner, R. (1960). *The plant-geographical basics of silviculture*. Berlin: Verlag Neumann-Neudamm] (in German)

### Mature beech stands in different categories of forests of the plain part of Ukraine

S. Myklush<sup>1</sup>, Y. Myklush<sup>2</sup>, S. Havryliuk<sup>3</sup>,  
Iu. Debryniuk<sup>4</sup>, V. Savchyn<sup>5</sup>

According to the forest fund accounting materials, the areas of mature beech stands estimated by Forest Management Organization were determined in 17 categories of forest. Forest stands up to 170 years are

mature in the forests of nature protection objects. It was determined that the largest share of such stand (more than 57% of total area) is located in operational forests and 15.7% are concentrated in the forest management part of green areas. Mature beech stands grow in beech, oak, fir and pine types of forest. The largest area of beech stands is concentrated on the territory of the Western Forest-Steppe, namely in different forest vegetation conditions of the Ukrainian Roztochia, Opillya and Western Podillya. They prevail in the conditions of fresh oak-hornbeam beech forest type occupying more than 10 thousand hectares, as well as in wet oak-hornbeam beech type of forest occupying almost 8.5 thousand hectares. The stands are formed by the share of European beech from 2 to 10 units in the tree species composition. In some regions, along with European beech there are common oak, white fir (in Prykarpattia) and Scots pine (in Roztochia) in tree species composition and accompanying tree species are often represented by hornbeam, maple, birch and aspen. More than 52% of pure stands in terms of area and number of plots are concentrated in operational forests.

The most common are stands with a relative density of 0.5, covering an area of almost 7.4 thousand hectares (1762 plots), while stands with a density of 0.7 cover area of 7.3 thousand hectares forming 1150 plots. Taking into account that plain beech forests perform 54 primary functions, among which the high importance is dedicated to the social and protective functions the structure of stands should be optimal for their effective

<sup>1</sup> Stepan Myklush – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Agricultural Sciences, Director of Educational and Research Institute of Forestry and Park Gardening, Professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, Heneral Chuprynyky str., 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> Yuriy Myklush – PhD of Agricultural Sciences, associate professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, Heneral Chuprynyky str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID ID: 0000-0002-1940-1045

<sup>3</sup> Serhii Havryliuk – PhD of Agricultural Sciences, associate professor, associate professor of the Forest Inventory and Forest Management Department. Ukrainian National Forestry University, Heneral Chuprynyky str., 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> Iurii Debryniuk – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Academician-Secretary of the Ukrainian Forestry Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Crops and Forest Selection. Ukrainian National Forestry University. General Chuprynyka str., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-235-30-12, +38-067-195-78-36. E-mail: debryniuk\_ju@ukr.net. ORCID ID: 0000-0002-0994-349X

<sup>5</sup> Volodymyr Savchyn – production manager. Production Association “Ukrderzhlisproekt”, Chaikovskoho str., 17, Lviv, 79005, Ukraine. Tel.: +38-097-011-40-47 E-mail: svm\_25@ukr.net



implementation of such functions over a long period. To achieve this recommended forming productive stands with a significant proportion of beech in the tree species composition. On average, the share of beech in tree species composition of the analyzed categories of forests and forest plots is in the range of 6.0-9.9 units. The largest share (more than 52%) of pure beech stands are concentrated in operational category of forests. Mature beech stands in the forest management part of the forests of green areas are characterized by the highest productivity. The wood stock value in some stands reach 590-661 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>.

Taking into account the bioecological features of European beech, its ability to regenerate naturally and the functions performed forestry measures in mature beech stands to be aimed at its natural regeneration and gradual transformation into complex structures of different ages. Implementation of various functions by beech stands requires the application of such forest management measures that ought to meet the purpose of management at best; permanent preservation of the forest environment; strengthening the performance of certain functions and timely and high-quality natural regeneration of forest areas. Moreover, it calls for measures towards their gradual transformation into complex structures of different ages in most forest categories, including recreational & health improving forests and forests that fulfil environmental and protective functions.

**Key words:** forest management materials; forestry; assessment indices; areas; functions; natural regeneration; final cutting.

## Спелые буковые древостои в различных категориях лесов равнинной части Украины

С. И. Миклуш<sup>1</sup>, Ю. С. Миклуш<sup>2</sup>, С. А. Гаврилюк<sup>3</sup>,  
Ю. М. Дебринюк<sup>4</sup>, В. М. Савчин<sup>5</sup>

По материалам учета лесного фонда определены площади спелых буковых насаждений для выделенных лесостроительством 21 категории лесов и лесных участков. Установлено, что более 57% спелых древостоев по площади сосредоточено в эксплуатационных лесах и 15,7% – в лесохозяйственной части лесов зеленых зон. Спелые буковые насаждения растут в буковых, дубовых, пихтовых и сосновых типах леса, но преобладают в условиях свежей грабовой бучины, занимающая площадь более 10 тыс. га и во влажной грабовой бучине – на площади 8,5 тыс. га. Насаждения формируются с участием бука лесного в составе от 2 до 10 единиц. В отдельных регионах, наряду с буком, в составе участвуют дуб черешчатый, пихта белая, сосна обыкновенная, а сопутствующими видами зачастую являются граб обыкновенный, клен-явор, клен остролистный, бере-

за бородавчатая, осина. В эксплуатационных лесах сосредоточено более 52% площади чистых по составу древостоев. Наиболее распространенными являются насаждения с относительной полнотой 0,5, охватывающих площадь почти 7,4 тыс. га (1762 участка) и с относительной полнотой 0,7, площадь которых составляет 7,3 тыс. га, которые растут на 1150 участках. Наивысшей производительностью характеризуются спелые буковые древостои в лесохозяйственной части лесов зеленых зон, где запасы стволовой древесины в отдельных насаждениях достигают 590-661 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>.

Выполнение буковыми насаждениями разноплановых средообразующих функций требует применения лесохозяйственных мероприятий, которые наиболее полно отвечают цели хозяйствования, постоянному сохранению лесной среды, усилению выполнения насаждениями определенных функций, своевременному и качественному естественному возобновлению лесных участков. В большинстве категорий лесов и лесных участков, в частности в рекреационно-оздоровительных лесах и лесах, выполняющих экологические и охранные функции, необходимо выполнять мероприятия для постепенного их переформирования в разновозрастные древостои сложной структуры.

**Ключевые слова:** материалы лесостроительства; лесоводственно-таксационные показатели; функции; естественное восстановление; рубки главного пользования.

<sup>1</sup> Миклуш Степан Иванович – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, директор ННІ лесного і садово-паркового господарства, професор кафедри лесної таксації і лесостроїтельства. Національний лесотехнічний університет України, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Україна. Тел.: 032-237-10-45, +38-067-791-36-77. E-mail: msi\_s@ukr.net ORCID: 0000-0002-9762-1190

<sup>2</sup> Миклуш Юрий Степанович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесостроительства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-239-27-46, +38-067-750-38-26. E-mail: y.myklush@nltu.edu.ua ORCID ID: 0000-0002-1940-1045

<sup>3</sup> Гаврилюк Сергей Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесной таксации и лесостроительства. 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> 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>5</sup> Савчин Владимир Николаевич – главный технолог. ПО «Укрдрержлеспроект», ул. Чайковского, 17, г. Львов, 79005. Тел.: +38-097-011-40-47. E-mail: svm\_25@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/10.15421/412114>  
Article received 2020.10.22  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr P. Pasternak  
[pasternak65@ukr.net](mailto:pasternak65@ukr.net)  
Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 630\*5:582.632.2

## Розмірно-якісна структура стовбурів *Quercus robur* L. у деревостанах вегетативного походження Лівобережного Лісостепу України

В. П. Пастернак<sup>1</sup>, О. А. Слиш<sup>2</sup>, В. В. Назаренко<sup>3</sup>

Для досліджень розмірно-якісної структури деревини стовбурів *Quercus robur* L. використано дослідні дані, зібрані в деревостанах вегетативного походження Лівобережного Лісостепу на тимчасових пробних площах. Проаналізовано розподіл об'єму ділових стовбурів дуба звичайного за розмірно-якісними категоріями деревини залежно від діаметра, висоти та об'єму. Найтіснішу лінійну залежність від об'єму стовбура в корі виявлено для абсолютних значень об'єму ділової деревини. Пошук параметрів рівнянь виконано у MS Excel. Систематична похибка математичних моделей виходу ділової деревини становить 1,0%. Для отримання даних розподілу об'єму ділової деревини за класами товщини, передбачених ДСТУ 1315-1-2001, розроблено алгоритм умовного розкрязування модельних дерев, який базується на апроксимації твірної поверхні стовбура за допомогою математичної моделі функції Riemer–Gadow–Sloboda. Розмірну структуру ділової деревини узагальнено за методикою, що базується на встановленні закономірностей розподілу об'єму за класами товщини у відносних величинах. Виявлено тісну залежність (коефіцієнт детермінації моделей  $R^2 = 0,68-0,82$ ) відносних величин розмірної структури від діаметра модельних дерев на висоті 1,3 м. Порівняння поданих нормативів з даними розробки лісосік рубок головного користування 2019-2020 рр. показало, що характер розподілу деревини за класами товщини є подібним з незначними відхиленнями. Розроблені за новими стандартами таблиці забезпечують прогнозування розподілу об'єму ділової деревини ділових стовбурів дуба звичайного за класами товщини, за середнім діаметром лісоматеріалів без кори залежно від діаметра на висоті 1,3 м.

**Ключові слова:** лісоматеріали круглі; класи товщини; розкрязування; твірна стовбура.

**Вступ.** Одним із важливих завдань виробничої діяльності лісогосподарських підприємств в Україні є визначення структури лісосічного фонду, тобто розподілу деревини на ділову, дров'яну та відходи, а ділової – за класами розмірів та якості. За нинішніх умов частина нормативної бази, яку розробляли у попередні роки для вирішення зазначених завдань, частково втратила актуальність. Це зумовле-

но насамперед тим, що з 01.01.2021 р. в Україні набув чинності ДСТУ EN 1316-1:2019, який встановлює вимоги до круглих лісоматеріалів дуба та бука за якістю. Втратили чинність стандарти, що регламентують обмір, визначення об'ємів і класифікацію за розмірами лісоматеріалів круглих. Так, зі скасуванням ГОСТ 9462-88 (Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия, 1988) та

<sup>1</sup> Пастернак Володимир Петрович – академік Лісівничої академії наук України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-057-707-80-44. E-mail: [pasternak65@ukr.net](mailto:pasternak65@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

<sup>2</sup> Слиш Олександр Анатолійович – кандидат сільськогосподарських наук, лісничий Новомутинського лісництва ДП Конотопське лісове господарство, вул. Конотопських партизан, 97, м. Конотоп, Сумська обл., 41605, Україна. Тел.: +38 (05447) 6-62-38 E-mail: [slysh\\_oleksandr@ukr.net](mailto:slysh_oleksandr@ukr.net)

<sup>3</sup> Назаренко Віталій Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри лісоуправління, лісоексплуатації та безпеки життєдіяльності. Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, «Докучаєвське – 2», Харківський район, Харківська обл., 62483, Україна. Тел.: +38-0572-99-76-80 E-mail: [fg@knau.kharkov.ua](mailto:fg@knau.kharkov.ua)

ГОСТ 2708-75 (Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов, 1975) повною мірою введено стандарти ДСТУ 4020-2-2001 (Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів, 2001) та ДСТУ EN 1315-1-2001 (Класифікація за розмірами, 2002). Замість скасованих ТУУ 56.196-95 (Деревина дров'яна для технологічних потреб, 1995) та ГОСТ 3243-88 (Дрова. Технические условия, 1989) введено ТУУ-00994207-005:2018 (Деревина дров'яна. Класифікація, облік, технічні вимоги, 2018), які класифікують дров'яну деревину промислового та непромислового використання за якістю та розмірами. З огляду на це потребують удосконалення нормативи, які розробляли на основі скасованих стандартів.

Досліджуючи дубові деревостани Правобережного Придніпровського Лісостепу, В.Б. Биченко (2019) встановив, що відносні значення показників розмірної структури ділової деревини найтісніше корелюють із діаметром стовбура. Форма цієї залежності нелінійна, доволі складна та апроксимується системою рівнянь. За результатами досліджень складено таблиці розподілу об'єму ділових стовбурів дуба та розподілу ділової деревини ділових стовбурів дуба за класами товщини за середнім діаметром без кори (Биченко, 2019). Водночас у Правобережному Лісостепу України переважають дубові деревостани насінневого походження, а в Лівобережному – вегетативного. У «Лісотаксаційному довіднику» (2020) наведено таблиці розподілу об'єму ділових стовбурів за класами та підкласами товщини.

Для моделювання розмірно-якісної структури стовбурів *Quercus robur* L. дослідники (В.Б. Биченко, В.В. Биченко, Миронюк, 2018; В.Б. Биченко, Миронюк, 2019) пропонують використовувати математичну модель А. Kozak (2004). Польські вчені (Socha, Netzel & Cywicka, 2020) порівняли такі методи для моделювання форми стовбура: рівняння твірної, регресійні моделі та штучна нейронна мережа (ШНМ). Як контроль використали відкаліброване рівняння змінної експоненти, запроваджене А. Козаком (Kozak, 2004). Модель на основі нейронної мережі дає змогу з високою точністю оцінити діаметр стовбура на будь-якій висоті. Додатковою перевагою є можливість її вдосконалення, наприклад, збільшення навчального набору, кращим узгодженням структури моделі до топології фігури виду, зміни нелінійної функції переходу або зміни параметрів навчання. Отже, ШНМ є універсальним інструментом для побудови моделей форми та об'єму стовбура. Вони дають змогу будувати моделі, які дуже добре відповідають емпіричним даним і дозволяють визначати діаметр без систематичних помилок на будь-якій висоті стовбура. Тому ШНМ можна використовувати для побудови місцевих моделей форми та об'єму стовбура, що використовують у лісовій практиці (Socha, Netzel & Cywicka, 2020).

Використовуючи дані вимірювань стовбура, М. Castle et al. (2017) кількісно визначили міжвидо-

ві та регіональні зміни у формі та пошкодженні стовбура, пов'язали потенційний вихід пиломатеріалів із розміром дерева, формою і вадами, та порівняли ефективність із загальноприйнятою системою класифікації та показниками якості стовбура. Було встановлено значні відмінності як у формі стовбура, так і в пошкодженнях видів. Спрощена система, що містить три класи, виявилася достатньою для диференціації потенціалу пиломатеріалів на окремих деревах, тоді як модель, що використовує постійний показник якості стовбура (розрахункова висота товарного пиловника), показала найкращі результати.

Враховуючи високі вимоги до точності оцінювання розмірно-якісної структури деревостанів з урахуванням вимог нових стандартів на лісоматеріали круглі, *актуальним завданням* є об'єктивне встановлення об'ємотвірних показників стовбурів, кількісних і якісних характеристик запасу дубових деревостанів вегетативного походження та розроблення системи відповідного нормативно-довідкового забезпечення.

**Об'єкти і методи.** *Об'єкт дослідження* – деревостани *Quercus robur* L. вегетативного походження Лівобережного Лісостепу. *Предмет дослідження* – формування розмірно-якісної структури дубових деревостанів вегетативного походження Лівобережного Лісостепу України.

*Мета дослідження:* визначити закономірності виходу ділової деревини, дров і відходів із ділових стовбурів дуба; розробити математичні моделі цих закономірностей та на їхній основі скласти відповідні таблиці розподілу.

Дослідні дані подано за результатами обміру 256-ти ділових модельних дерев дуба на 28 тимчасових пробних площах у пристиглих, стиглих і перестиглих дубових деревостанах вегетативного походження Лівобережного Лісостепу. Додатково використано дані двох пробних площ, що закладені під керівництвом М.В. Любчича з рубкою та обмірюванням 10 ділових модельних дерев. Оскільки в Україні на сьогодні не розроблено методик класифікації стовбурів за категоріями технічної придатності (ділові, напівділові, дров'яні) з урахуванням нових стандартів на лісоматеріали, у наших дослідженнях діловими вважали дерева, з нижньої частини стовбура яких можливо заготовити діловий сортимент категорій А, В, С (ДСТУ EN 1316-1:2019) завдовжки не менше ніж 6,5 метра.

На деревах, що ростуть, вимірювали діаметри за допомогою програмно-технологічного комплексу Field-Map. Для побудови твірної стовбура використовували функцію Riemer-Gadow-Sloboda (Riemer et al., 1995) за допомогою нелінійного регресійного рівняння через оцінювання невідомих параметрів (i, p, q) моделі. На зрубаних модельних деревах (73 шт.) вимірювали довжину стовбура від пня, висоту і діаметр пня, підраховували кількість річних шарів на пні, уточнювали визначення категорій деревини і діаметрів у корі та без кори. За наявності гнилі на пні вимірювали її діаметр, а під час розкривання – висоту її поширення.



Класифікацію колод за якістю здійснювали як за нормативами, що діяли до 2019 р. (надалі – ГОСТ), так і за новими, які набули чинності з 2019 року. За вимогами ГОСТ 9462-88, лісоматеріали дуба встановлювали завдовжки від 3,0 м, дрова технологічні (ТУУ 56.196-95) та дрова паливні (ГОСТ 3243-88) – від 1,0 метра. Згідно з вимогами ДСТУ, розподіл виконували на лісоматеріали круглі завдовжки від 3,0 м (класів якості А, В (фанерний кряж) від 1 м) (ДСТУ EN 1316-1:2019), деревину дров'яну промислового і непромислового використання завдовжки від 1,0 м (ТУУ-00994207-005:2018).

Дані обробляли з використанням Field-Map Stem analyst і MS Excel. Основні статистики розподі-

лу таксаційних показників модельних дерев ( $d_{1,3}$  – діаметр у корі на висоті 1,3 м;  $h$  – висота;  $V_k$  – об'єм стовбура в корі, м<sup>3</sup>;  $V_{діл.}$  – об'єм ділової частини, м<sup>3</sup>;  $P_{вділ.}$  – частка ділової деревини від об'єму стовбура в корі, %) наведено в табл. 1.

Дослідні дані охоплюють доволі широкий діапазон показників стовбурів дерев дуба за діаметром (26,0-81,0 см) та висотою (19,2-35,2 см). Коефіцієнти мінливості цих показників свідчать про достатню однорідність дослідних даних, оскільки становлять 23 та 11% відповідно (Никитин, Швиденко, 1978). За таких умов, за даними вибірки для регіону досліджень можливе узагальнення закономірностей розподілу об'єму ділових стовбурів.

Таблиця 1

Основні статистики досліджуваних показників

Показник	$d_{1,3}$ , см	$h$ , м	ГОСТ		ДСТУ		$V_k$ , м <sup>3</sup>
			$V_{діл.с}$	$P_{вділ.с}$	$V_{діл.н}$	$P_{вділ.н}$	
Середнє значення, М	43,6	25,8	1,250	58,6	1,446	68,1	1,796
Середнє квадратичне відхилення, $\sigma$	9,99	2,93	0,791	10,4	0,863	8,2	1,001
Коефіцієнт мінливості, V, %	22,9	11,3	63,3	17,8	59,7	12,0	55,7
Асиметрія, А	0,993	0,057	1,528	-0,393	1,309	-1,153	0,812
Екссес, Е	0,940	-0,476	2,455	-0,687	1,531	1,135	0,493

Для виявлення залежностей розподілу деревини ділових стовбурів за категоріями залежно від діаметра, висоти та об'єму стовбурів у корі було здійснено аналіз кореляційних зв'язків між цими показниками.

Для отримання даних розподілу ділової деревини за класами якості та розмірів, передбачених ДСТУ 1315-1-2001 (за серединним діаметром), застосували алгоритм умовного розкряжування модельних дерев і реалізували його у Field-Map Stem Analyst. Його побудовано на основі твірної поверхні стовбура за допомогою математичної моделі функції Riemer-Gadow-Sloboda, яку було опрацьовано на цих самих дослідних даних (Слиш, Солодовник, Букша, 2014). За результатами обміру стовбурів визначали діаметр і висоту, встановлювали послідовність відрізків стовбура відповідних розмірно-якісних категорій за пріоритетом від класу якості А до дров непромислового використання. При цьому враховували встановлені вимоги до лісоматеріалів круглих: наявність вад, мінімальні (максимальні) довжини лісоматеріалів за класами якості ділової деревини, дров промислового і непромислового використання; діаметри лісоматеріалів, а також градацію за довжиною та діаметром (серединним без кори – для ділових лісоматеріалів, верхнім у корі – для дров'яних).

Об'єм ліквідної частини стовбурів обчислювали в корі та без кори послідовно, від окоренка до верхівки стовбура, згідно з вимогами до відповідного класу якості та в міру спадання пріоритетів. Якщо

серединний діаметр, мінімальна довжина відрізка та/або якість стовбура не задовольняли встановлені вимоги, то призначали нижчий клас якості ділових лісоматеріалів або дров'яної деревини. Класи товщини ділової деревини встановлювали за серединним діаметром колод без кори: D1 – 14,5–19,4 см, D2 – 19,5–29,4 см, D3 – 29,5–39,4 см, D4 – 39,5–49,4 см, D5 – 49,5–59,4 см, D6  $\geq$  59,5 см (Класифікація за розмірами, 2002).

Зведені дані вимірювань містять інформацію про параметри кожного сортименту, отриманого з конкретного модельного дерева: серединний діаметр без кори для ділових сортиментів і верхній із корою – для дров, їхню довжину та об'єм.

Дані стосовно розмірної структури ділової деревини узагальнювали за методикою, що базується на дослідженні закономірностей розподілу об'єму ділової деревини за класами товщини у відносних величинах. За результатами аналізу виявлено тісну залежність відносних показників розмірної структури деревини стовбурів від діаметра на висоті 1,3 метра. Пошук форми залежностей та обчислення параметрів рівнянь виконали в MS Excel.

**Результати та обговорення.** За результатами кореляційного аналізу встановлено, що фактичні значення коефіцієнтів кореляції між частками ділової деревини ( $P_{діл.}$ ) і біометричними показниками стовбурів є меншими за критичне значення, що свідчить про відсутність лінійної залежності між цими показниками (табл. 2).

Таблиця 2

**Коефіцієнти кореляції між досліджуваними показниками**

Показник	d, см	h, м	ГОСТ		ДСТУ		Vк, м³
			Vділ.с	Pділ.с	Vділ.н	Pділ.н	
$d_{1,3}$	1,00	0,68	0,93	0,10	0,95	0,07	0,95
$h$		1,00	0,76	-0,01	0,81	0,05	0,72
ГОСТ	Vділ.		1,00	0,32	0,98	0,23	0,94
	Pділ.			1,00	0,20	0,76	0,03
ДСТУ	Vділ.				1,00	0,20	0,96
	Pділ.					1,00	-0,02
V, м³							1,00

Для абсолютних значень об'єму ділової деревини виявлено тісну лінійну залежність від діаметра і висоти стовбура та об'єму стовбура в корі (рис. 1).

Математичні моделі для встановлення залежності виходу ділової деревини в абсолютних величинах від об'єму стовбура в корі враховують вплив на ці показники не лише діаметра, але й висоти та форми стовбура. Залежність виходу ділової деревини від об'єму стовбура описують такі лінійні рівняння:

ни від об'єму стовбура описують такі лінійні рівняння:

$$V_{діл.с} = 0,629 \cdot V_k - 0,067; R^2 = 0,93, \quad (1)$$

$$V_{діл.н} = 0,711 \cdot V_k - 0,047; R^2 = 0,96, \quad (2)$$

де  $V_k, V_{діл.}$  – об'єми стовбура в корі та ділової деревини відповідно.

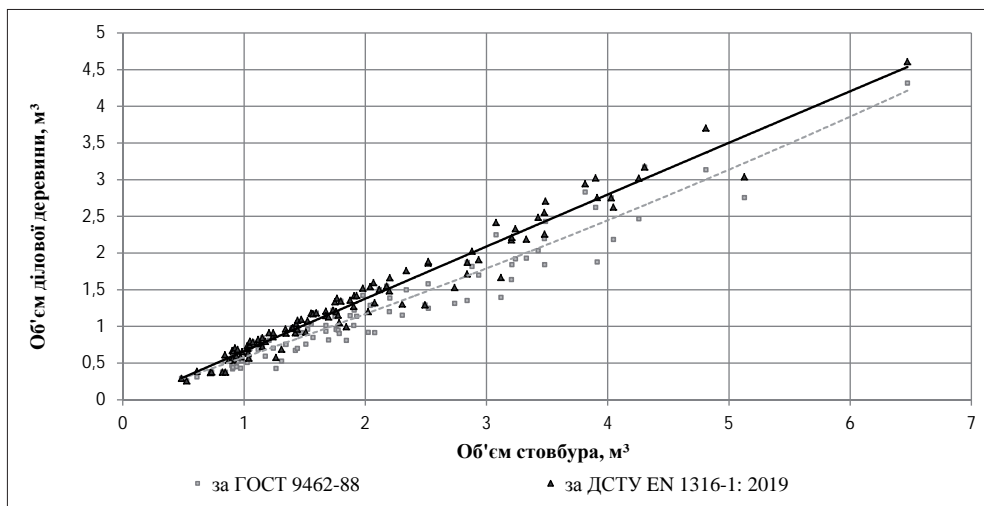


Рис. 1. Залежність виходу ділової деревини від об'єму стовбура в корі за вимогами ГОСТ і ДСТУ

Встановлено тісну залежність виходу окремих розмірних категорій деревини від діаметра на висоті 1,3 м, яку проілюстровано на рис. 2.

За результатами моделювання отримано такі рівняння:

$$P_{15-19} = 1645 \cdot e^{(-0,142 \cdot d)}, \quad 20 < d \leq 36;$$

$$P_{15-19} = 100, \quad d = 20;$$

$$P_{20-29} = 470 \cdot e^{(-0,065 \cdot d)}, \quad 36 < d \leq 56;$$

$$P_{20-29} = 100 - P_{15-19}, \quad 24 \leq d \leq 28;$$

$$P_{30-39} = -0,43 \cdot d^2 + 37,95 \cdot d - 765, \quad 40 < d \leq 56;$$

$$P_{30-39} = 100 - P_{15-19} - P_{20-29};$$

$$P_{40-49} = 98,1 \cdot \ln(d) - 341,1, \quad 52 < d \leq 64;$$

$$P_{50-59} = 100 - P_{40-49} - P_{30-39} - P_{20-29}, \quad 52 < d \leq 64,$$

де:  $d$  – діаметр стовбура на висоті 1,3 м;  $P_{15-19}, P_{20-29}, P_{30-39}, P_{40-49}, P_{50-59}$  – частка об'єму ділової деревини відповідного класу товщини від загального об'єму ділової деревини стовбура.

На основі розроблених математичних моделей складено таблиці розподілу об'єму ділової деревини ділових стовбурів дуба за класами товщини середнього діаметра без кори (табл. 3).

За нашими розрахунками, частки виходу ділової деревини є дещо нижчими, ніж у чинних нормах. Так, за «Лісотаксаційним довідником» (2020) для стовбурів діаметром 40 см вихід ділової деревини становить 77,3%, а за нашими даними – 68,1%; для стовбурів 60 см – 77,6 і 69,8% відповідно.

За результатами досліджень, для дубових деревостанів вегетативного походження Лівобережно-

го Лісостепу середній вихід ділової деревини становить 58,6% (за ГОСТ), хоча серед модельних дерев є стовбури з високою часткою ділової деревини (до 74,3%).

Таблиця 3

**Розподіл об'єму ділової деревини стовбурів *Quercus robur* L. за серединним діаметром колод без кори, %**

Діаметр, см	Клас товщини за серединним діаметром без кори, см					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
20	100	–	–	–	–	–
24	54	46	–	–	–	–
28	31	69	–	–	–	–
32	17	83	–	–	–	–
36	10	50	40	–	–	–
40	6	32	51	11	–	–
44	–	21	55	24	–	–
48	–	13	52	35	–	–
52	–	8	43	47	2	–
56	–	5	27	54	14	–
60	–	–	4	61	35	–
64	–	–	–	44	48	8

Збільшення середнього значення частки виходу ділової деревини від 58,6% (за ГОСТ) до 68,0% (за ДСТУ) зафіксовано переважно у стовбурів із мінімальною протяжністю ділової частини. Вихід ділової деревини для таких стовбурів збільшився внаслідок зарахування об'єму частини сортиментів, віднесених за ГОСТ до дров технологічних, до якісної категорії D круглих лісоматеріалів ділової деревини за новими ДСТУ. Для стовбурів, протяжність ділової частини яких за ГОСТ перевищувала 15 м, у дров'яній частині, відповідно до ДСТУ, визначали переважно дров'яну деревину.



Рис. 2. Розподіл ділової деревини за класами товщини залежно від діаметра стовбура

Для перевірки розроблених нормативів використано дані розробки лісосік рубок головного користування 2019-2020 рр. у ДП «Конотопське ЛГ» і ДП «Краснопільське ЛГ». При цьому порівнювали вихід деревини за класами товщини (табл. 4).

Таблиця 4

**Порівняння розмірної структури деревини**

№ з.п.	Кв.	Дані обліку лісопродукції						За таблицею 3					
		класи товщини					разом ділової	класи товщини					разом ділової
		D2	D3	D4	D5	D6		D2	D3	D4	D5	D6	
1	63	31,4	53,1	25,9	3,5	1,0	115,5	29,5	46,1	26,7	3,6	1,1	108,7
2	80	71,2	106,1	34,2	0,7	–	212,4	64,8	91,6	32,2	0,8	–	189,4
3	23	21,0	32,7	16,5	6,6	0,9	77,7	19,3	33,4	18,6	6,9	0,8	79,0
4	64	72,1	161,4	41,2	4,6	–	279,3	89,3	145,9	31,3	4,9	–	283,9
5	85	40,4	84,5	29,2	7,0	1,6	162,7	44,3	71,0	31,4	6,7	0,9	154,3

Порівняння свідчить, що характер розподілу за класами товщини є подібним. За таблицями, зазвичай, дещо вищою є частка лісоматеріалів круглих класів товщини D2 і D5 (на 2,1 і 4,8% відповідно), і меншою – у класі товщини D3 (у середньому на 10,1%). Вихід ділової деревини за таблицями у середньому є меншим на 3,7%, що може бути пов'язано з особливостями обліку ділової деревини за серединним діаметром, а також тим, що встановлені закономірності стосуються лише ділових стовбурів. Як зазначено раніше, із запроваджен-

ням в Україні стандартів на лісоматеріали, що гармонізовані з європейськими вимогами, чинні нормативи розподілу стовбурів за категоріями технічної придатності (ділові, напівділові та дров'яні) не повною мірою відповідають їхньому змісту. За новими стандартами певну частину напівділових і дров'яних стовбурів буде віднесено до категорії ділових та/або напівділових за рахунок колод категорії D, які раніше класифікували як «технологічна сировина виробничо-технічного призначення». Тобто загальне зростання запасу ділової деревини



на певній лісосіці буде спричинене збільшенням її виходу зі стовбурів усіх категорій.

**Висновки.** Встановлено тісну лінійну залежність абсолютних значень об'єму ділової деревини від діаметра та висоти стовбура ( $r = 0,76-0,95$ ). Найтіснішу лінійну залежність встановлено для абсолютних значень об'єму ділової деревини від об'єму стовбура в корі ( $r = 0,94-0,96$ ). Така залежність враховує вплив на вихід якісних категорій деревини не лише діаметра і висоти, але й інших біометричних показників стовбура. Збільшення середнього значення частки виходу ділової деревини від об'єму стовбура в корі (за ГОСТ) до 68,0% (за ДСТУ) зафіксовано переважно у стовбурів із мінімальною протяжністю ділової частини. Вихід ділової деревини для таких стовбурів збільшився внаслідок переходу об'єму частини сортиментів, віднесених за ГОСТ до дров технологічних, до якісної категорії D круглих лісоматеріалів ділової деревини за новими ДСТУ.

Розроблені таблиці розподілу дають змогу прогнозувати вихід ділової деревини для дубових деревостанів вегетативного походження Лівобережного Лісостепу з достатньою точністю за новими європейськими стандартами та здійснювати її розподіл за класами товщини. Встановлені закономірності стосуються ділових стовбурів, тоді як особливості виходу ділової деревини з напівділових і дров'яних стовбурів потребують додаткових досліджень.

### Список літератури

- Биченко В.Б. (2019). Моделювання розмірно-якісної структури стовбурів дуба звичайного за європейськими стандартами. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(7), 90-95. [Bychenko, V.B. (2019). Modeling of Size and Quality Structure of Common Oak Tree Stem in Compliance with European Standards. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 29(7), 90-95. <https://doi.org/10.15421/40290718>] (in Ukrainian)
- Биченко В.Б., Биченко В.В., Миронюк В.В. (2018). Моделювання об'єму ділових сортиментів дуба звичайного з використанням рівнянь твірної деревних стовбурів. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*, 288, 6-17. [Bychenko, V.B., Bychenko, V.V., & Myroniuk, V.V. (2018). Modelling roundwood merchantable volumes for common oak using tree stem taper equations. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 288, 6-17. Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lisivnytstvo/article/view/12722>] (in Ukrainian)
- Биченко В.Б., Миронюк В.В. (2019). Особливості моделювання твірної поверхні стовбурів дуба звичайного. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29(5), 69-74. [Bychenko, V.B., & Myroniuk, V.V. (2019). Some peculiarities of stem taper modelling of common oak trees. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 29(5), 69-74. <https://doi.org/10.15421/40290514>] (in Ukrainian)
- ДСТУ 4020-2-2001. *Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі* (pr EN 1309-2:1998). [Чинний від 2001-07-01]. Вид. офіційне. Київ: Держстандарт України [DSTU 4020-2-2001 (2001). *Round and sawn timber. Method of measurement of dimensions. Part 2: Round timber*. [Effective from July 01.2001]. Official edition. Kyiv: Ukraine's Derzhstandart] (in Ukrainian)
- ДСТУ EN 1316-1:2019. *Лісоматеріали круглі листяні. Класифікація за якістю. Частина 1. Дуб та бук*. (EN 1316-1:2012, IDT). [Чинний від 2021-01-01]. Вид. офіційне. [DSTU EN 1316-1:2019 (EN 1316-1:2012, IDT) *Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 1: Oak and beech*. [Effective from January 01.2021. Official edition] (in Ukrainian)
- ДСТУ EN 1315-1-2001 *Класифікація за розмірами. Частина 1. Лісоматеріали круглі листяні*. (EN 1315-1:1997, IDT). [Чинний від 2002-01-01]. Вид. офіційне. Київ: Технічний комітет зі стандартизації [DSTU EN 1315-1:2001 (EN 1315-1:1997, IDT). (2002). *Dimensional classification – Part 1: Hardwood round timber*. [Effective from January 01.2003]. Official edition. Kyiv: Technical Committee for Standardization] (in Ukrainian)
- ГОСТ 2708-75. *Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов*. Москва: Издательство стандартов, 1977. [GOST 2708-75. (1975). *Round timber. Tables volumes*, from 01 Jan 1977. Moscow: Standart Publishing House] (in Russian)
- ГОСТ 9462-88. *Лесоматериалы круглые лиственных пород, размеры и технические требования*: Москва: Издательство стандартов, 1988. [GOST 9462-88. *Roundwood timber of deciduous species. Technical specifications*, from 01 Jan 1990. Moscow: Standard Publishing House] (in Russian)
- ГОСТ 3243-88. *Дрова. Технические условия*. Москва: Издательство стандартов, 1989. [Firewood. *Technical specifications*, from 01 Jan 1990. Moscow: Standart Publishing House] (in Russian)
- Лісотаксаційний довідник (2020). А.М. Білоус, С.М. Кашпор, В.В. Миронюк, В.А. Свинчук, О.М. Леснік [Forest inventory handbook. (2020). Bilous, A.M., Kashpor, S.M., Myroniuk, V.V., Svinchuk, V.A., Lesnik, O.M. Kyiv] ISBN 978-966-981-403-6 (in Ukrainian)
- Никитин К.Е., Швиденко А.З. (1978) *Методы и техника обработки лесоводственной информации*. Москва: Лесная промышленность. 271 с. [Nikitin, K.E., & Shvidenko, A.Z. (1978). *Methods and technique of data processing in forestry*. Moscow: Forest industry] (in Russian)
- Слиш О.А., Пастернак В.П. (2018). Нормативи для визначення запасу і розмірно-якісної структури стиглих і перестійних порослевих дубових деревостанів. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 132, 41-47. [Slysh, O.A., & Pasternak, V.P. (2018). Standards for determining of growing stock and dimensional-qualitative structure of mature and overmature coppice oak forest stands. *Forestry and forest melioration*, 132,

- 41-47. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.132.2018.41> (in Ukrainian)
- Слиш О. А., Солодовник В. А., Букша М. І. (2014). Методи дистанційного вимірювання та моделювання профілів стовбурів для встановлення їхньої сортиментно-гатункової структури. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 124, 42-46. [Slysh, O. A., Solodovnik, V. A., & Buksha, M. I. (2014). Methods of remote measurement and modeling of stem profiles to evaluate their assortment and quality structure. *Forestry and forest melioration*, 124, 42-46. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam\\_2014\\_124\\_8](http://nbuv.gov.ua/UJRN/lisam_2014_124_8)] (in Ukrainian)
- ТУУ 56.196-95. *Деревина дров'яна для технологічних потреб*. [Чинний від 1995-01-26]. Київ: Стандарти [TCU 56.196-95. (1995). *Fuelwood for technological needs*, from 26 Jan 1995. Kyiv: Standarty] (in Ukrainian)
- ТУУ-00994207-005:2018. *Деревина дров'яна. Класифікація, облік, технічні вимоги* [TCU-00994207-005:2018. *Fuelwood. Classification, accounting, technical requirements*. Retrieved from [http://www.mdoffice.com.ua/pdf/tehnichni\\_umovi\\_1908021524.pdf](http://www.mdoffice.com.ua/pdf/tehnichni_umovi_1908021524.pdf)]
- Castle, M., Weiskittel, A., Wagner, R., Ducey, M., Frank, J., & Pelletier, G. (2017) Variation in stem form and risk of four commercially important hardwood species in the Acadian Forest: implications for potential sawlog volume and tree classification systems. *Canadian Journal of Forest Research*, 47, 11. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2017-0182>
- Field-Map stem analyst (FMSA). URL: <https://www.fieldmap.cz/?page=fmsa>
- Kozak, A. (2004). My last words on taper equations. *The Forestry Chronicle*, 80(4), 507-515. <https://doi.org/10.5558/tfc80507-4>
- Riemer, T., von Gadow, K., & Sloboda, B. (1995). Ein Modell zur Beschreibung von Baumschaften. *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*, 166(7), 144-147. [Riemer, T., von Gadow, K., & Sloboda, B. (1995). A model to describe tree structures. General forest and hunting newspaper. *Allgemeine Forst-und Jagdzeitung*, 166(7), 144-147] (in Germany)
- Socha, J., Netzel, P., & Cywicka, D. (2020). Stem Taper Approximation by Artificial Neural Network and a Regression Set Models. *Forests*, 11(1), 79. <https://doi.org/10.3390/f11010079>

## Dimensional and qualitative structure of *Quercus robur* L. trunks in stands of coppice origin of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

V. P. Pasternak<sup>1</sup>, O. A. Slysh<sup>2</sup>, V. V. Nazarenko<sup>3</sup>

One of the important tasks of the production activity of forestry enterprises in Ukraine is to determine the structure of operational forests. In the current conditions, part of the regulatory framework, which was developed

in previous years to address these issues, has partially lost relevance because of new standards adopted.

The experimental data are presented by the results of measuring 256 model oak trees on 28 temporary sample plots in premature, mature and overmature oak stands of coppice origin of the Left-Bank Forest-Steppe. To obtain data on the distribution of industrial timber by quality and size classes, we used the algorithm of conditional bucking of model trees and implemented it in the Field-Map Stem Analyst. The volume of the merchantable part of the trunks was calculated in the bark and without the bark sequentially, from the base to the top of the trunk, according to the requirements for the appropriate quality class. The classification of logs by quality was carried out both according to the standards in force until 2019 (hereinafter – GOST) and according to the new ones, which came into force in 2019 (DSTU).

The closest linear correlation is established for absolute values of volumes of qualitative categories of timber with volume of a trunk in bark. This dependence takes into account the impact on the yield of timber qualitative categories (not only diameter but also other biometric indicators of the trunk).

Data on the dimensional structure of industrial timber were summarized according to a method based on the study of patterns of distribution of the volume by dimensional classes in relative terms. According to the results of the analysis, a close dependence of the relative indicators of trunk timber dimensional structure by DBH was revealed.

On the basis of the developed mathematical models the tables of distribution of volume of industrial timber of merchantable oak trunks on dimensional classes of average diameter without bark are made.

According to the research results the average yield of industrial timber for oak stands of coppice origin of the Left-Bank Forest-Steppe is 58.6% (according to GOST), although the experimental data have trunks with a high share of industrial timber (up to 74.3%). The increase in the average value of the share of industrial timber from 58.6% (according to GOST) to 68.0% (according to DSTU) was recorded mainly in trunks with a minimum length of the industrial part. The yield of industrial timber for such trunks increased due to the transition of the volume of some assortments classified according to GOST to technological fuelwood, to

<sup>1</sup> Volodymyr P. Pasternak – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor habil. (agricultural sciences), professor. Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-44. E-mail: [pasternak65@ukr.net](mailto:pasternak65@ukr.net) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

<sup>2</sup> Olexandr A. Slysh – PhD, State Enterprise “Konotop Forestry”, Konotopskih partizan str., 97, Konotop, 41605, Ukraine. Tel.: (05447) 6-62-38 E-mail: [slysh\\_oleksandr@ukr.net](mailto:slysh_oleksandr@ukr.net)

<sup>3</sup> Vitalii V. Nazarenko – PhD, Faculty of Forestry, Department of Forest Management, Forest Exploitation and Life Safety, “Dokuchaevske-2”, Kharkiv district, Kharkiv region, 62483, Ukraine. Tel.: +38-057-299-76-80. Tel.: +38-0572-99-76-80. E-mail: [flg@knu.kharkov.ua](mailto:flg@knu.kharkov.ua)

quality category D of industrial round timber according to the new DSTU.

To verify the developed tables, the data on final felling of 2019–2020 in SE “Konotop Forestry” and SE “Krasnopillia Forestry” were used. The comparison shows that the nature of the distribution by dimensional classes is similar. According to the tables, as a rule, the share of round timber of larger diameter is slightly higher, but the difference is insignificant.

The developed distribution tables make it possible to predict the yield of industrial timber for oak stands of coppice origin of the Left-Bank Forest-Steppe with sufficient accuracy according to the new European standards and to divide it into dimensional classes.

**Key words:** round timber; dimensional classes; bucking; trunk tape.

### Размерно-качественная структура стволов *Quercus robur* L. в древостоях вегетативного происхождения Левобережной Лесостепи Украины

В. П. Пастернак<sup>1</sup>, А. А. Слиш<sup>2</sup>, В. В. Назаренко<sup>3</sup>

Одна из важных задач производственной деятельности лесхозов Украины – определение структуры лесосечного фонда. В нынешних условиях часть нормативной базы, которая была разработана в предыдущие годы для решения этих задач, частично потеряла актуальность из-за принятия новых стандартов.

Экспериментальные данные представлены результатами измерений 256 модельных деревьев дуба черешчатого на 28 временных пробных площадях в приспевающих, спелых и перестойных дубняках порослевого происхождения Левобережной Лесостепи. Для получения данных о распределении деловой древесины по классам качества и толщины

нами использован алгоритм условной раскряжевки модельных деревьев и реализован в Field-Map Stem Analyst. Объем ликвидной части стволов рассчитан в коре и без коры последовательно, от основы до вершины ствола, согласно требованиям соответствующего класса качества. Классификация бревен по качеству проведена как по действующим до 2019 г. стандартам (далее – ГОСТ), так и по новым, вступившим в силу в 2019 г. (ДСТУ).

Наиболее тесная линейная зависимость установлена для абсолютных значений объемов качественных категорий древесины от объема ствола в коре. Эта зависимость учитывает влияние на объем качественных категорий древесины не только диаметра, но и других биометрических показателей ствола.

Данные о размерной структуре деловой древесины обобщены по методике, основанной на изучении закономерностей распределения объемов деловой древесины по классам толщины в относительном выражении. По результатам анализа выявлена тесная зависимость относительных показателей размерной структуры древесины ствола от диаметра на высоте 1,3 м.

На основе разработанных математических моделей составлены таблицы распределения объемов деловой древесины деловых стволов дуба черешчатого по классам толщины по среднему диаметру без коры.

По результатам наших исследований, для дубовых насаждений вегетативного происхождения Левобережной Лесостепи средний выход деловой древесины составляет 58,6% (по ГОСТу), хотя в экспериментальных данных есть стволы с высокой долей деловой древесины (до 74,3%). Увеличение среднего значения доли деловой древесины с 58,6% (по ГОСТу) до 68,0% (по ДСТУ) зафиксировано в основном для стволов с минимальной длиной деловой части. Выход деловой древесины для таких стволов увеличился за счет включения объема части сортиментов, классифицируемых по ГОСТу, как технологические дрова, в категорию качества D круглого леса деловой древесины по новым ДСТУ.

Для проверки разработанных нормативов используются данные о рубках главного пользования на 2019-2020 гг. в ГП «Конотопский лесхоз» и ГП «Краснопольский лесхоз». Сравнение показывает, что характер распределения по классам толщины аналогичен. По таблицам, как правило, доля бревен большего диаметра несколько выше, но разница незначительная.

Разработанные таблицы распределения дают возможность с достаточной точностью прогнозировать урожай деловой древесины дубовых насаждений вегетативного происхождения Левобережной Лесостепи по новым европейским стандартам и разделить его по классам толщины.

**Ключевые слова:** лесоматериалы круглые; классы толщины; раскряжевка; образующая ствола.

<sup>1</sup> Пастернак Владимир Петрович – академик Лесной академии наук Украины, доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, Харьков, 61024, Украина. Тел.: +38-057-707-80-44. E-mail: pasternak65@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

<sup>2</sup> Слиш Александр Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, лесничий Новомутинского лесничества ДП «Конотопское лесное хозяйство», ул. Конотопских партизан, 97, Конотоп, Сумская область, 41605, Украина. Тел.: (05447) 6-62-38 E-mail: slysh\_oleksandr@ukr.net

<sup>3</sup> Назаренко Виталий Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесопользования, лесозащиты и безопасности жизнедеятельности Харьковского национального аграрного университета им. В. В. Докучаева, «Докучаевское – 2», Харьковский район, Харьковская область, 62483, Украина. Тел.: +38-0572-99-76-80. E-mail: flg@knau.kharkov.ua



## 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/10.15421/412115>  
Article received 2020.11.10  
Article accepted 2021.06.10

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 : 632.7

### Foliage-browsing Lepidoptera (Insecta) in deciduous forests of Ukraine for the last 70 years

V. L. Meshkova<sup>1</sup>

*As insect development depends on temperature, so the change in biology, behavior habits, frequency, and severity of outbreaks of foliage-browsing insects considered pests can follow the climate change. The reactions of species to the same climate changes can be specific, therefore, an unpredictable change in their ratio in the community will affect the consequences of climate change.*

*The details of such changes must be studied to quantitatively assess future trends and the threats to deciduous forests. The aim of this research was to evaluate the representation in deciduous forests the foliage-browsing lepidopterous insects of different groups of size, lifestyle, voltinism, trophic relations, and ability to mass propagation in different periods of assessment for recent 70 years.*

*In the analysis, we used a list of 118 lepidopterous species of foliage-browsing insects of deciduous forests, compiled on the basis of archival data from 1940–1975, and in the course of our own field research from 1975 to the present in the forests of Ukraine. Following trends were expected to be confirmed for these time intervals: to increase the number of species of small size, the number of species with hidden lifestyle, multivoltine species, polyphagous species, and so-called indifferent species. For each species, all these parameters were identified and proportions of species of each category for certain time intervals (1940–1950, 1960–1970, 1980–1990, and 2010–2020). Their distribution for size, voltinism, lifestyle, trophic features, and outbreak potential at these time intervals was compared using  $\chi^2$ -test.*

*Among lepidopterous foliage-browsing insects of deciduous forests of Ukraine, the increase for recent 70 years was proved for the proportion of indifferent species (do not able to mass propagation), small species (with wingspan below 20 mm), as well as species with hidden (leaf-miners) and semi-hidden lifestyle (leaf-rollers). All trends are expressed the most obviously in 1940–1950 and further periods. The hypothesis about decrease the proportion of the univoltine and monophagous species for this period is not supported statistically.*

**Key words:** size; voltinism; lifestyle; trophic features; outbreak.

<sup>1</sup> Valentyna L. Meshkova – Full Member of Forestry Academy of Sciences of Ukraine, the Head of Eastern Department of 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>

**Introduction.** Climate change brings to forest weakening and increases its susceptibility to insect damage (Frank, & Just, 2020; Halsch et al., 2021). At the same time, insects under new climate conditions accelerate development, change their behavior, and hibernation habits (Branco et al., 2019; Jactel, Koricheva, & Castagnyrol, 2019). Such changes must be studied in detail to determine threats to forests.

Some phyllophagous insects are able to cause considerable damage to tree foliage in the forest, protective, and urban stands during particular periods, so-called outbreaks when the number of these pests increases drastically (Исаев, Пальникова, Суховольский, Тарасова, 2015). The incidence, severity, duration, and intervals between such outbreaks were analyzed for different periods to find the algorithm for predicting the following increase of threat to a forest (Мешкова, 2002). It was found that the species which are able to mass propagation begin feeding early in spring, and conditions for their population growth are formed the most often. Duration of outbreaks for different foliage-browsing insects is proved to be connected also with the features of their seasonal development and increases from western to eastern regions (Мешкова, 2009).

As insect development depends on temperature (Verberk, Atkinson, Hoefnagel, Hirst, Horne, & Siepel, 2021), one can see the change of its dates and rates, including dates and intensity of diapause, as well as their synchrony with the host plant, particularly in spring. It results in changes in survival, fecundity, area boundaries, outbreak parameters (incidence, severity, duration, and intervals between such outbreaks), injuriousness, and the species composition of foliage-browsing insects (Knell, & Thackeray, 2016; Kirichenko, Augustin, & Kenis, 2019).

Analysis of dynamics of foliage-browsing insects shows that in the 40s-50s of the last century, the foci in the forest and in the garden were most often formed by species with a large wingspan and relatively large caterpillars, particularly Erebiidae<sup>1</sup>: *Calliteara pudibunda* (Linnaeus, 1758), *Leucoma salicis* (Linnaeus, 1758), *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758), *Orgyia (Orgyia) antiqua* (Linnaeus, 1758), *Euproctis (Euproctis) chryorrhoea* (Linnaeus, 1758), Lasiocampidae: *Malacosoma (Clisiocampa) neustria* (Linnaeus, 1758), Notodontidae: *Notodonta dromedarius* (Linnaeus, 1767), *Peridea anceps* (Goeze, 1781), *Phalera bucephala* (Linnaeus, 1758), etc. (Мешкова, 2002).

In the 60s and 80s, the members of Tortricidae and Geometridae families prevailed among foliage-browsing insects, and soon the dominant pest of the 60s *Tortrix viridana* Linnaeus, 1758 (monovoltine and monophagous) gradually replaced by multivoltine and polyphagous species. And, finally, the proportion of miners and other species developing in shelters increased, particularly in urban stands (Kollár, 2014;

Brown, 2018; Bălăcenoiu, Buzatu, Dragoș, Alexandru, & Nețoiu, 2020).

The study of statistical reporting on the dynamics of foliage-browsing insects also indicates a decrease in the number of species capable of forming outbreaks. This may be due to a change in the structure of both the deciduous stands themselves and the insects living in them. Thus, taking into account information on changes in the structure of complexes of foliage-browsing insects in recent decades, it is necessary to quantitatively assess future trends and the threats to deciduous forests.

**Objects and methods.** *Object of research* – the trends of the habits of foliage-browsing insects in deciduous forests. *Subject of research* – representation of the foliage-browsing insects of deciduous forests depending on size, lifestyle, voltinism, trophic relations, and ability to mass propagation.

*The aim of the research* was to evaluate the representation of the foliage-browsing lepidopterous insects of different groups by size, lifestyle, voltinism, trophic relations, and ability to mass propagation in different periods of assessment for recent 70 years in deciduous forests of Ukraine.

In the analysis, we used a list of 118 species of foliage-browsing insects of deciduous forests, compiled on the basis of archival data from 1940–1975, and in the course of our own field research from 1975 to the present.

Five hypotheses considered concerning trends in structure change of foliage-browsing insects of deciduous forests.

According to the first hypothesis, there is a trend to increase the number of species of small size. For analysis, all species were divided into 3 groups by wingspan: large (over 40 mm), middle (21-40 mm), and small (below 20 mm).

According to the second hypothesis, there is a trend to increase the number of species with hidden lifestyles. All detected insect species were divided into 3 groups by lifestyle: open-living caterpillars feed on foliage without shelters, cobwebs, leaves held together, etc. Hidden-living insects feed under leaf cuticles (leaf-miners, for example). Semi-hidden-living insects most of the life cycle feed in the shelters, for example, cobwebbed, glued, or folded leaves (Соколова, Швиденко, Кардаш, 2020).

According to the third hypothesis, proportion of multivoltine species tends to increase. We considered as multivoltine ones those species which are known to be able to have more than one generation per year.

According to the fourth hypothesis, the proportion of polyphagous species tends to increase. We considered as polyphagous those species which can feed on more than one plant genus.

According to the fifth hypothesis, the proportion of eruptive species tends to decrease. We considered the prodromal and eruptive species those ones which are capable of a multiple increase in abundance. However, in prodromal species, the abundance remains at the

<sup>1</sup> according to current nomenclature (Karsholt & Nieuwerkerken, 2013)

lower stationary state, while in eruptive species it can remain at lower or upper stationary level (Исаев, Пальникова, Суховольский, Тарасова, 2015).

For each species, all these parameters were identified and proportions of species of each category for certain time periods (1940-1950, 1960-1970, 1980-1990, and 2010-2020) were evaluated.

Descriptive statistics of the data obtained were performed by employing the mean  $\pm$  standard error of the mean. The proportions of species inside each analyzed characteristic were compared using the  $\chi^2$  test (Атраментова, Утевская, 2008). Microsoft Excel software and statistical software package PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis (Hammer, Harper, & Ryan, 2001) were used.

**Results and discussion.** The comparison of the lepidopterous insects supports the trend of increase the proportion of small species (Fig. 1).

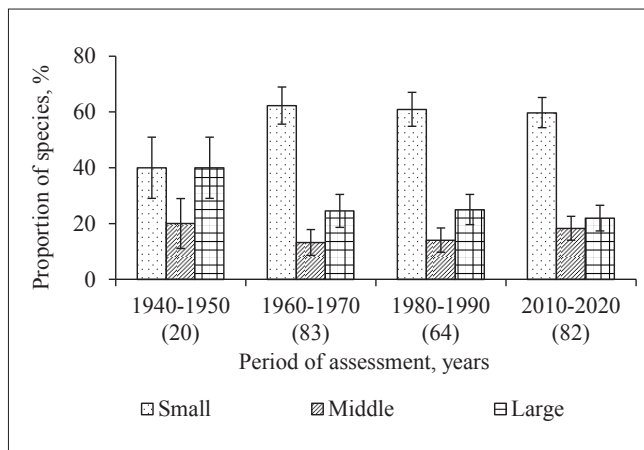


Fig. 1. The proportion of Lepidoptera species with different size level in certain periods (bars – standard error; the number of species in parentheses)

The difference in the ratio of small, middle and large insects is the most pronounced between 1940–1950 and further periods ( $\chi^2 = 18.0-20.3$ ;  $p < 10^{-5}$ ) than between 1960-1970 and 1980-1990, 1980-1990 and 2010-2020, and other periods ( $\chi^2 = 0.1-2.3$ ;  $p > 0.1$ ).

On some objects, the functional relationship between body size, development duration, and temperature of animals has been proven (Chown, & Nicolson, 2004). It was shown that against the background of the current climate warming, the size of the insect body decreases. At the same time, in regions with lower average annual temperatures, the increase in beetle size is statistically significant.

The proportion of open-living lepidopterous foliage-browsing insect species tends to decrease, semi-hidden species tends to increase, and hidden species tends to increase and then to decrease again (Fig. 2). The difference is the most pronounced between 1940–1950 and further periods ( $\chi^2 = 24.4-38.5$ ;  $p < 10^{-5}$ ) than between these periods ( $\chi^2 = 0.2-1.8$ ;  $p > 0.1$ ). The increase of the proportion of hidden species, particularly miners, is registered also in urban stands (Kirichenko, Augustin, & Kenis, 2019; Branco, Nunes,

Roques, Fernandes, Orazio, & Jactel, 2019; Kardash, & Sokolova, 2020), but they seem not to be dangerous for a forest.

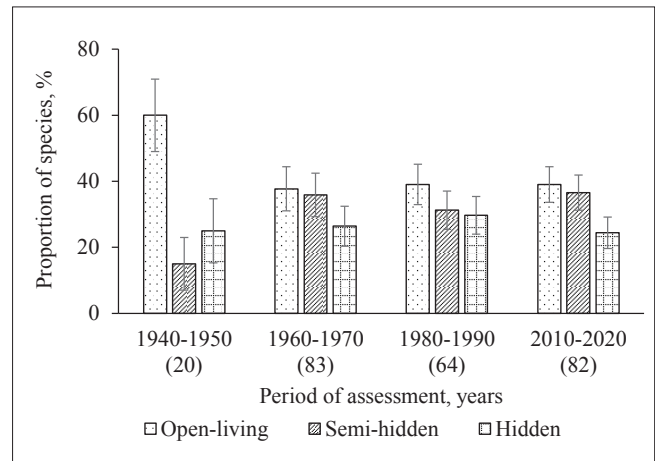


Fig. 2. The proportion of Lepidoptera species with different lifestyle in certain periods (bars – standard error; the number of species in parentheses)

The trend of increase the proportion of bivoltine species and decrease the proportion of the univoltine species is rather slight (Fig. 3), and the difference is not statistically proved ( $\chi^2 < 0.4$ ;  $p > 0.1$ ). So this hypothesis is rejected, however, it may be due to an insufficient dataset.

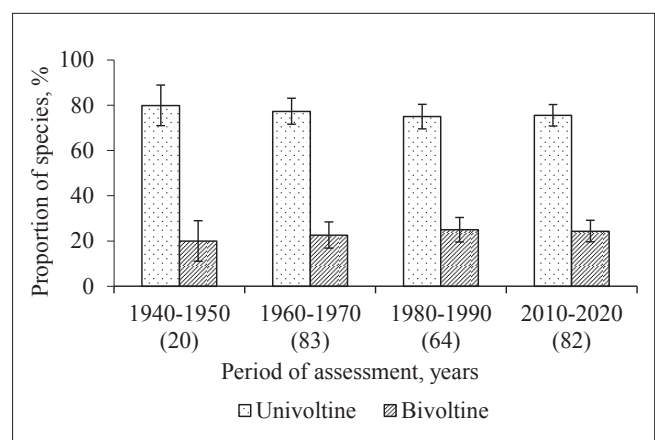


Fig. 3. The proportion of Lepidoptera species with different number of generations in certain periods (bars – standard error; the number of species in parentheses)

Most of the papers are devoted to an increase in the number of generations, this is logical since an earlier start and a later end of the growing season and an increase in the sum of temperatures during this period are favorable for the development of a larger number of generations (Knell, & Thackeray, 2016; Мешкова, 2019; Teder, 2020). An increase in the proportion of multivoltine species has recently been reported in Finland (Pöyry, Leinonen, Söderman, Nieminen, Heikkinen, & Carter, 2011). However, in some cases the last generation does not enter the diapause before winter, contrary to expectations, but dies (*Invasive stink bugs*, 2017).



The shift under the warming the phases of the food plant and the caterpillars can bring to the earlier hatch than the available food appears, and entomophages will appear earlier or later than the phytophages hatch. In this case, those phytophages and entomophages that can adapt to feeding on a large number of hosts will gain advantages, that is, polyphages will receive advantages over monophages (Robinet, & Roques, 2010).

At the same time, in our set of data, the hypothesis of increase the proportion of polyphagous species and decrease the proportion of the monophagous species is not supported ( $\chi^2 < 0.4$ ;  $p > 0.1$ ) (Fig. 4).

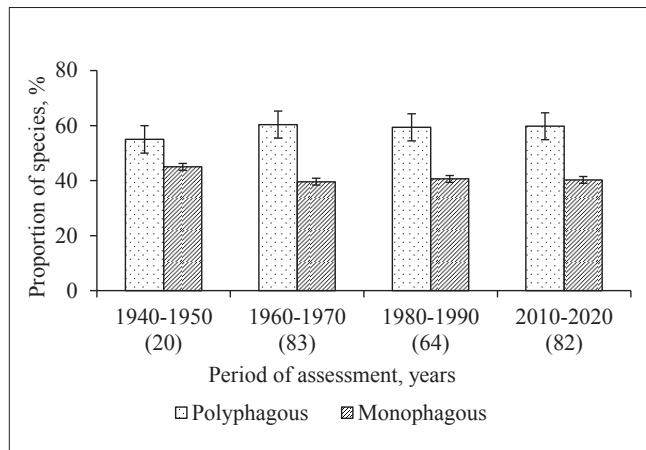


Fig. 4. The proportion of Lepidoptera species with different trophic relations in certain periods (bars – standard error; the number of species in parentheses)

It is possible that when considering a particular outbreak, conclusions regarding the ratio of polyphages to monophages will change. So, according to our research in the 80s in the focus of the *Archips crataegana* (Hübner, 1799), the caterpillars of all foliage-browsing species that lived there preferred to feed on oak leaves, but after severe defoliation of trees, the insects moved to other tree species and successfully completed their development (Мешкова, 2002). In the years when the outbreak was collapsed, the largest populations of all species were again recorded in oak trees. That is, in the years of high insect population density and lack of oak foliage, these species became polyphages.

The trend of decrease the proportion of eruptive species and increase the proportion of indifferent species is expressed the most obviously in 1940–1950 compared to further periods (Fig. 5) ( $\chi^2 = 32.7\text{--}41.2$ ;  $p < 10^{-5}$ ) than between these periods ( $\chi^2 = 0.5\text{--}3.0$ ;  $p > 0.1$ ).

Thus, the data obtained confirm that the reactions of species even to the same climate changes are species-specific. Therefore, an unpredictable change in their ratio in the community (Wagner, Fox, Salcido, & Dyer, 2021) will affect the consequences of climate change (Gilman, Urban, Tewksbury, Gilchrist, & Holt, 2010).

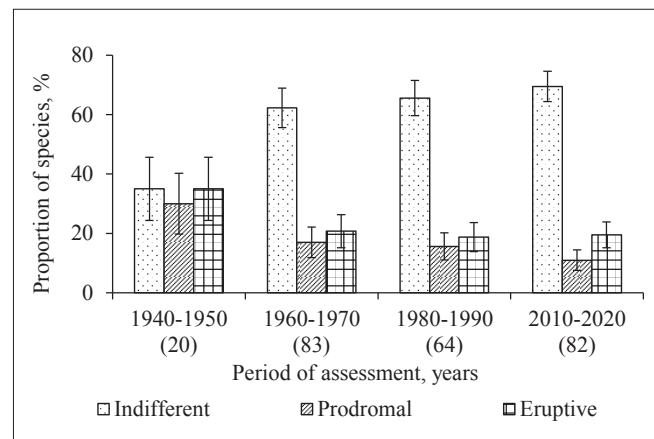


Fig. 5. The proportion of Lepidoptera species with different types of population dynamics in certain periods (bars – standard error; the number of species in parentheses)

**Conclusions.** Among lepidopterous foliage-browsing insects of deciduous forests of Ukraine, the increase for recent 70 years was proved for the proportion of indifferent species (do not able to mass propagation), small species (with wingspan below 20 mm), as well as species with hidden and semi-hidden lifestyle. An increase in the proportion of small-sized species as well as for species with a hidden and semi-hidden lifestyle is known also for other groups of insects. Small size and hidden and semi-hidden lifestyle allow survival under high anthropogenic pressure.

The hypothesis about decrease the proportion of the univoltine and monophagous species for this period is not supported statistically.

However, both hypotheses should be tested in the future again, taking into account that polyphagia helps species that have lost the advantages of feeding on one host plant, in particular, as a result of a shift of the synchronicity of development, and multivoltine development allows a rapid increase in population number.

### Список літератури

- Атраментова Л. А., Утевская О. М. (2008). *Статистические методы в биологии*. Горловка: Ліхтар. 249 с. [Atramentova, L.A., Utevskaia, O.M. (2008). *Statistical methods in biology*. Gorlovka: Likhtar. ISBN 978-966-2129-26-7] (in Russian)
- Исаев А. С., Пальникова Е. Н., Суховольский В. Г., Тарасова О. В. (2015). *Динамика популяций лесных насекомых-филлофагов: модели и прогноз*. Москва: КМК. 268 с. [Isaev, A.S., Palnikova, E.N., Sukhovolsky V.G., & Tarasova O.V. (2015). *Dynamics of populations of forest insects-phylophages: models and prognosis*. Moscow, KMK. ISBN 978-5-9907157-6-9] (in Russian)
- Мешкова В. Л. (2002). *Історія і географія масових розмножень комах-хвоєлистогризів*. Харків: Майдан. 124 с. [Meshkova, V. L. (2002). *History and*

- geography of foliage-browsing insect pests' outbreaks.* Kharkiv: Majdan. ISBN 966-7903-63-X] (in Ukrainian)
- Мешкова В. Л. (2009). *Сезонное развитие хвоелистогрызущих насекомых.* Харьков: Новое слово. 396 с. [Meshkova, V. L. (2009). *Seasonal development of foliage browsing insects.* Kharkiv: Novoe slovo. ISBN 978-966-2046-69-4] (in Russian)
- Мешкова В. Л. (2019). Усыхание сосновых лесов Украины с участием короедов: причины и тенденции. *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*, 228, 312-335 [Meshkova, V. L. (2019). Decline of pine forest in Ukraine with contribution from bark beetles: causes and trends. *Proceedings St. Petersburg Forestry Academy*, 228, 312-335. <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2019.228.312-335>] (in Russian)
- Соколова І. М., Швиденко І. М., Кардаш Є. С. (2020). Поширеність гризучих комах-філофагів у листяних насадженнях м. Харкова. *Український ентомологічний журнал*, 1-2 (18), 61-69 [Sokolova, I. N., Shvydenko, I. N., & Kardash, E. S. (2020). The prevalence of gnawing phyllophagous insects in the deciduous stands of Kharkiv city. *Ukrainian Entomological Journal*, 1-2(18), 61-69. <https://doi.org/10.15421/282009>] (in Ukrainian)
- Bălăcenoiu, F., Buzatu, A., Dragoș, T., Alexandru, A., & Nețoiu, C. (2020). Occurrence of invasive insects on woody plants in the main green areas from Bucharest city. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(3), 1649-1666. <https://doi.org/10.15835/nbha48311903>
- Branco, M., Nunes, P., Roques, A., Fernandes, M. R., Orazio, C., & Jactel, H. (2019). Urban trees facilitate the establishment of non-native forest insects. *NeoBiota*, 52, 25-46. <https://doi.org/10.3897/neo-biota.52.36358>
- Brown, B. V. (2018). After “the call”: a review of urban insect ecology trends from 2000–2017. *Zoosymposia*, 12(1), 4-17. <http://dx.doi.org/10.11646/zoosymposia.12.1.3>
- Chown, S. L., & Nicolson, S. W. (2004). *Insect physiological ecology. Mechanisms and patterns.* Oxford: Oxford University Press. ISBN 0 19 851548 0 (Hbk)
- Frank, S. D., & Just, M. G. (2020). Can Cities Activate Sleeper Species and Predict Future Forest Pests? A Case Study of Scale Insects. *Insects*, 11(3), 142-150. <https://doi.org/10.3390/insects11030142>
- Gilman, S. E., Urban, M. C., Tewksbury, J., Gilchrist, G. W., & Holt, R. D. (2010). A framework for community interactions under climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 25 (6), 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.03.002>
- Halsch, C. A., Shapiro, A. M., Fordyce, J. A., Nice, C. C., Thorne, J. H., Waetjen, D. P., & Forister, M. L. (2021). Insects and recent climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2), e2002543117. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002543117>
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontology Electronica*, 4, 1-9. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)
- Invasive stink bugs and related species (Pentatomidea): Biology, higher systematics, semiochemistry, and management* (2017); ed. J. E. McPherson. Boca Raton: CRC Press
- Jactel, H., Koricheva, J., & Castagneyrol, B. (2019). Responses of forest insect pests to climate change: not so simple. *Current opinion in insect science*, 35, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.07.010>
- Kardash, Ye. S., & Sokolova, I. M. (2020). Structure of phyllophagous insects' complexes in deciduous stands of Kharkiv city. *Biodiversity, ecology and experimental biology*, 22(1), 68-81. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2020.22.1.07>
- Karsholt O., & Nieuwerkerken E. J. (2013). Lepidoptera, Moths. Fauna Europaea version 2017.06, <https://fauna-eu.org> [Accessed 20 February 2021]
- Kirichenko, N., Augustin, S., & Kenis, M. (2019). Invasive leafminers on woody plants: a global review of pathways, impact and management. *Journal of Pest Science*, 92, 93-106. <https://doi.org/10.1007/s10340-018-1009-6>
- Knell, R. J., & Thackeray, S. J. (2016). Voltinism and resilience to climate-induced phenological mismatch. *Climatic Change*, 137(3), 525-539. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1691-4>
- Kollár, J. (2014). Alien pest species on woody plants in urban conditions of Slovakia. *Plants in Urban Areas and Landscape*, 71-74. <https://doi.org/10.15414/2014.9788055212623>
- Pöyry, J., Leinonen, R., Söderman, G., Nieminen, M., Heikkinen, R. K., & Carter, T. R. (2011) Climate-induced increase of moth multivoltinism in boreal regions. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 289-298. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00597.x>
- Robinet, C., & Roques, A. (2010). Direct impacts of recent climate warming on insect populations. *Integrative Zoology*, 5(2), 132-142. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00196.x>
- Teder, T. (2020). Phenological responses to climate warming in temperate moths and butterflies: species traits predict future changes in voltinism. *Oikos*, 129(7), 1051-1060. <https://doi.org/10.1111/oik.07119>
- Verberk, W. C., Atkinson, D., Hoefnagel, K. N., Hirst, A. G., Horne, C. R., & Siepel, H. (2021). Shrinking body sizes in response to warming: explanations for the temperature-size rule with special emphasis on the role of oxygen. *Biological Reviews*, 96(1), 247-268. <https://doi.org/10.1111/brv.12653>
- Wagner, D. L., Fox, R., Salcido, D. M., & Dyer, L. A. (2021). A window to the world of global insect declines: Moth biodiversity trends are complex and heterogeneous. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2). <https://doi.org/10.1073/pnas.2002549117>

## Листогризні *Lepidoptera* (Insecta) у листяних лісах України за останні 70 років

В.Л. Мешкова<sup>1</sup>

Зміна клімату призводить до ослаблення лісів і збільшення їхньої сприйнятливості до пошкодження комахами. Водночас комахи в нових умовах клімату пришвидшують розвиток, змінюють кількість поколінь, поведінку, місця зимівлі, а також частоту й інтенсивність спалахів масового розмноження. Такі зміни потрібно детально вивчати, щоб оцінити тенденції та загрози лісам з боку комах. Метою цього дослідження було оцінити представництво у листяних лісах листогризних лускокрилих комах різних груп за розміром, способом життя, кількістю поколінь (вольтинізм), трофічними зв'язками, спроможністю утворювати осередки масового розмноження в різні періоди впродовж останніх 70 років.

Для аналізу використано перелік 118 видів лускокрилих листогризних комах листяних лісів, складений за архівними даними 1940-1975 рр. та матеріалами власних польових досліджень, здійснених від 1975 р. донині в лісах України. Ми мали намір перевірити декілька гіпотез стосовно тенденцій, що виявлені в комплексі листогризних лускокрилих за цей інтервал часу. Перша полягала в тому, що у міру потепління збільшується частка видів невеликого розміру (з розмахом крил до 20 мм). Друга гіпотеза полягала в тому, що в нових умовах більша кількість видів комах веде потаємний і напівпотаємний способи життя (розвиваються в мінах, згорнутих або сплетених павутиною листках та інших укриттях). Також припускали, що в умовах зміни клімату посиляться загроза насадженням від мультівольтинних видів, гусениці яких пошкоджують листя впродовж усього сезону (третя гіпотеза). Четверта гіпотеза полягала у збільшенні кількості видів, спроможних до живлення на широкому асортименті кормових рослин (комах-поліфагів), а п'ята – у збільшенні частки видів комах, що неспроможні формувати осередки масового розмноження (індіферентних). Для кожного з розглянутих видів визначено всі названі параметри та співвідношення кількості видів кожної категорії для часових інтервалів 1940-1950 рр., 1960-1970 рр., 1980-1990 рр. та 2010-2020 роки. Розподіл видів за розміром, спроможністю до утворення додаткових по-

колінь, за способом життя, за особливостями живлення та спроможністю до утворення осередків масового розмноження у відповідні періоди часу порівнювали за допомогою критерію  $\chi^2$ . За результатами аналізу встановлено, що серед лускокрилих листогризних комах листяних лісів України за останні 70 років зросла частка індіферентних видів (неспроможних до масового розмноження), видів малого розміру (з розмахом крил до 20 мм), з потаємним (мінери листя) та напівпотаємним (наприклад, листовійки) способами життя. Всі виявлені тенденції найочевидніше проявилися під час порівняння періоду 1940-1950 рр. і наступних періодів. Гіпотези щодо зниження частки видів, які розвиваються завжди лише в одному поколінні, та видів, що живляться на рослинах одного роду, статистично не підтвердилися. Отже, зважаючи на специфічну реакцію комах на однакову зміну клімату, важко уявити, як зміняться співвідношення окремих видів комах в угрупованнях та їхня роль у лісовій екосистемі після зміни клімату.

**Ключові слова:** розмір; вольтинізм; спосіб життя; трофічні особливості; спалах.

## Листогрызущие *Lepidoptera* (Insecta) в лиственных лесах Украины за последние 70 лет

В.Л. Мешкова<sup>1</sup>

Изменение климата приводит к ослаблению лесов и увеличению их восприимчивости к повреждению насекомыми. В то же время насекомые в новых условиях климата ускоряют развитие, изменяют количество поколений, поведение, места зимовки, а также частоту и интенсивность вспышек массового размножения. Такие изменения должны быть изучены детально, чтобы определить тенденции и угрозы лесам со стороны насекомых. *Целью* данного исследования было оценить представительство в лиственных лесах листогрызущих чешуекрылых насекомых разных групп по размеру, образу жизни, количеству поколений (вольгинизму), трофическим связям, способности образовывать очаги массового размножения в разные периоды учета за последние 70 лет.

В данном анализе использован перечень 118 видов чешуекрылых листогрызущих насекомых лиственных лесов, составленный по архивным дан-

<sup>1</sup> Мешкова Валентина Львівна – академік Лісівничої академії наук України, керівник Східного відділення ЛАН України, доктор сільськогосподарських наук, професор. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. 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>1</sup> Мешкова Валентина Львовна – академік 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>



ным 1940-1975 гг. и материалам собственных полевых исследований, проведенных с 1975 года до настоящего времени в лесах Украины. Мы предполагали проверить несколько гипотез по поводу тенденций, отмечаемых в комплексе листогрызущих чешуекрылых насекомых за данный интервал времени. Первая заключалась в том, что по мере потепления возрастает доля видов небольшого размера (с размахом крыльев до 20 мм). Вторая гипотеза состояла в том, что в новых условиях большее количество видов насекомых ведет скрытый и полускрытый образ жизни (развиваются в минах, свернутых или сплетенных паутиной листьях и других укрытиях). Также предполагалось, что в условиях изменения климата возрастет угроза насаждениям от мультивольтинных видов, гусеницы которых повреждают листву в течение всего сезона (третья гипотеза). Четвертая гипотеза заключалась в увеличении числа видов, способных к питанию на широком ассортименте кормовых растений (полифагов), а пятая – в возрастании доли видов, не способных формировать очаги массового размножения (индифферентных). Для каждого из рассмотренных видов определены все названные параметры и соотношения количества видов каждой категории для временных интервалов 1940-1950 гг.,

1960-1970 гг., 1980-1990 гг. и 2010-2020 годы. Распределение видов по размеру, способности к вольтинизму, по образу жизни, трофическим связям и способности к образованию очагов массового размножения в соответствующие периоды времени сравнивали с помощью критерия  $\chi^2$ . Проведенный анализ показал, что среди чешуекрылых листогрызущих насекомых лиственных лесов Украины за последние 70 лет увеличилась доля индифферентных видов (неспособных к массовому размножению), видов малого размера (с размахом крыльев до 20 мм), со скрытым (листовые минеры) и полускрытым образами жизни (листовертки). Все выявленные тенденции наиболее очевидно проявлялись при сравнении с 1940-1950 гг. и последующих периодов. Гипотеза о снижении доли видов, развивающихся всегда лишь в одном поколении, и видов, питающихся на растениях одного рода, статистически не подтвердилась. Таким образом, в связи со специфической реакцией насекомых на одни и те же изменения климата, трудно представить, как изменятся соотношения отдельных видов в сообществе и их роль в лесной экосистеме после изменения климата.

**Ключевые слова:** размер; вольтинизм; образ жизни; трофические особенности; вспышка.

## 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/10.15421/412116>  
Article received 2020.12.06  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Ihor Soloviy  
soloviy@yahoo.co.uk

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

УДК [[662.818.6:620.92] – 029:32](477)

### Розвиток відновної енергетики у світлі підходів еколого-економічної теорії: виклики для політики сталого розвитку

П. Б. Дубневич<sup>1</sup>, І. П. Соловій<sup>2</sup>, Т. О. Челепіс<sup>3</sup>

*Окреслено можливості та труднощі переходу до відновної енергетики в Україні. Наголошено на необхідності обмеження використання ресурсів, зокрема використання енергоресурсів у світовій економіці. Проаналізовано теоретичні підходи екологічної економіки та економіки довкілля до енергетичних викликів сучасного світу. Дослідники у галузі економіки довкілля і природних ресурсів відносять трансформацію енергетичних систем до одного з двадцяти найнагальніших викликів сучасного світу, наголошуючи на тому, що швидкість енергетичного переходу значною мірою залежить від політичного процесу, який учасникам ринку передбачити складно. Політичні та екологічні ризики, разом із довгостроковим характером інвестицій в енергетику та пов'язану з ними інфраструктуру, становлять значну цікавість для наукових досліджень і практики.*

*Наведено аналіз питань з доцільності та шляхів обмеження використання ресурсів у світі у контексті трьох основних наукових проблем (сталій масштаб, справедливий розподіл, ефективне розташування), які, згідно з теорією екологічної економіки, потрібно вирішити, щоб досягнути сталості. Критично оцінено інструменти обмеження використання енергії та їхня здатність надати ефективні відповіді на основні проблеми, сформульовані в екологічній економіці. Підходи екологічної економіки до економічної політики обґрунтовують доцільність її реформування в еколого-економічну політику, або ж, якщо виходити з її мети – у політику сталого розвитку. Запропоновано застосовувати принципи формування політики сталого розвитку енергетики на основі ідеї енергетичного переходу, регулювання споживання енергоресурсів та підвищення енергоефективності.*

**Ключові слова:** екологічна економіка; економіка довкілля; енергетичний перехід; політичні інструменти; сталість.

<sup>1</sup> Дубневич Павло Богданович – аспірант кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-484-73-71. E-mail: paul.dubnevych@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6077-1462>

<sup>2</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 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

<sup>3</sup> Челепіс Тарас Олегович – аспірант кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-093-348-89-72. E-mail: taras.chelepiss@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-4211>

**Вступ.** Глобальні виклики, що постали перед людством (зміни клімату, забруднення довкілля, зменшення біорізноманіття, суспільні конфлікти тощо) значною мірою зумовлені необмеженим використанням невідновних природних ресурсів для енергетичних потреб. У контексті Паризької кліматичної угоди необхідно, щоб енергетичний сектор став вуглецево-нейтральним (викиди парникових газів (ПГ) не мають перевищувати рівень їх поглинання та/або уловлювання на планеті). Тобто має впроваджуватись інноваційна стратегія так званого «енергетичного переходу» від викопних видів енергетичних ресурсів до відновлюваних, стимулюючи значне підвищення енергоефективності та досягнення сталості розвитку. Поновлювані джерела енергії у сучасному світі вже відіграють дуже важливу роль, формуючи екологічніші, технологічніші та, у кінцевому підсумку, сталіші системи виробництва і споживання.

Результати моделювання сценаріїв такого переходу (Дячук та ін., 2017) підтверджують, що Україна володіє достатнім відновлюваним енергетичним потенціалом, який може забезпечити повне покриття потенційного попиту на енергетичні ресурси та послуги навіть за умов збереження високої частки енергоємної промисловості (металургія, хімічна галузь тощо) у державі. У разі забезпечення повного або принаймні часткового вітчизняного виробництва технологій можуть бути вирішені не лише енергетичні, екологічні та кліматичні проблеми, але й соціально-економічні. Маючи значний потенціал відновлюваної енергетики, який становить 98,0 млн т у. п. на рік, Україна використовує його лише на 5% (Дячук та ін., 2017).

В останні роки була прийнята низка законів, які створили податкові преференції, спростили земельне законодавство стосовно виділення ділянок під об'єкти відновної енергетики та запровадили механізми підтримки виробників електроенергії з відновлюваних джерел. Ці законодавчі ініціативи мали за мету покращити інвестиційний клімат, забезпечити прозорість бізнесу у сфері зеленої енергетики.

Однак, все ще потребують вирішення численні проблеми, що виникли на шляху до розвитку «зеленої» енергетики в Україні. Це, зокрема, необхідність суттєвих первинних капіталовкладень у будівництво нових потужностей відновлюваної генерації; значна відстань від мереж; перешкоди, спричинені бюрократичними процедурами місцевого рівня; відсутність постійного генерування деяких відновлюваних джерел енергії; пошук резервів згенерованої енергії та ін. (Миколюк, 2019). Окрім того, з'явилися виклики, які є специфічними для окремих типів джерел відновної енергії. Так, наприклад, для біоенергетики вони є такими: а) *технічні*: різноманітність біомаси за фізико-хімічними властивостями (низька щільність, об'ємність, висока вологість і зольність); складне транспортування і непридатність для безпосереднього використання на теплоелектростанціях, які працюють на вугіллі; б) *логістичні*: громіздкий характер і відсутність не-

дорогих технологій ущільнення біомаси для полегшення транспортування; в) *бар'єри міжнародної торгівлі*: збори та мита на імпорт; ризики забруднення; питання біотехнологій.

Перехід до відновної енергетики не регулюється чіткою та прозорою енергетичною політикою, набором відповідних інструментів, відсутній сприятливий інвестиційний клімат. Так, нещодавно Міжнародна фінансова організація *NEFCO (Nordic Environment Finance Corporation)* відмовилася інвестувати в нові проекти «зеленої» енергетики в Україні, вважаючи, що встановлення акцизного податку на електроенергію з відновлюваних джерел є неправильним рішенням. За словами компанії, чиста електроенергія повинна субсидуватися, а використання викопного палива повинно бути оподатковано на викиди CO<sub>2</sub> (Шевченко, 2021), з чим важко не погодитися. Адже інвестувати в проекти у секторі відновлюваної енергетики в Україні неможливо за відсутності стабільного і передбачуваного інвестиційного середовища з дотриманням зобов'язань, наданих урядом. Тому *особливої актуальності* набуває наукове обґрунтування теоретичних підходів до формування політики сталого розвитку енергетики у світлі підходів еколого-економічної теорії.

**Об'єкти та методика дослідження:** *Об'єкт дослідження* – відновна енергетика як об'єкт політики енергетичного переходу. *Предмет досліджень* – теоретичні еколого-економічні підходи та інструменти політики стимулювання енергетичного переходу у контексті досягнення сталості.

*Мета роботи* – формування принципів політики сталого розвитку енергетичного сектору на основі методологічних підходів, закладених в еколого-економічній теорії.

Методика дослідження ґрунтується на аналізі літературних джерел, матеріалів статистичної звітності, термінологічної і нормативно-правової бази, яка має безпосередній вплив на формування політики сталого розвитку енергетики.

**Результати досліджень.** Розвиток наукової думки, спрямованої на екологізацію економічної діяльності та гармонізацію суспільного розвитку, знайшов своє відображення у сучасних наукових теоріях, які інституціоналізовані в рамках таких дисциплін, як економіка довкілля, екологічна економіка, фізична економія, зелена економіка, біоекономіка, економіка замкнених циклів. У статті нами зосереджено увагу на підходах до проблем енергетики екологічної економіки та економіки довкілля, спільності і відмінності у цих підходах.

*Економіка довкілля (environmental economics)* – це підгалузь економіки, що зосереджує увагу на екологічних проблемах (забруднення, негативні зовнішні ефекти, оцінювання неринкових послуг довкілля) та на процесі ефективного розподілу ресурсів для виготовлення різних товарів і надання послуг. Економіка довкілля розрізняє приватні і суспільні товари, вводить поняття зовнішніх (екстернальних) ефектів для означення



виробничих витрат суспільства загалом, розглядає проблеми відновних і невідновних ресурсів, виконує теоретичні й емпіричні дослідження економічних ефектів від запровадження екологічної політики, пропонує систему її інструментів. Від екологічної економіки економіка доквілля відрізняється, насамперед, застосуванням стандартних неокласичних методів. Порядок денний досліджень в галузі економіки доквілля та ресурсів завжди був дуже широким і динамічним, відображаючи шляхи взаємодії наших економічних систем з природним середовищем, і таким він залишається надалі. Про це йдеться у статті Bretschger & Pittel (2020), в якій визначено 20 сучасних викликів для досліджень економіки доквілля і природних ресурсів. Одним з таких викликів є «трансформація енергетичних систем». Автори вказують на важливість досягнення критичної маси проникнення на ринок, щоб отримати вигоду від потенційних наслідків масштабу та зменшення витрат.

Проте форма і швидкість енергетичного переходу значною мірою залежать від політичного процесу, який учасникам ринку складно передбачити. Політичні та екологічні ризики, разом із довгостроковим характером інвестицій в енергетику та пов'язану з ними інфраструктуру, становлять складний виклик для наукових досліджень і практики (Bretschger & Pittel, 2020).

*Екологічна економіка (ecological economics)* бере до уваги окремі теоретичні засади економіки доквілля, однак базується на іншому підході. За Ю.Ю. Туницею (2006), предметом екологічної економіки є вивчення шляхів вибору раціональних способів виробництва матеріальних благ в умовах обмежених природних ресурсів, необмежених потреб та нестабільних (динамічних) умов природного життєвого доквілля. В основу наукової та суспільної парадигми екологічної економіки покладено погляд на економіку як підсистему, що діє в межах загальної екосистеми Землі, тобто в межах природних (біофізичних) обмежувальних чинників, визнання провідної ролі природного та людського капіталу, поряд з капіталом виробничим. Екологічна економіка не є одним із напрямів економічної науки, а трансдисциплінарним науковим підходом, який інтегрує елементи економіки, екології, термодинаміки, етики, інших природничих і соціальних наук, щоб забезпечити інтегровану біофізичну перспективу щодо еколого-економічних взаємозв'язків, спрямованих на вирішення екологічних проблем.

Звіт Римського клубу «Межі зростання» (Meadows et al., 1972) вперше надав найпомітніші емпіричні дані, які продемонстрували, що людство вже не може працювати в рамках звичної для бізнесу парадигми. У той же час Ніколас Георгеску-Роєн, наставник Германа Дейлі, надав концептуальну основу екологічної економіки на основі матеріальних та енергетичних потоків виробництва і споживання (Georgescu-Roegen, 1971). «Закон про ентропію та економічний процес» Георгеску-Роєгена та «Багатство, віртуальне багат-

ство та борг» Фредеріка Содді (Soddy, 1987) заклали основу еколого-економічного мислення. Екологічна економіка розпочалася спільними зусиллями вчених-природничих і соціальних наук для усунення основних недоліків обох галузей у сфері розуміння екологічних і соціальних проблем та їх вирішення. Традиційно екологія орієнтувалась насамперед на природні системи, на які не впливає людина, що втратило сенс в сучасному світі. У той час, коли традиційна економіка базувалась на постулаті, що виробництво є функцією лише праці і капіталу, здебільшого ігноруючи вкладені сировину та енергію, і переслідувало неможливу мету нескінченного експоненціального зростання на скінченній планеті, не враховуючи проблеми справедливого розподілу (Costanza, 1989; Costanza et al., 2012).

Екологічна економіка спрямована на вивчення взаємозалежності та коеволюції господарської діяльності людини й природних екосистем. Її метою є «здорова економіка у здоровій екосистемі», яка забезпечує високу якість життя для всіх людей, оскільки добробуту людини не можливо досягти, якщо ліквідувати екосистеми. Екологічна економіка прагне базувати економічне мислення і практику на фізичній реальності, законах фізики і знанні біологічних систем. Покращення людського добробуту досягається через планування сталого розвитку екосистем і суспільства. Екологічні економісти визнають, що все економічне виробництво використовує енергію для перетворення видобутої з природи сировини в економічну продукцію та відходи, погіршуючи основні функції життєзабезпечення екосистеми. Фізичний масштаб економіки обмежений наявними ресурсами корисної енергії та речовини, якими потрібно ділитися з іншими мешканцями планети, зокрема іншими видами. Економічні цілі і повинні включати справедливий розподіл як обмежених ресурсів, так і владних повноважень. Беручи до уваги обмежені ресурси та незадоволені потреби, суспільство повинно прагнути досягти найбільшого добробуту, який можливо отримати з кінцевих запасів і потоків енергії речовини з низькою ентропією, не створюючи загрози для добробуту майбутніх поколінь (Kish & Farley, 2021).

Згадані цілі часто узагальнюють до трьох проблем, на які спрямована екологічна економіка – сталий масштаб, справедливий розподіл та ефективний розподіл. Сталий масштаб стосується кількості ресурсів, видобутих і проданих загалом, завдяки глобальному охопленню економічної діяльності. Фізичні межі використання ресурсів земної кулі, які вже перевищені (Rockström et al., 2009), визначають масштаб сталого використання ресурсів і становлять абсолютну межу для будь-якого виду фізичного зростання. У цьому сенсі екологічна економіка дотримується мальтузіанської логіки абсолютної нестачі (Malthus 1798), а не підходу Пікардо щодо відносної нестачі (Ricardo, 1911). Це положення чітко відокремлює екологічну економіку від економіки доквілля, оскільки остання є прикладною мікроекономікою, яка функціонує в області відносної нестачі. Сталий масштаб врешті-решт

демонструє турботу про майбутнє і про живих істот, що не є людьми. Таким чином, він має як часовий (між поколіннями), так і неантропоцентричний аспекти (Kiss, 2018).

Друга проблема полягає у розподілі ресурсів між поколіннями. Вигоди від використання природних ресурсів також вимагають еколого-економічного аналізу та управління, оскільки справедливий розподіл та спільне поняття соціальної справедливості є конститутивними елементами сталості. Очевидно, що існують конкуруючі концепції соціальної справедливості, і незрозуміло, яка ж концепція соціальної справедливості на сьогодні переважає або повинна переважати в кожному суспільному контексті, коли її обговорюють громадяни.

Третя проблема екологічної економіки визнає важливість вільних ринків для досягнення ефективних економічних результатів, як це аргументується та моделюється у традиційній економіці. У випадках провалів ринку та відсутніх ринків економіка пропонує низку форм колективного втручання для виправлення провалів або створення ринків, які працюють ефективно. Не дивно, що пропозиції щодо використання ресурсів, включаючи використання енергії, обмежують певною мірою застосування ринкових механізмів для забезпечення ефективних результатів.

Однак, три перелічені проблеми можуть бути і не цілком самостійними, як стверджував спочатку

H. Daly (1992). Інші дослідники (Prakash, & Grupta, 1994) припускали, що спершу важливо встановити масштаб, дозволити ринку досягти ефективного розподілу за допомогою механізму цін, а потім закликати до певної форми колективного втручання для виправлення або компенсації будь-якого небажаного розподілу результатів завдяки інструментам державної політики (включаючи фінансові інструменти).

Прикладом обмежувального механізму у сфері використання енергії є квоти на обмін енергією (*TEQ – Tradable Energy Quotas*). Запропонована ще у 1996 р. національна схема торгівлі викидами та енергією включає особисту торгівлю вуглецем як центральним елементом. Ця схема є предметом значної цікавості з боку уряду Великобританії, оскільки вона спрямована на вирішення проблем зміни клімату та проходження піку видобутку нафти. Наукові публікації та обговорення в парламенті стимулювали подальші академічні дебати і дебати на рівні Європейської Комісії у Брюсселі у 2018 р., але не вплинули суттєво на законодавців. Незважаючи на багаторічні дискусії, позитивне рішення щодо *TEQ* так і не схвалено.

З трьох проблемних аспектів екологічної економіки стосовно енергетики, домінуючим є саме оцінювання справедливого розподілу, оскільки обмеження використання енергії має також певні приховані переваги саме для цього аспекту (табл.).

Таблиця

**Регулювання (обмеження) використання енергії на основі підходів до вирішення проблем екологічної економіки (Kiss, 2018 з доповненнями)**

Проблема	Внесок обмежень щодо використання енергії у формі квотування для вирішення проблеми
Сталий масштаб	<ul style="list-style-type: none"> <li>– спрямованість на зменшення масштабності економіки, а, отже, дотримання екологічних обмежень;</li> <li>– встановлення абсолютної межі використання енергоресурсів, яка поступово зменшуватиметься (щороку);</li> </ul>
Справедливий розподіл	<ul style="list-style-type: none"> <li>– зміна моделі (схеми) розподілу енергоресурсів шляхом надання рівних часток одиниць енергії на душу населення;</li> <li>– підтримка соціально незахищених громадян, споживачів з низьким рівнем використання енергії;</li> <li>– зменшення витрат енергії домогосподарствами;</li> <li>– створення додаткових робочих місць;</li> <li>– підсилення мотивації, забезпечення свободи вибору;</li> </ul>
Ефективне розташування	<ul style="list-style-type: none"> <li>– заохочення всіх зацікавлених сторін до того, щоб якомога ефективніше використовувати виділені їм квоти на використання енергії;</li> <li>– вибір зацікавленими сторонами з різних варіантів (купівля, інвестування, зменшення) того, який є для них найефективнішим.</li> </ul>

Такі інструменти політики щодо обмеження використання енергії, як згадані вище квоти, можуть забезпечити вагомий внесок у вирішення першої проблеми екологічної економіки через абсолютне обмеження використання енергії. Тоді сталий масштаб досягається шляхом поступового зменшення граничного рівня, встановленого для вико-

ристання енергії. За такого обмеження рівень розподілу ставатиме дедалі ефективнішим, оскільки кожен суб'єкт господарювання буде змушений зменшувати споживання.

На сьогодні, щоправда, невідомо яким чином, та за допомогою яких інструментів можливо забезпечити справедливий розподіл використання ресур-

сів. Проте перелічені соціальні вигоди є очевидними, включаючи сприяння зменшенню споживання та створення робочих місць, підтримку співпраці та свободу вибору. Ті, хто споживає менше, або кому вдасться змінити схему споживання, отримують фінансову вигоду від системи безпосередньо. Поза тим, схеми зменшення споживання завдяки встановленим енергетичним обмеженням, сприяють трудомісткішим практикам виробництва і, таким чином, створюють робочі місця в менш енергоємних секторах.

Передбачено, що встановлення абсолютного обмеження споживання енергії посилить співпрацю, змусивши членів суспільства працювати разом задля задоволення вимог, встановлених обмеженням. Більше того, системи обмежень мають давати змогу споживачам вибирати, чи будуть вони продовжувати споживати, як раніше, чи змінювати споживчі звички шляхом зміни поведінки, або ж за рахунок інвестицій у зменшення енергії (Kiss, 2018).

Проблеми, пов'язані з енергетикою в сільській місцевості, можна частково вирішити за рахунок підвищення енергоефективності, що може бути вартим інвестування. Крім того, децентралізоване виробництво енергії та відносно прості технології відновлюваної енергії можуть запропонувати альтернативне рішення. Децентралізовані енергетичні системи дадуть змогу здешевити виробництво енергії та сприятимуть створенню робочих місць у сфері вітрової, сонячної та пов'язаної з біомасою енергетики на основі комунальної власності шляхом створення енергетичних кооперативів. Для підвищення енергетичної безпеки в сільській місцевості необхідно вдосконалити інституційні та регуляторні структури. На місцевому рівні потрібні ретельно структуровані процеси участі зацікавлених сторін та соціальні інновації (Soloviy et al., 2019).

У дослідженні (Costanza et al., 1991) подано пропозиції щодо покращення використання політичних інструментів на засадах екологічної економіки: «Існує потреба використання різнопланових інструментів, зокрема таких як регулятивні правила та норми, право власності, дозволи, ринкові дозволи, платежі, субсидії і бони, для забезпечення сталості. Критеріями використання політичних інструментів є: справедливість, ефективність, наукова обґрунтованість, консенсус, ресурсощадність та екологічна ефективність...» (Costanza et al., 1991, p. 17).

Державну політику часто інтерпретують як інтервенцію на національному рівні. В економіці докільця наголос роблять на тих інструментах, які може використовувати держава. Згідно з цією інтерпретацією, екологічна політика належить винятково до компетенції відомств з охорони довкілля. Цей підхід дещо вузько спрямований, оскільки складно провести межу між екологічною політикою, її інструментами та іншими політиками. Так, аграрна політика завжди є до певної міри екологічною, те ж саме стосується і енергетичної чи транспортної політики. На думку P. Söderbaum (2000), термін «полі-

тика екологічної сталості» більшою мірою відображає сутність державної політики у сфері охорони довкілля, ніж термін «екологічна політика».

Підходи екологічної економіки до економічної політики зумовлюють потребу її реформування в еколого-економічну політику, або ж, якщо виходити з її мети – у політику сталого розвитку. На підставі узагальнень джерел (Costanza et al., 1991; Daly & Farley, 2003) та власних досліджень пропонуємо застосовувати такі принципи щодо формування політики сталого розвитку енергетики.

*Застосування незалежних інструментів.* Економічна проблема зазвичай полягає у потребі досягнути взаємозаперечливих цілей, кожен з яких потрібно досягнути на певному рівні. В еколого-економічній політиці є три основні цілі: сталий масштаб, справедливий розподіл і ефективне розміщення. Нобелівський лауреат Ян Тінберген висловив принцип, за яким для кожної незалежної політичної мети необхідно мати незалежний політичний інструмент. Оскільки екологічна економіка потребує втілення трьох основних цілей, які є незалежними, але водночас не ізольованими (усі вони – частина єдиної економічної системи), то для досягнення загальної мети потрібно використовувати, принаймні, три базові інструменти.

*Превентивність.* Беручи до уваги непрогнозовані наслідки незворотних антропогенних впливів на довкілля, політика повинна діяти на випередження небажаних наслідків. Максимальні навантаження повинні стосуватися тих, чия діяльність має потенціал до завдання шкоди довкіллю.

*Чітко визначена відповідальність за рішення.* Доступ до прийняття політичних рішень щодо довкілля та природних ресурсів покладає на творців політики відповідальність за забезпечення екологічної стабільності, економічної ефективності та соціальної справедливості.

*Відповідність актуальним проблемам.* Політика повинна опиратись на реальні історично укладені передумови, а її мета має бути наближеною до проблем реального стану світу і сучасних інституцій. Вони повинні бути трансформовані для гармонійного поєднання переваг ринкової системи і приватної власності з державною та комунальною власністю і державним регулюванням.

*Гнучкість, адаптивність до швидкозмінних умов і ситуації непевності.* Політика повинна адаптуватися до зміни умов. Вплив людини на екосистеми є причиною виникнення все нових і нових проблем. Екосистеми значно змінюються впродовж тривалого часу. Економічна система також постійно змінюється, тому політика, яка ефективно працює тепер, може бути неефективною у майбутньому. Завдяки розвитку науки людство бере до уваги раніше не усвідомлювані загрози і, як наслідок, пропонує нові шляхи вирішення посталих проблем.

*Субсидіарність.* Сфера політико-твірних елементів повинна відповідати сукупності причини та ефектів проблеми, на вирішення якої спрямована політика. Тобто ідея полягає в тому, щоб розділити



проблему на найменші складники, у межах яких її може бути вирішено. На локальному рівні глобальну проблему вирішити неможливо.

**Відповідність масштабові.** Політика має вирішувати економічні проблеми, виходячи не з традиційного принципу економічного зростання, а з погляду раціональних уявлень про сталість, достатність, справедливість та ефективність. Існують три основні економічні проблеми – розміщення, розподілу та масштабу. Вирішення кожної з них є окремим завданням.

Проблему масштабу традиційно не визнавали ні економічна теорія, ні політика. Це та мета, для якої не створено ефективного політичного інструментарію. Під масштабом економіки розуміють її фізичний масштаб або відносну міру людської присутності в екосистемі. Оскільки з економічним зростанням величина екосистеми залишається сталою, то з часом масштаб економіки щодо екосистеми неминуче збільшується. Фізичний обмін, що відбувається в межах усієї екологічної системи й економічної підсистеми, становить суть екологічної макроекономіки. Ці потоки необхідно розглядати у динаміці.

Максимальне значення масштабу обмежується поглинальною здатністю екосистеми. Масштаб має оптимум – точку, понад яку витрати на подальше зростання більші, ніж можливі вигоди. Науково доведено, що ми вже перейшли межу оптимального масштабу економіки як відкритої підсистеми більшої, скінченної і нездатної до зростання екосистеми.

Прийняття політичних рішень щодо ресурсів, зокрема енергоресурсів повинно: а) бути пов'язаним з інституційним рівнем, який максимізує покращення його стану; б) забезпечити потік інформації між інституційними рівнями; в) брати до уваги всіх стейкхолдерів та всі форми власності; г) інтерналізувати всі витрати та вигоди.

**Спрямованість на досягнення належного рівня з мінімальними обмеженнями свободи і несталості на макрорівні.** На практиці цей принцип означає потребу вибирати обмеження на макрорівні, щоб досягти мети на мікрорівні. Ринки є ефективними для забезпечення сталості на макрорівні, але самі вони не можуть забезпечити контроль на макрорівні.

**Алокація всіх витрат.** Усі внутрішні та зовнішні витрати і вигоди, зокрема соціальні та екологічні, як і альтернативні рішення стосовно ресурсів довкілля, повинні бути ідентифіковані і взяті до уваги. За потреби повинно бути здійснене регулювання ринку.

**Участь зацікавлених сторін.** У формуванні та втіленні рішень стосовно ресурсів і довкілля мають бути залучені всі зацікавлені сторони. Їхня поінформованість сприяє прийняттю узгоджених і виважених рішень.

У політичному циклі інтегрованої політики сталого розвитку доцільно виділити такі стадії: визначення порядку денного; формування політики; ухвалення рішення; запровадження політики; оцінювання результатів політики. Запровадження політики є ключовою стадією інтегрованого проце-

су, в межах якого рішення набувають оформлення та досягають ефекту. Це передбачає формування і прийняття специфічного набору політичних інструментів, які сукупно виконують чи запроваджують політичне рішення. Конкретна процедура вибору інструментів визначається контекстом проблемної ситуації, характерними особливостями інструментів, а також такими чинниками, як політична та організаційна культура інституцій, характер їхніх взаємозв'язків і координації дій з іншими інституціями.

**Висновки.** В Україні, попри розроблені на національному рівні стратегії, не сформульовано довгострокової політики та інструментів, які мають стимулювати процес переходу до відновної енергетики. Процес розроблення і запровадження політичних рішень повинен мати зворотній зв'язок, тобто за його наслідками повинна удосконалюватись теорія політики.

Принципи формування політики сталого розвитку енергетичного сектору повинні базуватися на теорії екологічної економіки (сталий масштаб, справедливий розподіл, ефективне розташування) і втілюватись за допомогою інструментів політики енергетичного переходу, регулювання споживання енергії та еколого-економічної енергоефективності.

Децентралізовані енергетичні системи дадуть змогу здешевити виробництво енергії та сприятимуть створенню робочих місць і покращенню соціально-економічної та екологічної ситуації в сільських територіях. Кошти і проекти у сфері відновної енергетики повинні контролюватись колегіально на місцевому рівні (громадою).

Пропозиції екологічних економістів щодо запровадження регуляторних реформ з метою сприяння відповідному використанню фінансових, законодавчих і соціальних стимулів є особливо актуальними стосовно розвитку біоенергетики (як одного із компонентів біоекономіки), зокрема і в рамках лісового сектора економіки.

## Список літератури

- Дячук О., Чепелев М., Подолець Р., Трипольська Г., Венгер В., Саприкіна Т., ... Юхимець Р. (2017). Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року; за заг. ред. Ю. Огаренко та Алієвої О. Київ: Пред-во Фонду ім. Г. Бьоля в Україні. Вид-во ТОВ «АРТ КНИГА». 88 с. [Dyachuk, O., Chepelev, M., Podolets, R., Trypolska, G., Wenger, V., Saprykina, T., ... Yukhimets, R. (2017). Ukraine's transition to renewable energy by 2050. Edited by Yu. Ogarenko and O. Aliyeva. Kyiv: The Heinrich Boll Foundation office in Ukraine. Published by ART KNIGA LLC] (in Ukrainian)
- Миколюк О. А. (2019). Стан та розвиток відновлюваних джерел енергії. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*, 1, 174-183. [Mikolyuk, O. A. (2019). Condition and development of renewable energy sources. *Bulletin of Khmelnytsky National University. Economic Sciences*, 1,

- 174-183. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu\\_ekon\\_2019\\_1\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_ekon_2019_1_34)] (in Ukrainian)
- Туниця Ю.Ю. (2006). *Еко-економіка і ринок: подолання суперечностей*. Київ: Знання. 314 с. [Tunytysya, Yu. Yu. (2006). *Eco-economics and the market: overcoming contradictions*. Kyiv: Knowledge] (in Ukrainian)
- Шевченко М. (2021). *NEFCO призупинила інвестиції в «зелену» енергетику України: чому це тривожний дзвіночок*. [Shevchenko, M. (2021). *NEFCO has suspended investments in «green» energy in Ukraine: why is it an alarm bell*. Retrieved from <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/nefco-vidmovilasya-investuvati-v-zelenu-energetiku-ukraini-chomu-ce-trivozhnij-dzvinochok>] (in Ukrainian)
- Bretschger, L., & Pittel, K. (2020). Twenty Key Challenges in Environmental and Resource Economics. *Environmental and Resource Economics*, 77, 725-750. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00516-y>
- Costanza, R. (1989). What Is Ecological Economics? *Ecological Economics*, 1, 1-7
- Costanza, R., Daly, H. E., & Bartholomew, J. A. (1991). Goals, Agenda and Policy Recommendations for Ecological Economics. In R. Costanza (Ed.) *Ecological Economics: the science and management of sustainability* (pp. 1-21). New York: Columbia University Press
- Costanza, R., Alperovitz, G., Herman, E. D., Farley, J., Carol, F., Jackson, T. ... Colman, R. (2012). *Building a Sustainable and Desirable Economy in Society in Nature*. New York, USA: United Nations Division for Sustainable Development
- Daly, H. E. (1992). Allocation, Distribution, and Scale: towards an Economics that Is Efficient, Just, and Sustainable. *Ecological Economics*, 6, 185-193.
- Daly, H. E., & Farley, J. (2003). *Ecological Economics: Principles and Applications*: Island Press
- Georgescu Roegen, N. (1971). *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge, MA: USA Harvard University Press
- Kish, K., & Farley, J. (2021). A Research Agenda for the Future of Ecological Economics by Emerging Scholars. *Sustainability*, 13(3), 1557. <https://doi.org/10.3390/su13031557>
- Kiss, V. (2018). Energy Use Caps under Scrutiny: An Ecological Economics Perspective. *Society and Economy*, 40(1), 45-67. <https://doi.org/10.1556/204.2018.40.1.4>
- Malthus, T. (1798): *An Essay on the Principle of Population*. London: Joseph Johnson
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. (1972). The Limits to Growth. In *Green Planet Blues: Critical Perspectives on Global Environmental Politics* 102 (p. 27). Routledge, New York, NY, USA
- Ricardo, D. (1911). *The Principles of Political Economy and Taxation*. Alexandria Governorate: Library of Alexandria
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S. III., Lambin, E. ... Foley, J. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). Retrieved from <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Prakash, A., & Grupta, A. (1994). Are Efficiency, Equity, and Scale Independent? Letter to the Editor. *Ecological Economics*, 10, 89-91
- Soddy, F. (1987). *Virtual Wealth and Debt*. Torrance, CA, USA: Noontide Press
- Söderbaum, P. (2000). *Ecological Economics. A Political Economics Approach to Environment and Development*. London: Earthscan
- Soloviy, I., Melnykovich, M., Björnsen Gurung, A., Hewitt, R. J., 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>

### Renewable energy development in the light of ecological-economic theory approaches: challenges for sustainable development policy

P. Dubnevych<sup>1</sup>, I. Soloviy<sup>2</sup>, T. Chelepis<sup>3</sup>

The article outlines the possibilities and difficulties of the transition to renewable energy in Ukraine. In recent years, a number of laws have been passed that have simplified land legislation for the allocation of land for renewable energy, created tax incentives and introduced mechanisms to support producers of electricity from renewable sources. These legislative initiatives aimed to improve the investment climate and make the green energy business transparent. However, the main problems facing the development of green energy in Ukraine remain such as the need for significant initial investment in the construction of new

<sup>1</sup> Pavlo Dubnevych – PhD Student of the Department of Ecological Economics. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynky str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-097-484-73-71. Email: paul.dubnevych@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6077-1462>

<sup>2</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 str., 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>.

<sup>3</sup> Taras Chelepis – PhD Student of the Department of Ecological Economics. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynky str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-093-348-89-72. Email: taras.chelepis@nltu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-4211>

renewable generation capacity, significant distance from networks, obstacles caused by bureaucratic procedures at the local level, lack of continuous generation of some renewable energy sources, search for reserves generated energy, etc. Institutional and regulatory structures need to be improved to increase energy security and stimulate energy transition process in rural areas. Carefully structured stakeholder participation processes and social innovation such as energy cooperatives are needed at the local level.

The necessity of limiting the use of resources is substantiated, in particular the use of energy resources in the world economy. Development of scientific thought aimed at the greening of economic activity and harmonization of social development, found reflection in modern scientific theories within the framework of such disciplines as environmental economics, ecological economics, physical economy, green economy, bioeconomy, and circular economy. In this article, we focus attention on approaches to energy challenges of ecological economics and environmental economics, commonalities and differences in these approaches. The theoretical approaches of ecological and environmental economics analysed in relation to the energy challenges of the modern world.

Researchers in the field of environmental and natural resource economics consider the transformation of energy systems to be one of the twenty most pressing challenges of the modern world, emphasizing that the speed of the energy transition largely depends on a political process that market participants find difficult to predict. Political and environmental risks, together with the long-term nature of investment in energy and related infrastructure, are of great interest for research and practice.

The scientific literature on limiting the use of resources is being revised in the light of the three main issues of ecological economics (sustainable scale, equitable distribution, efficient allocation), which, according to the theory of ecological economics, should be resolved in the transition towards sustainability. Instruments for limiting the use of energy and their ability to provide effective answers to the main problems formulated in ecological economics are considered. The approaches of ecological economics to economic policy necessitate its reforming into ecological-economic policy, or (if we proceed from its goal) into a sustainable development policy. The principles of forming a sustainable development policy for energy sector based on the idea of an energy transition, regulation of energy consumption and energy efficiency are proposed for broad implementation.

The specific procedure for selecting policy instruments is determined by the socio-economic and socio-ecological contexts of the problem situation, the characteristics of the proposed instruments, as well as such factors as the political and organizational culture of the institutions, as well as the nature of their interrelationships and mechanisms for coordination with other institutions.

**Key words:** ecological economics; environmental economics; energy transition; political instruments; sustainability.

### **Развитие возобновляемой энергетики в свете подходов эколого-экономической теории: вызовы для политики устойчивого развития**

П. Б. Дубневич<sup>1</sup>, И. П. Соловий<sup>2</sup>, Т. О. Челепис<sup>3</sup>

Обозначены возможности и трудности перехода к возобновляемой энергетике в Украине. Обоснована необходимость ограничения использования ресурсов, в частности энергоресурсов в мировой экономике. Анализируются теоретические подходы экологической экономики и экономики окружающей среды относительно энергетических вызовов современного мира. Критически осмыслены вопросы ограничения использования ресурсов в мире относительно трех основных научных проблем экологической экономики (устойчивого масштаба, справедливого распределения, эффективной аллокации), которые, согласно теории экологической экономики, следует решить для достижения устойчивости. Рассматриваются инструменты ограничения использования энергии и их способность предложить эффективные решения основных проблем, сформулированных теорией экологической экономики. Подходы экологической экономики к экономической политике обуславливают необходимость ее реформирования в эколого-экономическую политику, или же, если исходить из ее цели – в политику устойчивого развития. Предложены к применению принципы формирования политики устойчивого развития энергетики на основании идей энергетического перехода, регулирования потребления энергоресурсов и повышения энергоэффективности.

**Ключевые слова:** экологическая экономика; экономика окружающей среды; энергетический переход; политические инструменты; устойчивость.

<sup>1</sup> Дубневич Павло Богданович – аспирант кафедры экологической экономики. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупрынки, 103, Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-097-484-73-71. E-mail: paul.dubnevych@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6077-1462>

<sup>2</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 Чупрынки, 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>

<sup>3</sup> Челепис Тарас Олегович – аспирант кафедры экологической экономики. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупрынки, 103, Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-093-093-348-89-72. E-mail: taras.chelepisk@ntlu.edu.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3845-4211>





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

<http://fasu.ntu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412117>  
Article received 2020.11.18  
Article accepted 2021.06.10

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

УДК 630.561.24

## Кліматичний сигнал у регіональній деревно-кільцевій хронології *Pinus sylvestris* L. у Лівобережному Лісостепу

І. М. Коваль<sup>1</sup>

Знання щодо реакції деревостанів на минулі умови довкілля можуть допомогти передбачити, як ліси можуть реагувати на майбутній клімат. Вплив клімату на радіальний приріст *Pinus sylvestris* L. у сосняках Лівобережного Лісостепу досліджено в умовах свіжого бору та свіжого субору із застосуванням стандартних дендрохронологічних методик. Створено регіональну деревно-кільцеву хронологію сосни звичайної, яка складається з 80 індивідуальних деревно-кільцевих серій і базується на шести локальних деревно-кільцевих хронологіях, які містять 5424 шари річної деревини. На основі цієї серії побудовано індексну серію RESIDUAL, з якої вилучено віковий тренд, що зробило її придатною для подальшого поглибленого дендрокліматичного аналізу. Виявлено реперні роки мінімального приросту (1936, 1942, 1954, 1975, 1979, 2000, 2005, 2009 та 2012), упродовж яких ширина шарів річної деревини була меншою, порівняно з відповідними значеннями попереднього року, на 20-46%. Радіальний приріст упродовж цих років обмежували опади, високі температури вегетаційного періоду, екстремальні зимові та ранньовесняні температури. Роки максимального приросту (1935, 1943, 1953, 1988, 2004, 2011 та 2014) характеризувалися сприятливим співвідношенням тепла і вологи. До 1979 р. упродовж мінімальних реперних років радіальний приріст обмежували, насамперед, низькі температури і посухи, але після 1979 р. – лише посухи і теплі зими. За допомогою програми RESPONSE з використанням кореляційного та регресійного аналізів між радіальним приростом сосни та кліматичними чинниками виявлено, що впродовж другого періоду (1989-2017 рр.), порівняно з першим (1960-1988 рр.), посилюється негативний вплив температур та позитивний вплив опадів упродовж квітня-серпня на радіальний приріст. У першому періоді позитивний вплив опадів упродовж вегетаційного періоду тривав менший термін – тільки червень-липень. У другому періоді температури червня-грудня попереднього року сильніше впливали на радіальний приріст поточного року на відміну від опадів, вплив яких навпаки – зменшився. Отже, сосна стала чутливішою до впливу клімату впродовж 1989-2017 рр. порівняно з 1960-1988 рр. Це проявилось у збільшенні значущих зв'язків між радіальним приростом сосни та кліматичними чинниками у другому періоді порівняно з першим, що свідчить про ослаблення насаджень і про можливе деяке погіршення радіального приросту найближчими роками. Однак, зважаючи на пластичність сосни та її адаптацію до змін клімату на нинішньому етапі, можемо рекомендувати її подальше використання в сосняках Лівобережного Лісостепу.

**Ключові слова:** зміна клімату; радіальний приріст сосни звичайної; реперні роки; чутливість дерев; програма RESPONSE; кореляційний та регресійний аналізи.

<sup>1</sup> Коваль Ірина Михайлівна – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник лабораторії екології лісу. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: +38-063-28-21-995. E-mail: Koval\_Iryna@ukr.net ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

**Вступ.** Зміна клімату суттєво впливає на збереження, продуктивність та управління лісовими екосистемами у всьому світі (Allen et al., 2010; Natalini, Correia, Javier, Vázquez, & Reyes, 2015; Gleason et al., 2018). Середньорічна температура на різних континентах підвищилася щонайменше на 1-3°C, при цьому опади одночасно зменшилися (Dai, 2010). Оскільки інтенсивність посух і температур продовжують зростати, очікується, що ліси можуть стати дедалі вразливішими до всихання, пов'язаного зі зміною клімату (Didukh, 2009; Clark et al., 2016; Nolan et al., 2018). Тривала посуха ослаблює деревостани, що призводить до пошкодження їх шкідниками, а також до підвищеного ризику виникнення пожеж (Meshkova & Bajdyk, 2017).

Практичні підходи до сталого управління лісами, що враховують потенційний клімат у майбутньому, розглянуто у багатьох дослідженнях (Nolan et al., 2018). Щоб зрозуміти реакцію лісів на зміну клімату потрібно оцінити їхню вразливість та розробити заходи, які можуть обмежити вплив майбутніх кліматичних змін (Natalini et al., 2015). Знання щодо реакції лісостанів на минулі умови можуть допомогти передбачити, як ліси можуть реагувати на майбутній клімат. Глобальне потепління змінює умови життя дерев, і якщо їм не вдасться адаптуватися до темпу цих змін, то межі їхнього ареалу можуть зміститися найближчими десятиліттями (Cedro, 2016; Finley & Zhang, 2019). Цікаві у цьому контексті соснові деревостани Лівобережного Лісостепу України, які посідають друге місце за площею (190 тис. га) серед насаджень інших деревних порід.

Одним із найперспективніших напрямів досліджень в екології є дендрокліматологія, яка виявляє екологічні чинники, що впливають на продуктивність деревостанів, дає змогу здійснюва-

ти біоіндикацію і прогнозувати стан лісових екосистем, що має важливе значення для моніторингу лісів (Cook & Kairiukstis, 1990). Дендрохронологія є важливим інструментом оцінювання довготривалої реакції лісів на умови довкілля, оскільки ряди деревних кілець забезпечують точніше вирішення проблем лісових екосистем, ніж лише дані довгострокової інвентаризації. Дендрохронологічні дослідження використовують підвищення чутливості шарів деревини до впливу клімату як ознаку підвищеного ризику смертності (McDowell et al., 2008). Багато дослідників використовувало деревно-кілецеві хронології для вивчення реакції росту дерев на довгострокові наслідки клімату (Adams & Kolb 2005; Koval, 2013; Olivar, Rathgeber & Bravot, 2015; Natalini et al., 2015; Gritsan, Lovynska, Sytnyk, & Hetmanchuk, 2019).

За умов потепління клімату надзвичайно важливими є дослідження адаптації лісових екосистем до зміни клімату. Ці актуальні питання допоможуть вирішити дендрокліматичні дослідження.

**Об'єкти та методика дослідження.** Об'єктами дослідження є соснові насадження віком від 59 до 100 років, які ростуть в умовах свіжого бору ( $A_2$ ) та свіжого субору ( $B_2$ ) на дернових слабопідзолистих супіщаних ґрунтах. Предметом дослідження є динаміка радіального приросту *Pinus sylvestris* L. під впливом кліматичних чинників. Мета дослідження – виявити основні кліматичні чинники, які впливають на радіальний приріст сосни звичайної у деревостанах Лівобережного Степу в умовах змін клімату.

Дослідження здійснено на шести пробних площах (ПП) у соснових насадженнях, з яких одне насадження росте в умовах  $A_2$ , а п'ять – в умовах  $B_2$  (табл. 1).

Таблиця 1

**Характеристика досліджуваних соснових насаджень у Лісостепу**

№ ПП	Географічні координати	Висота над рівнем моря, м	Індекс ТЛУ	Склад	Вік, років	Повнота	D, см	H, м	Бонітет	Запас, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>
1	49° 58' 48" пн.ш. 36° 15' 36" сх.д.	111	$A_2$	10Сз	59	0,75	24	20	I	328
2	49°27'45" пн.ш. 36°51'34" сх.д.	80	$B_2$	10Сз	85	0,80	23	22	I	404
3	49°27'45" пн.ш. 36°51'34" сх.д.	80	$B_2$	10Сз	90	0,80	22	21	I	404
4	49°27'45" пн.ш. 36°51'34" сх.д.	80	$B_2$	10Сз	90	0,76	25	21	I	406
5	49°49'36" пн.ш. 36°19'38" сх.д.	109	$B_2$	10Сз	74	0,82	38	23	I	435
6	50°02'45" пн.ш. 36°19'42" сх.д.	109	$B_2$	10Сз	100	0,60	42	24	II	310

*Примітки.* ПП – пробні площі; 1 – ДП «Жовтневе ЛГ» Бабаївське лісництво, 32 кв., 5 вид.; 2 – ДП «Балаклійське ЛГ» Високобірське лісництво, кв. 66, вид. 65; 3 – ДП «Балаклійське ЛГ» Високобірське лісництво, кв. 65, вид. 4; 4 – ДП «Балаклійське ЛГ» Високобірське лісництво, кв. 61, вид.; 5 – ДП «Балаклійське ЛГ» Савинське лісництво, кв.52; 6 – ДП «Жовтневе ЛГ» Васищівське лісництво, кв. 104, вид. 4; 14 – ДП «Харківська науково-дослідна станція» (Данилівський лісгосп Південне лісництво), кв. 159, вид. 7

Використано таксаційні, дендохронологічні та статистичні методи (Cook & Kairiukstis, 1990). Керни відібрано буровом Преслера у 15-20 дерев сосни звичайної в біогрупі дерев на висоті 1,3 м від комля. Шари річної деревини виміряно цифровим приладом HENSON з точністю до 0,01 мм. Перехресним датуванням встановлено точну календарну дату кожного шару деревини; пізніше якість вибірки перевірено програмою COFESHA. Сегменти кернів з низькими значеннями кореляції та керни, які не підлягали датуванню, було вилучено з вибірки (Cook & Kairiukstis 1990; Holmes, 1994).

Для вивчення загальних тенденцій зміни радіального приросту дерев у часі, виявлення екстремумів приросту, зв'язків індексів радіального приросту з метеорологічними умовами, застосовано методи порівняльного і внутрішньорядного аналізу. До вивчення екстремальних значень радіального приросту застосовано поняття реперних років (Génova, 2012). Реперні роки були визначено з урахуванням того, що значення або індекси приросту передбачають зменшення чи збільшення більш ніж на 20% показника приросту поточного року порівняно з попереднім. Позитивні та негативні екстремуми приросту для реперних років присутні як мінімум у 75% індивідуальних деревно-кільцевих серій (Andreu, Planells, Gutiérrez, Helle & Schleser, 2008; Elferts, 2007). Для аналізу взаємозв'язків між кліматом і радіальним приростом використано поняття «норма», що визначає усереднені значення температури повітря та опадів за період 1960-2017 роки. Відхилення від норми чинників опадів і температур для років із екстремальними кліматичними явищами (посухами, холодними зимами тощо) виражено у відсотках (Коваль, Воронін, 2019).

Стандартне відхилення вимірює мінливість річних кілець. Середня чутливість є мірою середньої відносної зміни між сусідніми ширинами кільця, яку вираховували як абсолютну різницю між сусідніми індексами, поділену на середнє значення цих індексів. Автокореляція першого порядку оцінює взаємозв'язки з попереднім приростом. Вища загальна дисперсія, яка припадає на перший основний компонент, вказує на більший кліматичний вплив на ріст дерев (Fritts, 1976; Cook & Kairiukstis 1990). Обчислено міжсерійний коефіцієнт кореляції ( $R_{bar}$ ), який визначено як середню кореляцію між усіма деревно-кільцевими хронологіями (Wigley, 1984). Популяційний сигнал (EPS) обчислено для оцінювання внутрішньої сили сигналу хронології і виражає надійність вимірювань у хронології та є функцією коефіцієнта  $R_{bar}$ :

$$EPS(t) = \frac{tR_{bar}}{tR_{bar} + (1 - R_{bar})}$$

де  $t$  – кількість деревно-кільцевих серій,  $R_{bar}$  – середня кореляція між деревно-кільцевими хронологіями.

Про придатність деревно-кільцевої серії для подальшого дендрокліматичного аналізу свідчить перевищення порогу EPS вище 0,85 (Wigley, 1984).

Методом стандартизації, тобто створенням деревно-кільцевих індексних хронологій за допомогою програми ARSTAN, вилучено вікові тренди з індивідуальних деревно-кільцевих серій, що дало змогу порівняти дерева з насаджень різного віку та знайти відгук радіального приросту на вплив кліматичних умов. Ця процедура є фільтрацією низькочастотної складової у багаторічних коливаннях приросту (Cook & Kairiukstis 1990; Cook & Peters, 1997).

На першому етапі вилучення трендів використано від'ємну експоненціальну криву, а на другому – кубічну ковзну криву. Індеси радіального приросту сформовано способом ділення реального значення ширини річного кільця на його прогнозоване значення. Внаслідок цього створено ряди індексів радіального приросту із середнім значенням 1 та однорідною дисперсією. У дендрокліматичних дослідженнях часто використовують хронології RESIDUAL, в яких видалено також автокореляцію для посилення кліматичного сигналу внаслідок вилучення вікового тренду (Cook & Kairiukstis, 1990). Середнє значення локальних і регіональної хронології обчислено із застосуванням середньозваженого (Wigley, Briffa & Jones, 1984).

Для встановлення зв'язків між чинниками клімату і радіальним приростом сосни використано програму RESPO з пакету програм DPL, за допомогою якої здійснено аналіз відгуку та кореляційний аналіз між деревно-кільцевими хронологіями RESIDUAL і кліматичними чинниками (температурою повітря та опадами) (Marquardt et al., 2019; Holmes, 1994).

Аналіз функції відгуку – це форма множинної регресії. Здійснено багатофакторний регресійний аналіз, в якому середня місячна температура повітря та місячна сума опадів є незалежними змінними. Застосовано покроковий регресійний аналіз – для відбору найвпливовіших на радіальний приріст кліматичних чинників, а також метод головних компонент – для вилучення кліматичних чинників із аналізу, які тісно корелюють між собою та множинний регресійний аналіз – для оцінювання впливу клімату на приріст. Аналіз функції відгуку застосовували для відстеження впливу кліматичних чинників на радіальний приріст за 15-місячний період (з червня попереднього року по серпень поточного року) (Holmes, 1994). Для відбору кращих змінних для цієї регресійної моделі використано кореляційний аналіз між індексними деревно-кільцевими хронологіями сосни і середньомісячними температурами повітря (°C) та сумами опадів (мм).

Для дендрокліматичного аналізу використано дані Харківської метеостанції. Клімат помірно континентальний. Найтеплішим (21,2°C) і найвологішим (68 мм) місяцем є липень, а найхолоднішим – січень (-5,4°C); найменша кількість опадів характерна для березня (34 мм). Середня річна температура становить 8,1°C, а сума опадів – 552 мм (рис. 1).



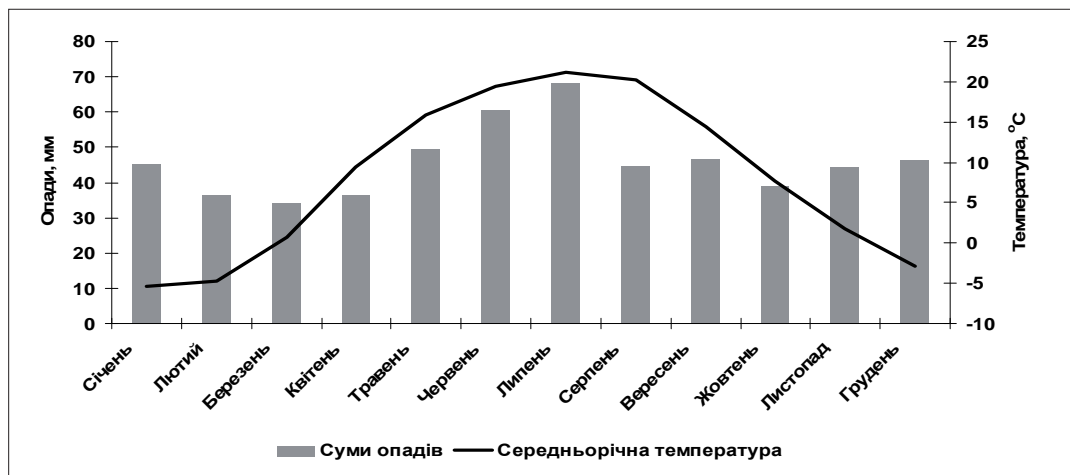


Рис. 1. Кліматограма Харківської метеорологічної станції (географічні координати 49°55'28" пн. ш. 36°17'24" сх. д., висота над рівнем моря 155 м) для 1960-2018 рр.

**Результати та обговорення.** Створена регіональна деревно-кільцева хронологія *Pinus sylvestris* L. для Лісостепу складається з 80 індивідуальних деревно-кільцевих серій і базується на шести локальних деревно-кільцевих хронологіях, які містять 5424 шари річної деревини (рис. 2). На основі цієї серії побудовано індексну серію RESIDUAL, з якої вилучено віковий тренд, що зробило її придатною для подальшого поглибленого дендрокліматичного аналізу (рис. 3). Міжсерійні коефіцієнти кореляції коливаються в межах 0,318-0,472, що свідчить про високу синхронність та можливість використання цих деревно-кільцевих хронологій для подальшого дендрокліматичного аналізу (табл. 2). Високі значення автокореляції першо-

го порядку (0,524-0,804) свідчать про високу залежність величини річного кільця поточного року від річного кільця попереднього року. Насадження, яке росте в умовах  $A_2$ , має меншу залежність від умов попередніх років, ніж насадження, які ростуть в умовах  $B_2$ , що можна пояснити менш сприятливими умовами зростання у свіжому бору порівняно із свіжим субором, де ґрунти трохи багатші і мають більшу вологоємність. Найстійкішими до впливу чинників довкілля виявилися насадження, що ростуть в умовах  $B_2$  (ПП 2-6), і найменш стійким – деревостан, що росте в умовах  $A_2$  (ПП 1). Про це свідчать стандартне відхилення та середня чутливість, значення яких є найменшими для ПП 2-6 і найбільшими – для ПП 1 (див. табл. 1, 2).

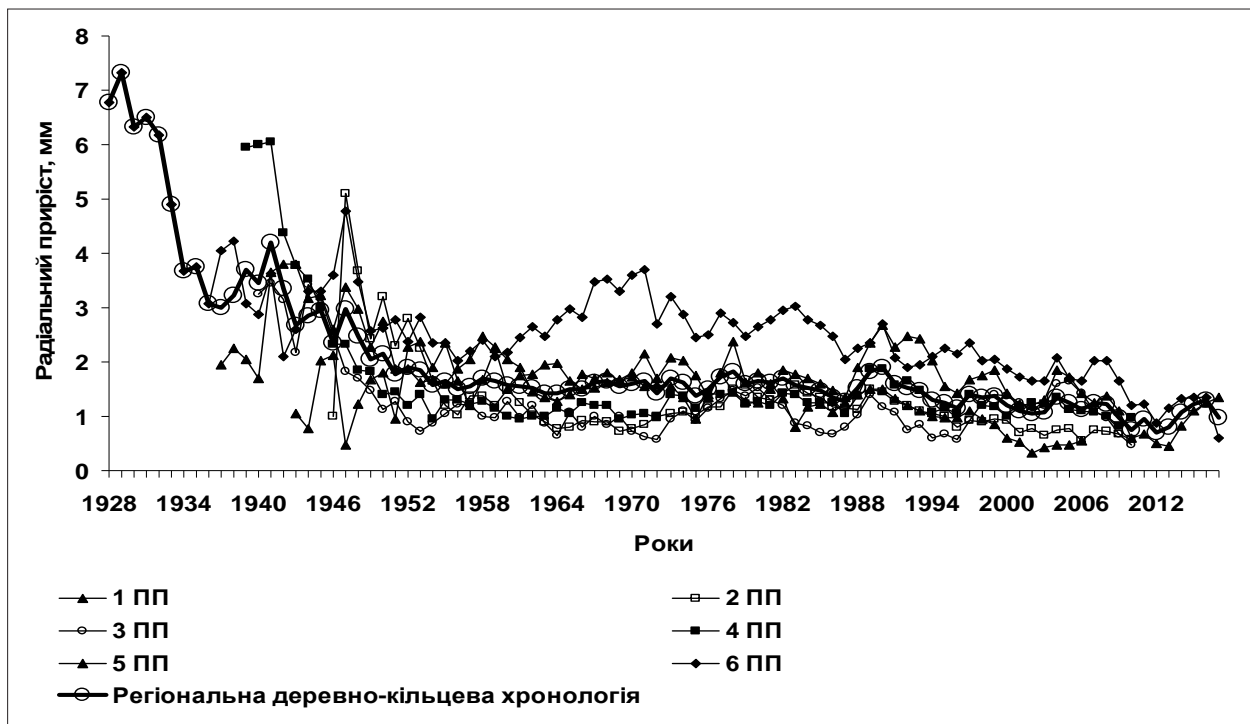


Рис. 2. Динаміка локальних та регіональної деревно-кільцевих хронологій *Pinus sylvestris* L. у насадженнях Лівобережного Лісостепу

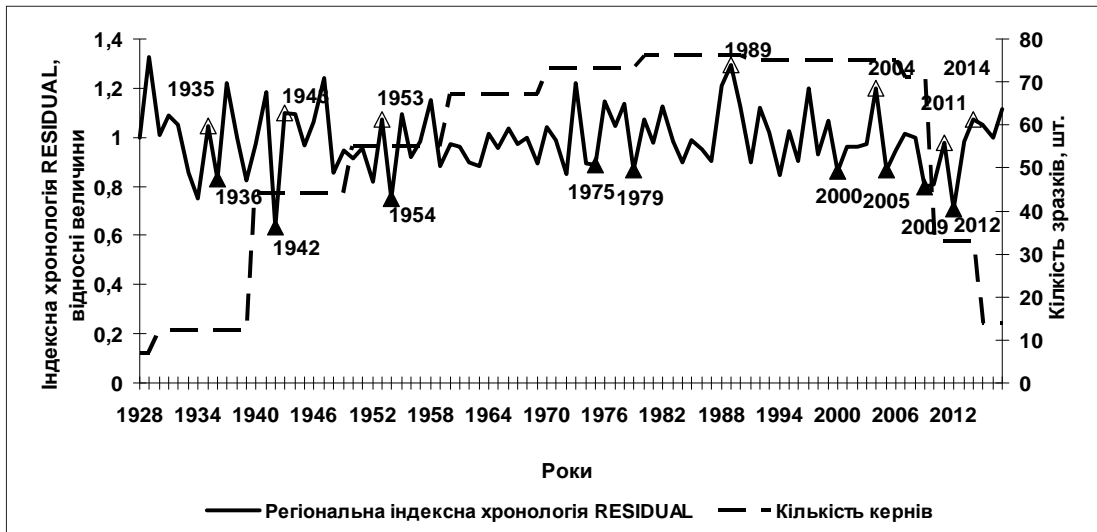


Рис. 3. Динаміка регіональної індексної деревно-кільцевої хронології RESIDUAL та кількість кернів (чорні трикутники – негативні реперні роки, білі трикутники – позитивні реперні роки)

Таблиця 2

**Статистична характеристика локальних і регіональної серій деревно-кільцевих хронологій *Pinus sylvestris* L. у Лісостепу за програмами COFECNA та ARSTAN**

№ ПП	Проміжок часу, роки	Середнє значення, мм	Неіндексовані серії				RESIDUAL серії		
			$R_{bar}$	$S_{td.dev}$	$AC_1$	$MS_x$	Середнє	$MS_x$	$S_{td.dev}$
1	1940-2006	1,27	0,318	0,806	0,524	0,375	1,00	0,186	0,171
2	1944-2010	1,05	0,337	0,576	0,700	0,253	0,986	0,177	0,156
3	1940-2010	0,99	0,325	0,650	0,703	0,345	0,99	0,226	0,211
4	1940-2010	1,45	0,460	0,965	0,708	0,234	0,99	0,167	0,140
5	1940-2017	1,63	0,472	0,945	0,586	0,328	1,00	0,232	0,272
6	1920-2016	2,46	0,413	1,730	0,804	0,218	0,998	0,188	0,198
Р.д-к.с.	1920-2017	1,69	0,353	1,116	0,705	0,263	1,00	0,176	0,203

Примітки. ПП – пробна площа;  $R_{bar}$  – міжсерійний коефіцієнт кореляції;  $S_{td.dev}$  – стандартне відхилення;  $AC_1$  – автокореляція першого порядку;  $MS_x$  – середня чутливість;  $S_{td.dev}$  – стандартне відхилення; Р.д-к.с. – регіональна деревно-кільцева серія

Коефіцієнт EPS, обчислений для регіональної деревно-кільцевої хронології RESIDUAL, становить 0,98, що також підтверджує можливість здійснення дендрокліматичного аналізу, оскільки перевищує поріг 0,85 і підтверджує надійність хронології, тобто є показником подібності дисперсії хронології вибірки і теоретичної хронології генеральної сукупності (Wigley et al., 1984). Коефіцієнт чутливості перевищує 0,2, що дає змогу використовувати запропоновану деревно-кільцеву хронологію у дендрокліматичному аналізі (див. табл. 2). Використання наведених вище чинників для визначення надійності дендрохронологічних серій доказано низкою досліджень (Wigley, Briffa & Jones, 1984; Génova, 2011).

Виявлено реперні роки мінімального приросту (1936, 1942, 1954, 1975, 1979, 2000, 2005, 2009 та 2012), упродовж яких ширина шарів річної деревини була нижчою, порівняно з попереднім ро-

ком, на 20-46%. Ці роки характеризувалися посухами упродовж вегетаційного періоду (1975, 1979, 2009 рр.) та екстремальними літніми (2000, 2000, 2012), зимовими та ранньовесняними (1979, 2005) температурами (див. рис. 3, табл. 3). Радіальний приріст упродовж мінімальних реперних років обмежували дефіцит опадів в окремі місяці вегетації ( $\Delta$ -54-63%), високі температури упродовж вегетаційного періоду ( $\Delta$ +9-15%), низькі зимові температури ( $\Delta$ -38%), високі березневі температури ( $\Delta$ +70).

Роки максимального приросту (1935, 1943, 1953, 1988, 2004, 2011 та 2014) характеризувалися сприятливим співвідношенням тепла і вологи. Перевищення норми опадів було вищим ніж 24-31% у квітні-серпні (див. рис. 3, див. табл. 3).

До 1979 р. упродовж мінімальних реперних років радіальний приріст обмежували низькі температури та посухи, але після 1979 р. – лише посухи і теплі зими (див. табл. 3). Подібні результати отри-

мав А. Витас у Литві, який виявив, що негативні реперні роки для сосни звичайної були з однаковою частотою пов'язані з низькими температурами та посухами, але вже з 1970 р. – тільки високими температурами та дефіцитом вологи (Vitas, 2004).

Дерева, які ростуть у межах однорідного за кліматичними умовами регіону, однаково реагують на зміни зовнішніх умов і мають подібні тенденції в коливаннях величин річного приросту. Більшість де-

рев мають синхронні зміни величин річних кілець. Б. Губер зазначав (Cook & Peters, 1997), що крива величин річних кілець подібна на англійський замок, до якого існує тільки один ключ, а саме – визначений час. Процес перехресного датування проходить легше, коли виявляються негативні реперні роки, упродовж яких формуються вузькі кільця, коли приріст найбільшою мірою починає лімітуватися тим чи іншим зовнішнім чинником.

Таблиця 3

**Реперні роки регіональної деревно-кільцевої хронології *Pinus sylvestris* L. у насадженнях Лівобережного Степу та кліматичні характеристики, виражені через відхилення ( $\Delta$ ) від норми (довгострокового середнього)**

Роки мінімального приросту			Роки максимального приросту		
Рік	Зниження радіального приросту в поточному році порівняно з попереднім роком, %	Кліматичні чинники	Рік	Перевищення радіального приросту в поточному році порівняно з попереднім роком, %	Кліматичні чинники
1936	21	Не відомо	1935	40	Не відомо
1942	46	Не відомо	1943	46	Не відомо
1954	30	Не відомо	1953	30	Не відомо
1975	27	Дефіцит опадів упродовж квітня-серпня $\Delta$ -158 мм (63%)	1989	34	Перевищення річної суми опадів $\Delta$ +140 мм (25%)
1979	24	Посуха у червні $\Delta$ -59 мм, високі березневі температури $\Delta$ +1,17 °C (65%), низькі зимові температури $\Delta$ -8,2 °C (38%)	2004	23	Перевищення річної суми опадів $\Delta$ +172 мм (31%)
2000	20	Спекотний липень $\Delta$ +1,75 °C (9%),	2011	21	Перевищення опадів за квітень-серпень $\Delta$ +81 мм (24%)
2005	28	Дефіцит опадів у березні-квітні $\Delta$ -31 мм (44%), тепла зима $\Delta$ +2,2 °C (50%)	2014	38	
2009	20	Дефіцит опадів у квітні-серпні $\Delta$ -120 мм (54%)			
2012	27	Високі температури у квітні-серпні $\Delta$ +3,1 °C (15%)			

Американські дендрохроноги довели, що радіальному приросту *Pinus ponderosa* Dougl. сприяла сезонна наявність весняної вологи впродовж поточного року зростання. І навпаки – висока температура навесні та на початку літа згубно впливала на ріст деревного виду (Finley, Zhang, 2019).

Здійснено зіставлення реакції радіального приросту регіональної деревно-кільцевої хронології Лівобережного Лісостепу до впливу кліматичних чинників у періоди 1960-1988 та 1989-2017 роки. Середньорічна температура першого періоду ста-

новила 7,5 °C, другого – 8,9 °C, тобто збільшення становило 1,3 °C (15%). Середньорічна сума опадів упродовж першого періоду становила 536,3 мм, упродовж другого – 555,8 мм. Отже, різниця опадів між двома періодами становила 19,5 мм або 3,5% (рис. 4).

Упродовж другого періоду посилилась залежність радіального приросту сосни звичайної від температур. У першому періоді спостережено позитивний вплив температур упродовж червня-грудня попереднього року. Виявлено також значущі пози-



тивні зв'язки між приростом і кліматом для вересня попереднього року, але вже у другому періоді цей вплив став негативним для цього місяця.

Аналізуючи взаємозв'язки між кліматом і радіальним приростом упродовж холодного періоду (з листопада попереднього по березень поточного року), виявлено, що впродовж першого періоду

температура значуще позитивно впливала на приріст у грудні та березні, а в другому періоді позитивні зв'язки знайдено для жовтня, листопада та лютого, а негативні – для листопада, тобто підвищення температур негативно вплинуло на приріст дерев у період їхнього переходу до зимового спокою.

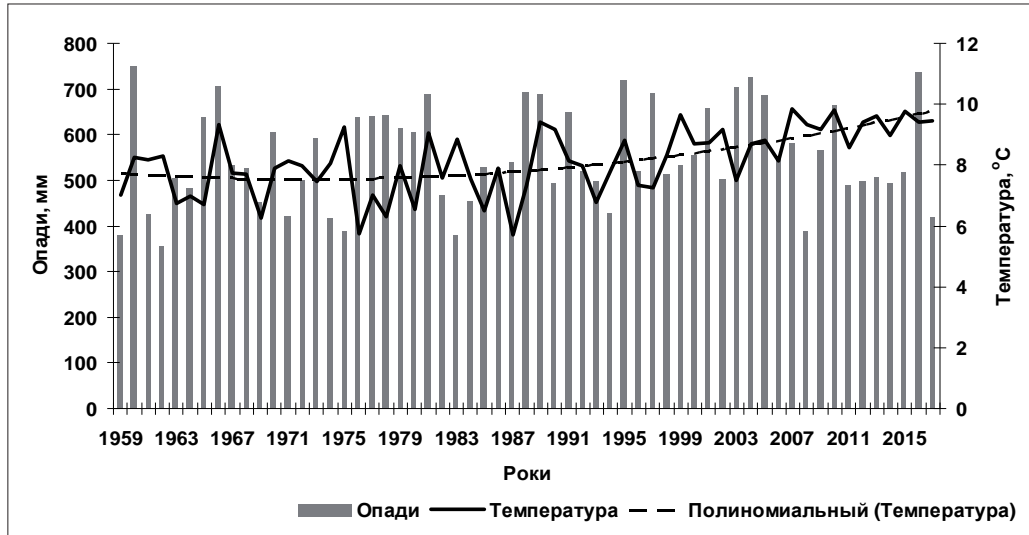


Рис. 4. Динаміка температур та опадів за даними Харківської метеостанції

Березневі температури також важливі для радіального приросту, оскільки в цей період починається процес ксилогенезу. Упродовж квітня-серпня у 1960-1989 рр. виявлено значущий позитивний вплив температур на приріст у травні, а негативний – у червні, але вже у 1990-2017 рр. негативний вплив температур посилюється у квітні та серпні. Тобто у другому періоді упродовж вегетаційного сезону погіршився вплив температур на радіальний приріст сосни звичайної (рис. 5).

Аналізуючи вплив температур червня-липня попереднього року на приріст, встановлено, що більше значущих коефіцієнтів відгуку та кореляції було обчислено для другого періоду, на відміну від опа-

дів, вплив яких зменшився у другому періоді за відповідний період. Виявлено значущі позитивні зв'язки для червня, липня та вересня і негативні – для серпня упродовж 1960-1987 рр. та для 1960-2017 рр. – позитивні для червня, вересня та листопада попереднього року. Для першого періоду характерний позитивний вплив березневих опадів на приріст, на відміну від другого періоду, коли березневі опади стали обмежувати приріст. У другому періоді посилюється також вплив опадів – з червня по травень він виявився значущим позитивним, лише у квітні він лімітував приріст на відміну від першого періоду, коли позитивний вплив опадів на приріст виявлено лише у червні та липні (рис. 6).

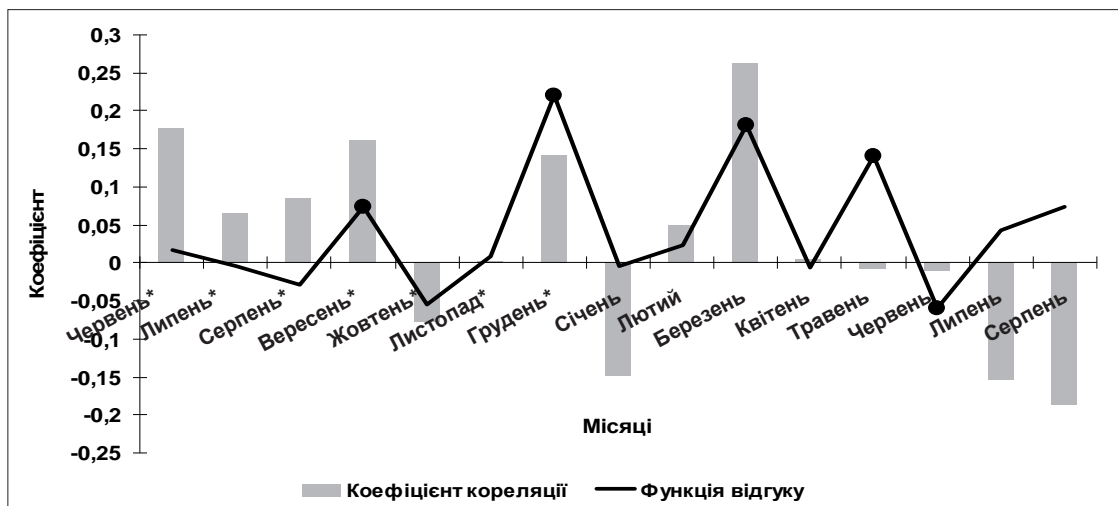


Рис. 5. А) 1960-1988 рр.

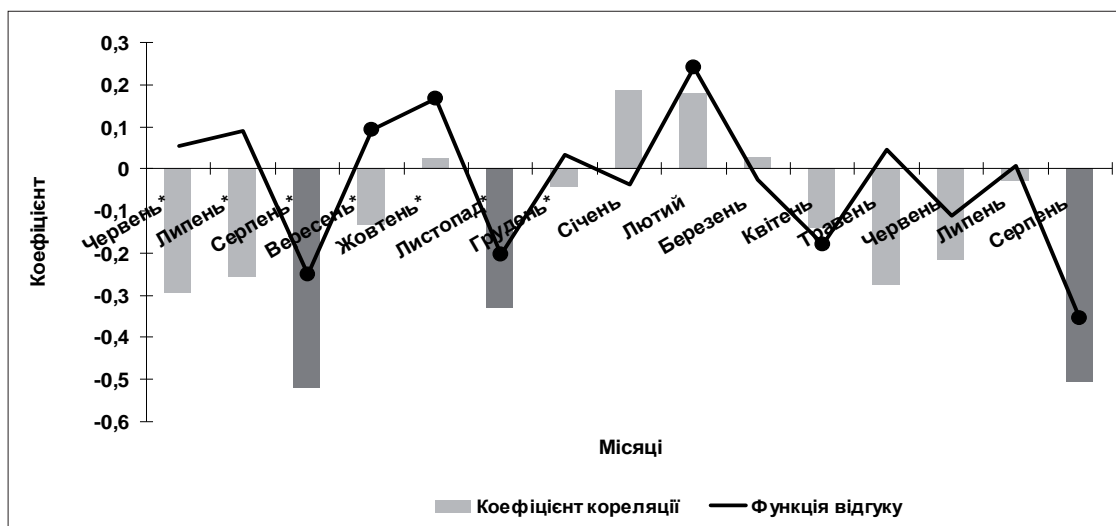
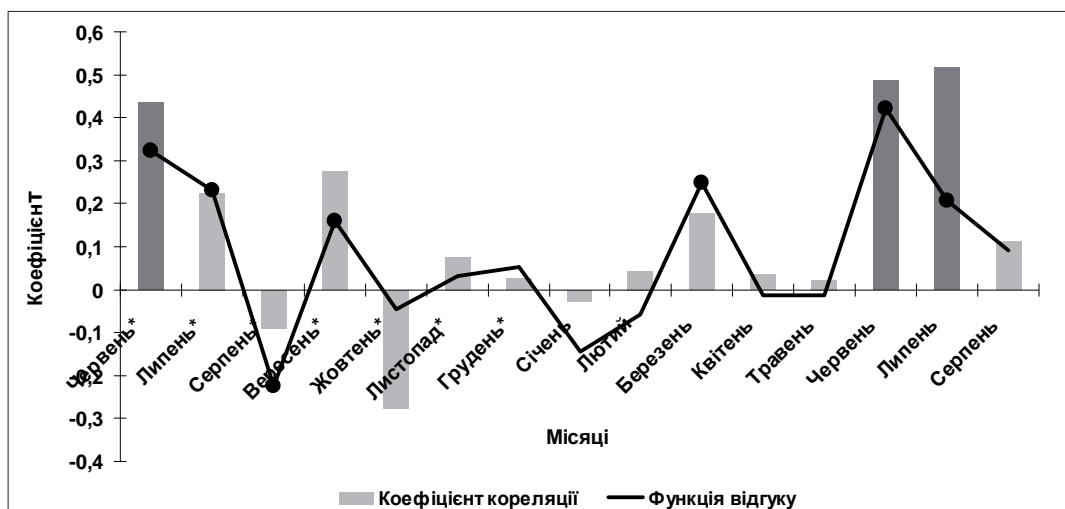


Рис. 5. Б) 1989-2017 рр. Коефіцієнти кореляції Пірсона (стовпчики) та коефіцієнти функції відгуку (лінії) між середніми місячними температурами та індексною регіональною деревно-кільцевою хронологією *Pinus sylvestris* L. Лівобережного Степу (темно-сірі стовпчики вказують на значущі коефіцієнти кореляції ( $P < 0,05$ ), чорні кола – на значущі коефіцієнти функції відгуку; зірочки (\*) вказують на місяці попереднього року)

А) 1960-1987 рр.



В) 1988-2017 рр.

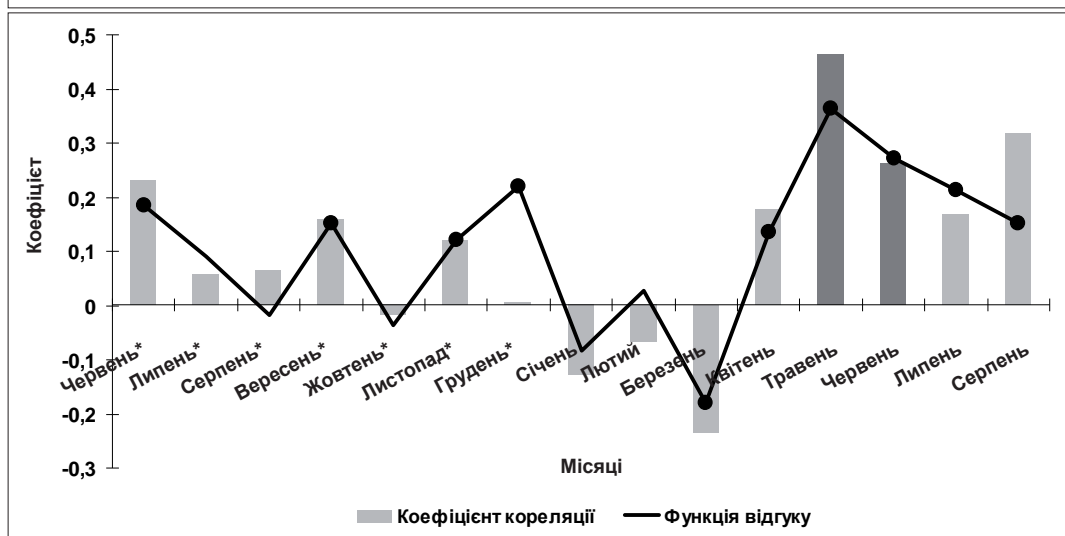


Рис. 6. Коефіцієнти кореляції Пірсона (стовпчики) та коефіцієнти функції відгуку (лінії) між кількістю опадів та індексною регіональною деревно-кільцевою хронологією *Pinus sylvestris* L. Полісся (темно-сірі стовпчики вказують на значущі коефіцієнти кореляції ( $P < 0,05$ ), чорні кола вказують на значущі коефіцієнти функції відгуку; зірочки (\*) вказують на місяці попереднього року)

Як і в цих дослідженнях, позитивний вплив літніх опадів на радіальний приріст сосни виявлено також у східній Феноскандії та Польщі (Linderholm, Solberg, & Lindholm, 2003). Посилення водного стресу для *Pinus nigra ssp. Pallasiana*, зумовленого потеплінням клімату, визначено у Криму (Koval, 2013).

**Висновки.** Створена для Лісостепу регіональна деревно-кільцева хронологія сосни звичайної придатна для подальшого дендрокліматичного аналізу, бо має високі значення міжсерійного коефіцієнта кореляції та коефіцієнта EPS, який перевищує поріг 0,85 та середньої чутливості. Виявлено реперні роки мінімального приросту (1936, 1942, 1954, 1975, 1979, 2000, 2005, 2009 та 2012), упродовж яких ширина шарів річної деревини була меншою порівняно з попереднім роком, на 20-46%. Ці роки характеризувалися посухами упродовж вегетаційного періоду та екстремальними літніми, зимовими і ранньовесняними температурами. Роки максимального приросту (1935, 1943, 1953, 1988, 2004, 2011 та 2014) характеризувалися сприятливим співвідношенням тепла та вологи.

Під час порівняння реакції радіального приросту сосни звичайної на варіації клімату упродовж часових періодів 1960-1988 та 1989-2017 рр. виявлено збільшення чутливості сосни до варіацій клімату. Це проявилось у збільшенні значущих зв'язків між радіальним приростом сосни та кліматичними чинниками у другому періоді порівняно з першим, що свідчить про ослаблення деревостанів і про можливе деяке погіршення радіального приросту у найближчі роки. Однак зважаючи на пластичність сосни та її адаптацію до змін клімату на нинішньому етапі, можемо рекомендувати її використання в насадженнях Лівобережного Лісостепу.

### Список літератури

- Коваль І. М., Воронін В. О. (2019). Реакція радіального приросту *Pinus sylvestris* L. на зміну клімату в насадженнях Лівобережного Лісостепу. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 140-148. [Koval, I., & Voronin, V. (2019). Response of *Pinus sylvestris* L. radial growth to climate change in stands on Left-bank. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 140-148. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.140>] (in Ukrainian)
- Adams, H.D., & Kolb, T.E. (2005). Tree growth response to drought and temperature in a mountain landscape in northern Arizona, USA. *Journal Biogeography*, 32, 1629-1640. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2699.2005.01292.x>
- Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet D., McDowell, N., Vennetier, M. ... Cobb, N. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *Forest Ecology and Management, Elsevier*, 259(4), 660-684. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00457602/document>
- Andreu, L., Planells, O., Gutiérrez, E., Helle G. & Schleser, G. (2008). Climatic significance of tree-ring width and  $\delta^{13}C$  in a Spanish pine forest network. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 60(5), 771-781. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0889.2008.00370.x>
- Cedro, A. (2016). The influence of climatic conditions on the tree-ring width of wild service trees (*Sorbus torminalis* L.) in Wielkopolska Forest. *Research Papers Czerwiec*, 77(2), 117-123. Retrieved from <https://depot.ceon.pl/bitstream/handle/123456789/10841/DOI-10.1515-frp-2016-0013%20en.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Clark, J. S.; Iverson, L.; Woodall, C. W., Allen, C. D., Bell, D. M., Bragg, D. C., & Zimmermann, E. (2016). The impacts of increasing drought on forest dynamics, structure, and biodiversity in the United States. *Global Change Biology*, 22, 2329-2352. Retrieved from [https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2016/nrs\\_2016\\_clark-j\\_001.pdf](https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2016/nrs_2016_clark-j_001.pdf)
- Cook, E., & Peters K. (1997). Calculating unbiased tree-ring indices for the study of climatic and environmental change. *The Holocene*, 7(3), 361-370. Retrieved from <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/095968369700700314>
- Cook, E. R., & Kairiukstis, L.A. (1990). *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences. International Institute for Applied Systems Analysis*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 394. <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-7879-0>
- Dai, A.G. (2011). Drought under global warming: A review. *Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change*, 2, 45-65. <https://doi.org/10.1002/wcc.81>
- Didukh, Y. (2009). Ecological aspects of the global climate changes: reasons, consequences and actions. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, 34-44. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu\\_2009\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2009_2_12)
- Elferts, D. (2007). Scots pine pointer-years in north-western Latvia and their relationship with climatic factors. *Acta University Latvia*, 723, 163-170. Retrieved from <http://eeb.lu.lv/EEB/2007/Elferts.shtml>
- Finley K., & Zhang, Ji. (2019). Climate effect on ponderosa pine radial growth varies with tree density and shrub removal. *Forests*, 10(6), 477. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1999-4907/10/6/477>
- Fritts, H. C. (1976). *Tree rings and climate*. London, New York and San Francisco: Academic Press. <https://doi.org/10.1177/030913338000400214>
- Génova, M. (2012). Extreme pointer years in tree-ring records of Central Spain as evidence of climatic events and the eruption of the Huaynaputina Volcano (Peru, 1600 AD). *Climate Past*, 8, 751-764. <https://doi.org/10.5194/cp-8-751-2012>
- Gleason, K. E., Bradford, J. B., Bottero, A., D'Amato, A. W., Fraver, S., Palik, B. J., ... Kern, C. C. (2017). *Competition amplifies drought stress in forests across broad climatic and compositional gradients. Ecosphere*, 8(7), 1-16. Retrieved from [https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2017/nrs\\_2017\\_gleason\\_001.pdf](https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2017/nrs_2017_gleason_001.pdf)
- Gritsan, Y. I., Lovynska, V. M., Sytnyk, S. A., & Hetmanchuk, A. I. (2019). Dendroindication of ecocli-



- matic condition in forest remediation area within Northern Steppe of Ukraine. *Regulator y Mechanisms in Biosystems*, 10(4), 457-463. Retrieved from <https://medicine.dp.ua/index.php/med/article/view/567>
- Holmes, R.J. (1994). *Dendrochronology Program Library. Users Manual*. University of Arizona, Tucson Retrieved from <https://www.ltrr.arizona.edu/pub/dpl-mac/68k/dpl.txt>
- Koval, I. (2013). Climatic signal in earlywood, latewood and total ring width of Crimean pine (*Pinus nigra Pallasiana*) from Crimean Mountains, Ukraine. *Baltic Forestry*, 19(2), 245-251. Retrieved from [https://www.balticforestry.mi.lt/bf/index.php?option=com\\_content&view=article&id=341&catid=42&Itemid=101](https://www.balticforestry.mi.lt/bf/index.php?option=com_content&view=article&id=341&catid=42&Itemid=101)
- Linderholm, H., Solberg, B., & Lindholm, M. (2003). Tree-ring records from central Fennoscandia: the relationship between tree growth and climate along a west-east transect. *The Holocene*, 13(6), 887-895. <https://doi.org/10.1191/0959683603hl671rp>
- Lindsey, R., & Dahlman, L. (2019). *Climate Change: Global Temperature*. Retrieved from: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
- Marquardt, P.E., Brian, R., Miranda, B.R., Jennings, Sh., Thurston, G., & Telewsk, F.W. (2019). Variable climate response differentiates the growth of Sky Island Ponderosa Pines. *Trees*, 33, 317-332. Retrieved from [https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2018/nrs\\_2018\\_marquardt\\_001.pdf](https://www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/2018/nrs_2018_marquardt_001.pdf)
- McDowell, N., Pockman, W.T., Allen, C.D., Breshears, D.D., Cobb, N., Kolb, T., & Enrico, A. (2008). Mechanisms of plant survival and mortality during drought: Why do some plants survive while others succumb to drought? *New Phytol*, 178, 719-739. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2008.02436.x>
- Meshkova, V.L., & Bajdyk, G.V. (2017). Perspective issues of research on forest entomology (in the wake of IUFRO congress to its 125th anniversary). *The Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Series «Phytopathology and Entomology»*, 1-2. Retrieved from [https://knau.kharkov.ua/uploads/visn\\_ento\\_fito/2017/17.pdf](https://knau.kharkov.ua/uploads/visn_ento_fito/2017/17.pdf)
- Natalini, F., Correia, A.C., Vázquez-Piqué J., & Alejano R. (2015). Tree rings reflect growth adjustments and enhanced synchrony among sites in Iberian stone pine (*Pinus pinea* L.) under climatechange. *Annals of Forest Science*, 72, 1023-1033. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s13595-015-0521-6>
- Nolan, R.H., Drew, D.M., O'Grady, A.P., Pinkard, E.A., Paul, K., Roxburgh, S.H., ... Ramp, D. (2018). Safeguarding reforestation efforts against changes in climate and disturbance regimes. *Forest Ecology and Management*, 424, 458-467. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112718304146>
- Olivar J., Rathgeber, C., & Bravot, F. (2015). Climate change, tree-ring width and wood density of pines in Mediterranean environments – Climate, radial growth, and wood International Association of Wood Anatomists. *IAWA Journal*, 36(3), 257-269. <https://doi.org/10.1163/22941932-20150098>
- Vitas, A. (2004). Dendroclimatological research of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Baltic coastal zone of Lithuania. *Baltic Forestry*, 10(1), 65-71. Retrieved from [https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF\\_Articles/2004-10\[1\]/65\\_71%20Adomas%20Vitas.pdf](https://www.balticforestry.mi.lt/bf/PDF_Articles/2004-10[1]/65_71%20Adomas%20Vitas.pdf)
- Wigley, T.M. L., Briffa, K.R., & Jones, P.D. (1984). On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydro-meteorology. *Journal of Climatology and Applied Meteorology*, 23(2), 201-213. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/26181323?seq=1>

### **Climatic signal in the regional tree-ring chronology of *Pinus sylvestris* L. in the Left-Bank Forest-Steppe**

I. Koval<sup>1</sup>

Knowledge of stands response to past environmental conditions can help predict how forests may respond to future climates. The climate influence on the radial growth of *Pinus sylvestris* L. in the stands of the Left-Bank Forest-Steppe, which grow which grow the *weak sod-podzolic soils* has been studied. Standard dendrochronological methods are used. A regional tree-ring chronology of Scots pine has been created, which consists of 80 individual tree-ring series and is based on 6 local tree-ring chronologies, which contain 5424 layers of annual wood. Based on this series, the RESIDUAL index series was developed, from which the age trend was removed, which made it suitable for further in-depth dendroclimatic analysis. The reference years of minimal growth (1936, 1942, 1954, 1975, 1979, 2000, 2005, 2009 and 2012) were revealed, during which the width of the annual wood layers was lower than the corresponding values of the previous year by 20-46%. Radial growth during these years was limited by precipitation, high temperatures of the growing season, extreme winter and early spring temperatures. The years of maximum growth (1935, 1943, 1953, 1988, 2004, 2011 and 2014) were characterized by a favorable ratio of temperature and moisture. Until 1979 during the minimum pointer years, radial growth was limited mainly by low temperatures and droughts, but after 1979 – only droughts and warm winters. Using the RESPONSE program with correlation and regression analyzes between the radial tree growth of Scots pine and climatic factors revealed that in the

<sup>1</sup> Iryna Koval – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Ph.D. in Agricultural Sciences, senior researcher of Laboratory of Forest Ecology. Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration after G.M. Vysotsky, 86, Pushkinska str., Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +38-057-707-80-01, +38-063-28-21-995. E-mail: Koval\_Iryna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

second period (1989-2017) compared to the first (1960-1988) the negative impact of temperatures and the positive impact of precipitation during April-August on the radial growth. In the first period, the positive effect of precipitation during the growing season lasted a shorter period – only June-July. In the second period, the temperatures of June-December of the previous year had a stronger effect on the radial growth of the current year in contrast to precipitation, the impact of which, on the contrary, decreased.

Thus, the radial tree growth of Scots pine developed for the Forest-Steppe is suitable for further dendroclimatic analysis. The pointer years of minimal growth were revealed, which were characterized by a deficit of moisture during the growing season and extreme summer, winter and early spring temperatures. The years of maximum growth were characterized by a favorable ratio of heat and moisture.

A comparison of the response of radial growth of Scots pine to climate variation during 1960-1988 and 1989-2017 revealed an increase in the trees sensitivity to climate change. An increase in the significant correlations the radial tree growth of Scots pine and climatic factors in the second period compared to the first, indicating a weakening of pine stands and a possible some deterioration in radial growth in the coming years. However, given the plasticity of Scots pine and its adaptation to climate change at the present stage, we can recommend planting Scots pine in the stands of the Left Bank Forest-Steppe.

**Key words:** climate change; the radial tree growth of Scots pine; pointer years; sensitivity of trees; RESPONSE program; correlation and regression analyzes.

### Климатический сигнал в региональной древесно-кольцевой хронологии *Pinus sylvestris* L. для Левобережной Лесостепи

И. М. Коваль<sup>1</sup>

Знание реакции древостоев на прошлые условия природной среды может помочь предсказать, как леса могут реагировать на будущий климат. Изучено влияние климата на радиальный рост *Pinus sylvestris* L. в насаждениях Левобережной Лесостепи, произрастающих на слабых дерново-подзолистых почвах. Использованы стандартные дендрохронологические методы. Была создана региональная хронология годовых колец сосны обыкновенной, которая состоит из 80 индивидуальных древесно-кольцевых серий годовых колец и

основана на шести местных хронологиях, содержащих 5424 слоя годовой древесины. На основе этого ряда построен ряд индекса RESIDUAL, из которого был удален возрастной тренд, что сделало его пригодным для дальнейшего углубленного дендроклиматического анализа. Выявлены опорные годы минимального прироста (1936, 1942, 1954, 1975, 1979, 2000, 2005, 2009 и 2012), в течение которых ширина годовых слоев древесины была ниже соответствующих значений предыдущего года на 20-46%. Радиальный прирост в эти годы был ограничен осадками, высокими температурами вегетационного периода, экстремальными зимними и ранними весенними температурами. Годы максимального прироста (1935, 1943, 1953, 1988, 2004, 2011 и 2014) характеризовались благоприятным соотношением температуры и влажности. До 1979 г., в годы минимальных реперных лет, радиальный прирост ограничивался, в основном, низкими температурами и засухой, а после 1979 г. – только засухой и теплой зимой. С помощью программы RESPONSE с использованием корреляционного и регрессионного анализов между радиальным приростом сосны и климатическими факторами установлено, что во втором периоде (1989-2017 гг.), по сравнению с первым (1960-1988 гг.), было отрицательное влияние температур и положительное влияние осадков в течение апреля-августа на радиальный прирост. В первом периоде положительный эффект осадков на протяжении вегетационного периода длился более короткий период – только июнь-июль. Во втором периоде температуры июня-декабря прошлого года сильнее повлияли на радиальный рост текущего года в отличие от осадков, влияние которых, наоборот, уменьшилось.

Региональная древесно-кольцевая хронология сосны, созданная для Левобережной Лесостепи, пригодна для дальнейшего дендроклиматического анализа. Выявлены реперные годы минимального роста, которые характеризовались дефицитом влаги в вегетационный период и экстремальными летними, зимними и ранневесенними температурами. Годы максимального прироста характеризовались благоприятным соотношением тепла и влаги. При сравнении реакции радиального роста сосны обыкновенной на изменение климата в период 1960-1988 и 1989-2017 гг. установлено повышение чувствительности деревьев к изменению климата. Это проявилось в увеличении значимых связей между радиальным приростом сосны и климатическими факторами во втором периоде по сравнению с первым, что свидетельствует об ослаблении насаждений и о возможном некотором ухудшении радиального прироста в ближайшие годы. Однако, учитывая пластичность сосны и ее адаптацию к изменениям климата на нынешнем этапе, можем рекомендовать ее использование в древостоях Левобережной Лесостепи.

**Ключевые слова:** изменение климата; радиальный прирост сосны обыкновенной; реперные годы; чувствительность деревьев; программа RESPONSE; корреляционный и регрессионный анализы.

<sup>1</sup> Коваль Ирина Михайловна – член-корреспондент Лесной академии наук Украины, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий сотрудник лаборатории экологии леса. Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, Харьков, 61024, Украина. Тел: +38-057-707-80-45, +38-063-28-21-995. E-mail: Koval\_Iryna@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

## 7. ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА МЕНЕДЖМЕНТ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412118>  
Article received 2020.10.22  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Vysotska Natalia  
[vysotska@uriffm.org.ua](mailto:vysotska@uriffm.org.ua)

Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine

УДК 303.211: 330.357

### Екосистемні послуги полежахисних лісових смуг як основа компенсаційних механізмів їхнього створення та утримання

Н. Ю. Висоцька<sup>1</sup>, А. О. Калашніков<sup>2</sup>, С. В. Сидоренко<sup>3</sup>, С. Г. Сидоренко<sup>4</sup>, В. А. Юрченко<sup>5</sup>

*Досліджено основні переваги та проблеми екосистемних послуг, які надають полежахисні лісові смуги (ПЛС). Здійснено економічну оцінку екосистемних функцій ПЛС за двома групами послуг: забезпечення; регулювання та обслуговування.*

*За попередньою еколого-економічною оцінкою, в Україні вартість корисних функцій, які надають ПЛС, становить 39,8 млрд грн/рік. Частка послуг забезпечення становить 0,3%, послуг регулювання та обслуговування – 99,7%. Встановлено, що вартість матеріальних ресурсів ПЛС становить близько 117,3 млн грн/рік. За умови впровадження сучасних економічно-рентабельних практик створення ПЛС, вартість матеріальних ресурсів потенційно можна збільшити на 60-70%.*

*Вартість кисню, що виділяють ПЛС, оцінена за гуртовими цінами і становить 16,7 млрд грн/рік. Внаслідок впливу ПЛС, збільшення вартості сільськогосподарської продукції щорічно становить близько 17,3 млрд грн/рік.*

<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» інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: +0577078059. E-mail: [vysotska\\_n@ukr.net](mailto:vysotska_n@ukr.net), [vysotska@uriffm.org.ua](mailto:vysotska@uriffm.org.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> Калашніков Андрій Олегович – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник лабораторії економіки Українського ордена «Знак Пошани» інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: +0577078080. E-mail: [kalashnickov@uriffm.org.ua](mailto:kalashnickov@uriffm.org.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6766-7174>

<sup>3</sup> Сидоренко Світлана Вікторівна – молодший науковий співробітник лабораторії лісових культур та агролісомеліорації Українського ордена «Знак Пошани» інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: 096-039-92-16. E-mail: [svit23sydorenko@gmail.com](mailto:svit23sydorenko@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1426-7614>

<sup>4</sup> Сидоренко Сергій Григорович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник лабораторії екології Українського ордена «Знак Пошани» інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. Тел.: 099-223-29-08. E-mail: [serhii88sido@gmail.com](mailto:serhii88sido@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-0067>

<sup>5</sup> Юрченко Вадим Анатолійович – директор ДП «Луганська агролісомеліоративна науково-дослідна лісова станція». Тел.: 095-420-79-39. E-mail: [loggerua@gmail.com](mailto:loggerua@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8884-1052>



*Компенсаційні механізми запровадження заходів зі створення та утримання полезахисних лісових смуг можуть містити прямі державні виплати та податкові стимули, а також прямі приватні виплати. Схеми оплати таких заходів можуть містити компенсацію вартості поглинутого вуглекислого газу, зниження податкового навантаження, пільгове кредитування проєктів створення та реконструкції ПЛС, які охоплюють використання рослин-медоносів або лікарських рослин, відшкодування вартості садивного матеріалу тощо.*

**Ключові слова:** плата за екосистемні послуги; агролісомеліоративні практики; захисні лінійні насадження.

**Вступ.** За результатами численних досліджень, упродовж останнього десятиліття виявлено потенціал агролісомеліорації для збільшення або підтримання продуктивності системи захисту природних ресурсів і надання екологічних послуг (Петрович, 2014; Xie, Wang, & Yu, 2018; Kulshreshtha, Ahmad, Belcher, & Rudd, 2018; Chu, Zhan, Li, Zhang, & Qi, 2019). Полезахисні лісові смуги є основною категорією агролісомеліоративних практик як в Україні (Коптев, Лищенко, 1989; Фурдичко, Стадник, 2008; Юхновський, Гладун, 2015; Сидоренко, Чорнявська, 2017; Висоцька, С. В. Сидоренко, С. Г. Сидоренко, 2018), так і в різних країнах світу (Brandle, Hodges, & Zhou, 2004; Burgess, & Rosati, 2018; Mosquera-Losada et al., 2018). Захисні лінійні насадження впродовж століть впливали на зміни умов навколишнього природного середовища в агроекосистемах, забезпечували численні економічні, соціальні та екологічні переваги (Jose, 2009; Г. Б. Гладун, Ю. Г. Гладун, Юхновський, 2013).

У міжнародних практиках полезахисні лісові смуги (ПЛС) розглядають як лінійні насадження дерев і чагарників, які є важливими компонентами стійких систем землеробства та можуть виконувати низку екосистемних послуг (Rempel, Kulshreshtha, Amichev, & VanRees, 2017; Chu, Zhan, Li, Zhang, & Qi, 2019). Відповідно до Загальної міжнародної класифікації екосистемних послуг (англ. *Common International Classification of Ecosystem Services*, CICES 4.3) (Haines-Young, & Potschin, 2018), ПЛС притаманні екосистемні функції забезпечення, регулювання та обслуговування, а також культурні функції.

Однією із найважливіших екосистемних послуг ПЛС є захист сільськогосподарських земель від несприятливих природних чинників. Крім того, вони беруть участь у біогеохімічних циклах, зокрема, поглинають і утримують вуглець, виділяють кисень (Amichev, Laroque, & Van Rees, 2020), утворюють середовище для існування, захищають ґрунти від ерозії (Jiang et al., 2020), сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, охоплюючи запилення (Losey & Mace, 2006; Bentrup, Norwood, Adamson, & Vaughan, 2019), сприяють покращенню якості води та збереженню біорізноманіття, регулюють водостік, виробляють продукти харчування, нагромаджують енергію в біомасі, а також є джерелом природної та соціокультурної інформації (Lasco, Delfino, Catacutan, Simelton, & Wilson, 2014; Quintas-Soriano et al., 2016). Роль ПЛС у системах інтенсивного землеробства недооцінюють, внаслідок чого ефективність їхнього використання суттєво зменшується (Петрович, 2014; Висо-

цька, С. В. Сидоренко, С. Г. Сидоренко, 2018). Видалення ПЛС через поступове погіршення їхнього санітарного стану, відсутність фінансування або стимулів для їхньої заміни зменшує здатність агролісомеліоративних систем надавати екологічні послуги.

Ідентифікація та оцінювання послуг екосистем, а, відповідно, і формування економічного та інституційного механізмів плати за ці послуги є надзвичайно важливими аспектами (Соловій, 2016). Упродовж останнього десятиліття наукові підходи до формування економічного механізму природокористування, зокрема фінансування збереження біорізноманіття, системно змінюються. Механізм формування ринків екосистемних послуг є одним із сучасних інноваційних науково-методичних підходів, сутність якого полягає у створенні нових ринків, які б перерозподіляли фінансові потоки на користь організацій і підприємств, які зберігають екосистеми та біорізноманіття (Мишенін, Олійник, 2020).

На сьогодні обгрунтована економічна оцінка екосистемних послуг, які надають ПЛС, є важливою складовою частиною формування національної екологічної політики та природоохоронного законодавства. За умови ефективного впровадження механізмів компенсації вартості таких послуг буде забезпечено ефективне відновлення та управління полезахисними лісовими смугами, що є важливим інструментом для подолання негативних наслідків впливу зміни клімату. Отже, дані з оцінювання екосистемних послуг, які надають ПЛС, є *важливими та актуальними* для розроблення компенсаційних механізмів запровадження фінансового стимулювання заходів з їхнього створення та утримання.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт дослідження* – екосистемні послуги, які надають полезахисні лісові смуги. *Предмет дослідження* – екосистемні функції полезахисних лісових смуг та механізми запровадження фінансового стимулювання заходів з їхнього створення та утримання.

*Мета досліджень* – визначити механізм розрахунку вартості екосистемних послуг, які надають ПЛС, та сформулювати пропозиції стосовно схем оплати для компенсації заходів з їхнього створення та утримання.

Дослідження проводили із застосуванням методів аналізу, синтезу та екстраполяції на основі інформації, отриманої зі статистичних і літературних джерел. Основну увагу зосереджено на систематичному огляді цінностей екосистемних послуг, який потребує стандартизованого протоколу для включення оціночних досліджень. Для ілюстрації механізму розрахунку та схем оплати здійснено пошук

досліджень з оцінювання екосистемних послуг у різних країнах світу. Існує значний обсяг інформації з оцінювання екосистемних послуг, водночас кількість досліджень, які можуть бути використані для ефективного формування вартості таких послуг у системі агролісомеліорації, є обмеженою.

Відповідно до сучасної класифікації CICES (Haines-Young, & Potschin, 2018) здійснено економічну оцінку екосистемних функцій полезахисних лісових смуг за двома групами послуг: забезпечення; регулювання та обслуговування.

*Послуги забезпечення* кількісно оцінено із застосуванням методу прямого ринкового оцінювання шляхом екстраполяції вартості матеріальних ресурсів полезахисних лісових смуг на основі відповідних показників заготівлі у лісах за даними Державної служби статистики України. За послугами забезпечення виділено такі матеріальні ресурси, які надають полезахисні лісові смуги: комерційна деревина, паливна деревина, біомаса, горіхи, мед, плоди, гриби, ягоди, лікарські рослини, деревні соки, кора.

*Послуги регулювання та обслуговування, які надають ПЛС*, охоплюють регулювання клімату шляхом поглинання вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ) та виділення кисню ( $\text{O}_2$ ), протиерозійні функції, приріст урожайності, послуги запилення. Розрахунки стосовно визначення обсягів виділення кисню зроблено на основі рівняння фотосинтезу:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ . Враховано, що на одиницю поглинутого  $\text{CO}_2$  виділяється еквівалентна кількість кисню ( $\text{O}_2$ ). Перерахунок здійснено, зважаючи на молярні маси вуглекислого газу (44) та кисню (32). Відповідно, співвідношення між кількістю поглинутого вуглекислого газу та виділеного кисню становить 1,375. Обсяги поглинання парникових газів України оцінено за даними «Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів» (Ukraine's greenhouse..., 2020).

Середньозважені можливі втрати ґрунту від вітрової ерозії визначено за схемою: потенційно можливі втрати; потенційні втрати від застосування ґрунтозахисних технологій; за наявності ПЛС та без застосування ґрунтозахисних технологій; за наявності лісосмуг із застосуванням ґрунтозахисних технологій; за оптимальної полезахисної лісистості (2-2,5%) із застосуванням ґрунтозахисних технологій (Можейко, 1993).

За результатами аналізу методології формування вартості екосистемних послуг, які надають полезахисні лісові смуги, визначення їхніх кількісних показників, запропоновано компенсаційні механізми запровадження фінансового стимулювання заходів щодо їхнього створення та утримання.

**Результати та обговорення.** *Визначення економічної цінності екосистемних послуг, які надають полезахисні лісові смуги.* На сьогодні економічний потенціал полезахисних лісових смуг в агропромисловому комплексі України не враховують. З моменту становлення полезахисного лісорозведення,

в лісових смугах сформувалася особлива екосистема, яка, поряд з виконанням основних функцій зі захисту сільськогосподарських культур від несприятливих природних явищ та підвищення їхньої врожайності, також надавала й інші екосистемні послуги, які досі не подано у матеріальному та/або грошовому виразі. Це, з одного боку, зумовлено відсутністю єдиного підходу до визначення їхньої сутності, змісту та методичного інструментарію економічної оцінки, з іншого – складністю подання їх у грошовому еквіваленті.

Існують різні підходи до оцінювання екосистемних послуг (Quintas-Soriano et al., 2016; Soloviy, 2016). Вони можуть базуватися на ринкових кошторисах, кошторисах на основі витрат або заявлених і виявлених оцінках переваг, охоплюють як традиційні, так й інноваційні підходи. Більшість оцінок екосистемних послуг базуються на простому перерахуванні одиничної вартості. Розрахунок загальної вартості потребує великих баз даних з прив'язкою до картографічних матеріалів, що фіксують значення екосистемних послуг (Vackar, Grammatikopoulou, Danek, & Logencova, 2018).

*Екосистемні послуги забезпечення, які надають полезахисні лісові смуги.* В Україні існує близько 440 тис. га полезахисних лісових смуг, які захищають майже 13 млн га орних земель. Оскільки впродовж останніх десятиліть стан полезахисних лісових смуг постійно погіршувався, наразі неможливо визначити їхню реальну кількість (Висоцька, Зубов, Зубова, Фомін, 2019). Базуючись на наявних даних, здійснено розрахунок орієнтовної вартості матеріальних ресурсів полезахисних лісових смуг (табл. 1).

На сьогодні більшість ПЛС перебувають на останній стадії їхнього розвитку. Прогнозовано, що їхній стан стрімко погіршуватиметься і об'єктивно збільшуватимуться обсяги лісогосподарських заходів з реконструкції насаджень. Відповідно, на ринку деревини збільшиться обсяг дров'яної продукції. Потенційна вартість такої продукції становить 78,7 млн грн, водночас відсутність точної інформації щодо сучасного стану ПЛС свідчить про доцільність перегляду підходів до оцінювання зазначеного показника. Деревну ламань, викорчувані пні, біомасу, отриману внаслідок розчищення захарашеності та ліквідації небажаної чагарникової рослинності для підтримання оптимальної конструкції ПЛС, а також біомасу, отриману на спеціально створених ПЛС зі швидкорослих деревних видів за відповідними для захисту полів конструкціями, доцільно використовувати для виробництва твердого біопалива.

Найбільший дохід від побічного користування ПЛС може надавати заготівля меду – 16,9 млн грн/рік. Так, за умови дотримання практики створення полезахисних лісових смуг з медоносів потенційно можна отримувати понад 100 кг меду з гектара. Особливе значення в цьому вимірі мають пізньолітні медоноси – гледичія, софора, а також ранньовесняні – клени і верби. Ранньовесняні ме-

доноси у ПЛС у південно-степових районах можуть забезпечити родини бджіл необхідними запасами меду на цілий рік. Отже, вартість меду, заготовленого лише у ПЛС, у масштабах країни може становити понад 4,5 млрд грн за закупівельними цінами. Доцільно зазначити, що у районах інтенсивного землеробства, розташованих у степовій і лісо-

степовій зонах країни, культури на землях сільськогосподарського призначення, зокрема ПЛС, є найголовнішим і здебільшого – єдиним джерелом медозбору. Важливим напрямом співпраці аграріїв і бджолярів може стати європейський досвід укладання договору про строки перебування бджіл на певній культурі та вартість послуг пасічників.

Таблиця 1

**Структура екосистемних послуг забезпечення, які можуть надавати полезахисні лісові смуги та потенційна щорічна вартість їхніх матеріальних ресурсів на 2019 рік**

Вид ресурсу	Структура	Функція	Вигода	Потенційна вартість, млн грн
Паливна деревина	Насадження, в яких проводять рубки догляду і санітарні рубки	Сировина, отримана внаслідок ведення господарства	Реалізація паливної деревини	78,7
Біомаса	Насадження, в яких проводять рубки догляду і санітарні рубки, біоенергетичні плантації, створені за відповідними для полезахисних лісових смуг схемами садіння	Річний приріст біомаси, деревна ламань, пеньки	Отримання енергії	3,3
Дикорослі плоди та ягоди	Осередки плодкових та ягідних рослин, які ростуть у полезахисних лісових смугах	Середній річний урожай (кг/га)	Реалізація плодів і ягід у сирому та переробленому вигляді	10,2
Гриби	Осередки грибів, які ростуть у полезахисних лісових смугах	Середній річний урожай (кг/га)	Реалізація грибів у сирому та переробленому вигляді	3,2
Лікарські рослини	Осередки лікарських рослин, які ростуть у полезахисних лісових смугах	Середній річний урожай (кг/га)	Реалізація сировини лікарських рослин	0,2
Деревні соки	Полезахисні лісові смуги, в яких росте береза та клен	Середній річний урожай (л/га)	Реалізація деревних соків	0,4
Волоський горіх та фундук	Полезахисні лісові смуги, в яких ростуть горіх волоський і фундук	Середній річний урожай (кг/га)	Реалізація горіхів	4,4
Мед	Полезахисні лісові смуги, в яких ростуть медоноси	Середній річний урожай (кг/га)	Реалізація меду	16,9
Разом				117,3

*Примітка.* У поданому матеріалі частково використано дані І. П. Соловій (2016) та Державної служби статистики України станом на 31.12.2019 (дані екстрапольовано відповідно до частки площ ПЛС і частки площ лісів України)

Інша другорядна та побічна продукція ресурсів ПЛС (дикорослі плоди та ягоди, гриби, лікарські рослини тощо) у сучасних умовах потенційно забезпечує надходження коштів у сумі близько 18,4 млн грн/рік. Ефективним видом діяльності для власників ПЛС може стати заготівля і перероблення лікарської рослинної сировини, а також культивування горіхоплідних культур. Зокрема, вирощування лікарських рослин не потребує великих площ, натомість вимагає чималих затрат ручної праці, що є особливо актуальним для зайнятості сільськогосподарського населення.

Сумарна вартість основних матеріальних ресурсів ПЛС в Україні становить близько 117,3 млн

грн/рік. За умови впровадження сучасних економічно-рентабельних практик створення ПЛС, вартість матеріальних ресурсів потенційно можна збільшити на 60-70 %.

*Послуги регулювання та обслуговування, які надають полезахисні лісові смуги.* Серед найпоширеніших на міжнародному рівні ринків послуг екосистем вуглецевий ринок є найприйнятнішим для застосування до полезахисних лісових смуг. Вартість кисню, що виділяють полезахисні лісові смуги України, може бути оцінена за гуртовими цінами на кисень від промислових виробників. У західних областях (зокрема Львівська обл.) вартість 1 м<sup>3</sup> кисню становить у середньому 20 грн, у схід-



них (Харківська область) – 7,5 гривень. Якщо прийняти вартість 1 м<sup>3</sup> кисню, що виділяють полежахисні лісові смуги, у середньому 10 грн, то в грошовому еквіваленті річний обсяг кисню, виділеного ПЛС України, становитиме близько 16,7 млрд грн/рік.

В Україні меліоративно-екологічна напруженість за вітровою ерозією є надзвичайно високою і сягає 80% у Степу, 34% – у Лісостепу і 24% – у Поліссі. Також високі показники відзначено за водною ерозією (Стадник, 2008). За даними FAO, щороку через ерозію втрачається майже 300-600 млн т ґрунту. Такі втрати можна оцінити майже в 5 млрд доларів США у перерахунку на поживні речовини. Із продуктами ерозії виноситься до 10-15 млн т гумусу, 0,3-0,9 млн т азоту, 700-900 тис. т фосфору, 6-12 млн т калію (Богіра, 2020). Орієнтовна вартість меліоративних заходів з відновлення ділянки площею 1 га, яка зазнала впливу процесів деградації, становить близько 175 тис. грн (розрахунки базувались на нормах внесення органічних і мінеральних добрив (Пліско, Бігун, 2012) та ринкової вартості цих добрив).

Відповідно до методики розрахунку можливих втрат ґрунту від вітрової ерозії (Можейко, 1993), потенційно втрати ґрунту становлять в середньому близько 350 т/га за рік. Цей показник за полежахисної лісистості території на рівні 2-2,5% зменшується в 26 разів. Оскільки площа ріллі в Україні становить 32,5 млн га, без меліоративного впливу захисних насаджень потенційний обсяг можливих збитків від деградації ґрунтів може сягати 5,7 млрд грн/рік.

Економічна оцінка впливу захисних лісових насаджень враховує величину приросту урожаю з полів, які захищені цими насадженнями. Вона визначається як різниця між вартістю урожаю, отриманого з площі полів, захищених і незахищених лісовими насадженнями. Так, внаслідок впливу ПЛС збільшення вартості сільськогосподарської продук-

ції щорічно становить близько 17,3 млрд грн/рік (табл. 2).

Отже, за попередньою еколого-економічною оцінкою вартість екосистемних послуг, які надають ПЛС, становить 39,8 млрд грн на рік (1,4 млрд доларів США). Зокрема за категоріями (рис. 1) згідно з міжнародною класифікацією екосистемних послуг (CICES) версії 4.3:

- екологічні послуги забезпечення – 0,3%, 0,12 млрд грн (4,2 млн доларів США);
- екологічні послуги регулювання та обслуговування – 99,7%, 39,7 млрд грн (1,4 млрд доларів США); зокрема виділення кисню полежахисними лісовими насадженнями становить 16,7, контроль за ерозією – 5,7, добавка врожаю від впливу захисних насаджень – 17,3 млрд грн.

*Компенсаційні механізми запровадження заходів зі створення та утримання полежахисних лісових смуг.* У схемах плати за екосистемні послуги взаємодіють два суб'єкти – «споживач» (той, хто платить за отримання послуги) та «постачальник» (той, хто послугу надає) (рис. 2).

Компенсаційні механізми плати за послуги екосистем різняться залежно від їхнього екологічного, соціального або політичного значення (Соловій, 2016). Стосовно полежахисних лісових смуг доцільно виділити такі підходи: прямі державні виплати, прямі приватні виплати, податкові стимули. На практиці немає механізму отримання як лісовласниками, так і власниками ПЛС, компенсацій за ті послуги, які надають суспільству такі насадження. Відтак, під час використання землі та ведення господарської діяльності екосистемні послуги не враховують у процесі прийняття управлінських рішень. Запровадження на законодавчому рівні механізму розрахунку екосистемних послуг із наступною грошовою компенсацією сприяло б збереженню та відновленню екосистем, а також збільшенню обсягів екосистемних послуг.

Таблиця 2

**Економічна оцінка впливу захисних насаджень на урожайність сільськогосподарських культур<sup>1</sup>**

Культура	Обсяг виробництва основних с.-г. культур, тис. ц	Середні ціни с.-г. продукції, реалізованої підприємствами, грн за тону	Вартість с.-г. продукції, млрд грн	Вартість сільськогосподарської продукції з урахуванням площ с.-г. угідь, що захищені полежахисними смугами, млрд грн	Потенційне збільшення вартості с.-г. продукції завдяки полежахисним смугам, млрд грн
Зернові та зернобобові	751432,0	3867,5	290,6	299,3	
Соняшник	152541,2	8321,2	126,9	130,7	
Буряк цукровий	102045,3	753,7	7,7	7,9	17,3
Картопля	202691,9	5474,7	111,0	114,3	
Овочеві культури	96875,5	4497,0	43,6	44,9	
Разом	–	–	579,8	597,1	

<sup>1</sup> За даними Державної служби статистики України на 31.12.2019

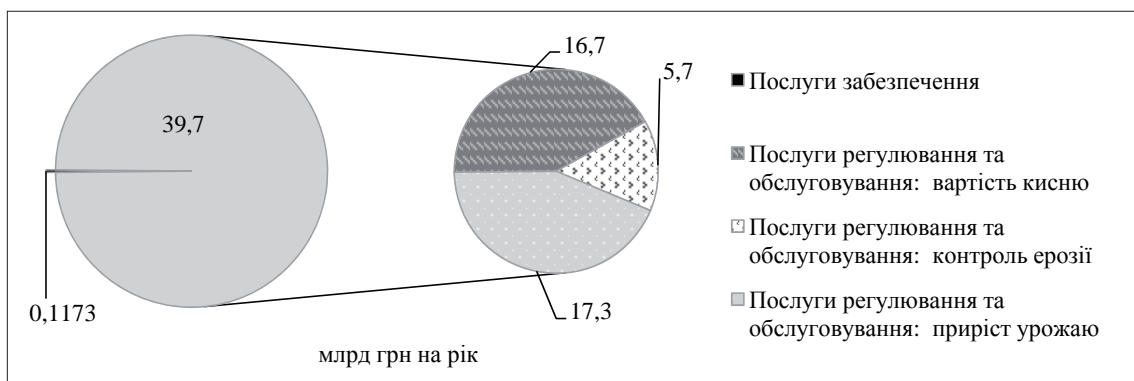


Рис. 1. Еколого-економічна оцінка вартості екосистемних послуг, які надають ПЛС



Рис. 2. Механізм плати за екосистемні послуги

*Пропозиції щодо схем оплати для компенсації послуг, які надають полезахисні лісові смуги:*

1. Забезпечення компенсації вартості поглинутого вуглекислого газу ПЛС.
2. Зниження податкового навантаження за користування землями, зайнятими ПЛС.
3. Запровадження програм пільгового кредитування проектів створення та реконструкції ПЛС, які охоплюють використання рослин-медоносів або лікарських рослин.
4. Програми фінансування робіт зі створення ПЛС, зокрема відшкодування вартості садивного матеріалу. На сьогодні Програмою підтримки сільськогосподарських виробників компенсація вартості садивного матеріалу відбувається тільки за наявності сертифікату, що засвідчує товарні якості садивного матеріалу, для ввезеного на митну територію України – фітосанітарний сертифікат та сертифікат країни-експортера. Як виняток, можна запропонувати компенсацію створення горіхових садів з насінного матеріалу, який не є сортовим, оскільки в країні є дефіцит сортового матеріалу горіха волоського. Важливо також забезпечити компенсацію вартості садивного матеріалу дерев і кущів-медоносів,

які забезпечують послуги щодо запилення, оскільки втрата таких послуг може поставити під загрозу продовольче забезпечення населення.

5. Компенсаційний механізм запровадження ґрунтозахисних заходів. Для забезпечення існування програми платежів за екосистемні послуги необхідні надійні джерела фінансування, особливо у разі довготермінових і гнучких платежів, що стимулюватимуть користувачів до підтримки екологічних послуг. До можливих джерел надходження коштів доцільно віднести: а) державні агроекологічні програми, які будуть скеровані на пом'якшення негативних екологічних наслідків інтенсивного ведення сільського господарства шляхом надання фермерам фінансових стимулів для впровадження екологічно безпечних методів ведення сільського господарства; б) кошти місцевих бюджетів; в) вітчизняні та міжнародні гранти і проекти; г) кошти, отримані від відшкодування втрат сільського та лісового господарства; д) частка ресурсів, отриманих за рахунок екологічного податку, зокрема на забезпечення компенсації вартості поглинутого вуглекислого газу лісосмугами; е) інші альтернативні джерела фінансування.

**Висновки.** Обґрунтована економічна оцінка екосистемних послуг, які надають ПЛС, є важливою складовою частиною формування національної екологічної політики та природоохоронного законодавства. Особливої важливості набуває саме оцінка отримуваних вигід з погляду економічної цінності ПЛС, оскільки недооцінення вартості природних ресурсів і послуг загалом є однією із причин деградації екосистем. Створення, підтримання у належному стані та експлуатація полезахисних лісових смуг здатні сприяти отриманню економічних, екологічних та соціальних вигід, зокрема: отримання доходів від реалізації продукції полезахисних смуг; збереження врожаїв та збільшення доходів від реалізації сільськогосподарської продукції; поглинання двоокису вуглецю та виділення кисню; захисту ґрунтів від вітрової ерозії; працевлаштування сільського населення.

В Україні за попередньою оцінкою орієнтовна вартість екосистемних послуг, які надають ПЛС,

становить близько 39,8 млрд грн/рік. Найвагомішу частку становлять послуги регулювання та обслуговування – 99,7%. Так, вартість кисню, що виділяють ПЛС, становить 16,7 млрд грн на рік, меліоративний вплив щодо захисту ґрунтів від деградації забезпечує близько 5,7 млрд грн/рік, збільшення вартості сільськогосподарської продукції становить 17,3 млрд грн/рік. Вартість матеріальних ресурсів ПЛС становить близько 117,3 млн грн/рік (0,3%).

За умови впровадження сучасних економічно-рентабельних практик створення ПЛС, вартість матеріальних ресурсів потенційно можна збільшити на 60-70%.

Плата за екосистемні послуги, які надають ПЛС, є одним із дієвих механізмів не лише для посилення впровадження заходів щодо боротьби з опустелюванням та зміною клімату, але й для підтримання економічної стабільності регіонів. Плата за екосистемні послуги може стати тимчасовим заходом для стимулювання впровадження сучасних практик агролісомеліорації, які можуть забезпечувати додатковий економічний ефект.

### Список літератури

- Богіра М. (2020). Ведення землеробства з дотриманням екологічних нормативів як основа збереження земельних ресурсів в Україні. *Аграрна економіка*, 13(1-2), 39-44. [Bogira, M. (2020). Arable farming according to the environmental standards as a base for saving land resources in Ukraine Maintenance of agriculture with compliance with environmental regulations as a basis for conservation of land resources in Ukraine. *Agricultural Economy*, 13(1-2), 39-44] (in Ukrainian)
- Висоцька Н. Ю., Зубов О. Р., Зубова Л. Г., Фомін В. І. (2019). Стан захисних лісових смуг різного цільового призначення в Олешківському районі Херсонської області. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 135, 85-97. [Vysotska, N. Y., Zubov, O., Zubova, L., & Fomin, V. (2019). State of the protective forest belts of various purposes in the Oleshky district of Kherson Region. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 85-97. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.85>] (in Ukrainian)
- Висоцька Н. Ю., Сидоренко С. В., Сидоренко С. Г. (2018). Вплив рекреації на стан і структуру полезахисних лісових смуг. *Лісівництво і агролісомеліорація*, 132, 104-112. [Vysotska, N. Y., Sydorenko, S. V., & Sydorenko, S. H. (2018). Recreational influence on the condition and structure of forest shelter belts. *Forestry and forest melioration*, 132, 84-93. Retrieved from <http://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/article/view/12>](in Ukrainian)
- Гладун Г. Б., Гладун Ю. Г., Юхновський В. Ю. (2013). Оптимізація лісомеліоративного комплексу на адаптивно-ландшафтній основі. *Науковий вісник Національного ун-ту біоресурсів і природокорист. України*, 187 (2), 104-111. [Hladun, H. B., Hladun, Yu. H., & Yukhnovskii, V. Yu. (2013). Optimization of plantations of forest-melioration complex on adaptive-landscape basis. *Scientific Bulletin of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardenin*, 187(2), 104-111. Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnaau\\_lis\\_2013\\_187\\_2\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnaau_lis_2013_187_2_17)] (in Ukrainian)
- Коптев В. І., Лищенко А. А. (1989). *Полезахисне лісорозведення*. Київ: Урожай, 169 с. [Koptiev, V. I., & Lishenko, A. A. (1989). *Field-protective forestation*. Kyiv: Harvest] (in Ukrainian)
- Мішенін Є. В., Олійник Н. В. (2010). Розвиток ринку екосистемних послуг як напрямок посткризового зростання економіки України. *Механізм регулювання економіки*, 3(3), 104-116. [Mishenin, E. V., & Oliinyk, N. V. (2010). Development of the market of ecosystem services as a direction of post-crisis growth of the Ukrainian economy. *The mechanism of economic regulation*, 3(3), 104-116. Retrieved from <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/8081>] (in Ukrainian)
- Можейко Г. А. (1993). *Прогноз возможных потерь почвы от ветровой эрозии в степной зоне Украины: методические указания*. Харьков: ИПА УААН. 83 с. [Mozheiko, G. A. (1993). *Guidelines: Forecast of possible soil losses from wind erosion in the steppe zone of Ukraine*. Kharkiv: IPA UAAN] (in Russian)
- Петрович О. З. (2014). Полезахисні лісосмуги в контексті впровадження концепції екосистемних послуг. *Екосистеми, їх оптимізація і охорона*, 11, 42-29. [Petrovych, O. Z. (2014). Shelterbelts in the context of introducing the concept of ecosystem services. *Optimization and Protection of Ecosystems*, 11(30), 42-49. Retrieved from <https://cyberleninka.ru/article/n/polezahisni-lisosmugi-v-konteksti-vprovadzheniya-kontseptsiyi-ekosistemnih-poslug>] (in Ukrainian)
- Пліско І. В., Бігун О. М. (2012). Вартість рухомого гумусу у ґрунтах різного гранулометричного складу. *Науковий вісник Чернівецького ун-ту. Біологія (Біологічні системи)*, 4(1), 72-75. [Plisko, I. V., & Bigun, O. M. (2012). Cost of mobile humus in soils of different texture. *Scientific Herald of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*, 4(1), 72-75. Retrieved from [http://ibhb.chnu.edu.ua/uploads/files/vb/BS\\_T4\\_V1\\_2012/4\\_C\\_72-75\\_Plisko\\_Bigun.pdf](http://ibhb.chnu.edu.ua/uploads/files/vb/BS_T4_V1_2012/4_C_72-75_Plisko_Bigun.pdf)] (in Ukrainian)
- Сидоренко С. В., Чорнявська І. Р. (2017). Мікрокліматичні особливості приузлісного простору дубових полезахисних смуг. *Ефективне функціонування екологічностабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агро-екологічний, соціальний та економічний аспекти: матеріали II Всеукр. наук.-практ. конф., м. Полтава: ПДАА*, 32-34. [Sydorenko, S. V., & Chorniavska, I. R. (2017). Microclimatic features of the near-edge area of oak shelterbelts. Effective functioning of ecologically stable territories in the context of sustainable development strategy: agroecological, social and economic aspects. In *Materials II All-Ukrainian scientific-practical conference*, 32-33. Poltava, Ukraine: PDAA. Retrieved from <https://www.pdaa>.



- edu.ua/sites/default/files/node/1719/2zbirnykpdad281217.pdf] (in Ukrainian)
- Соловій І. (2016). *Оцінка послуг екосистем, забезпечуваних лісами України, та пропозиції щодо механізмів плати за послуги екосистем* [Soloviy, I. (2016). *Evaluation of forest ecosystem services provided by forests of Ukraine and proposals on PES mechanisms*. Retrieved from [http://sfmu.org.ua/files/Soloviy\\_2016b.pdf](http://sfmu.org.ua/files/Soloviy_2016b.pdf)] (in Ukrainian)
- Соловій І.П. (2016). Концепція плати за послуги екосистем: світовий досвід і перспективи її впровадження у лісовому секторі. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 14, 252-258. [Soloviy, I.P. (2016). Concept of payments for ecosystem services: global experiences and prospects of its implementation in forest sector. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 14, 252-258. <https://doi.org/10.15421/411634>] (in Ukrainian)
- Ставка податку за викиди двоокису вуглецю. Пункт 243.4 статті 243 ПКУ в редакції Законів № 4235-VI від 22.12.2011, № 5503-VI від 20.11.2012, № 1166-VII від 27.03.2014, № 909-VIII від 24.12.2015, № 1791-VIII від 20.12.2016, № 2245-VIII від 07.12.2017; із змінами, внесеними згідно із Законом № 2628-VIII від 23.11.2018 [Carbon dioxide emission tax rate. Paragraph 243.4 of Article 243 of the Tax Code of Ukraine as amended by Laws № 4235-VI of 22.12.2011, № 5503-VI of 20.11.2012, № 1166-VII of 27.03.2014, № 909-VIII of 24.12.2015, № 1791-VIII from 20.12.2016, № 2245-VIII from 07.12.2017; with changes made in accordance with the Law № 2628-VIII of 11/23/2018] (in Ukrainian)
- Стадник А.П. (2008). Ландшафтно-екологічна оптимізація систем захисних лісових насаджень України: автореф. дис. ... докт. с.-г. наук : 03.00.16. Ін-т агроекології. Київ, 46 с. [Stadnik, A.P. (2008). Landscape-ecological optimization of forest protective systems in Ukraine (Doctoral dissertation, Author's abstract, Institute of Agroecology, Kyiv, Ukraine). Retrieved from: <http://dx.ua/oj0p1>] (in Ukrainian)
- Фурдичко О.І., Стадник А.П. (2008). Лісові меліорації як основний фактор стабілізації степових екосистем. *Екологія та ноосферологія*, 19(3-4), 13-24. [Furdychko, O.I., & Stadnyk, A.P. (2008). Forest reclamation as a major factor in the stabilization of steppe ecosystems. *Ecology and Noospherology*, 19(3-4), 13-24] (in Ukrainian)
- Юхновський В.Ю., Гладун Г.Б. (2015). Законодавчо-правове забезпечення імплементації концепції агролісомеліорації в Україні. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 13, 32-37. [Yukhnovskii, V.Yu., & Hladun, H.B. (2015). Legislative framework of agroforestry concept implementation in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 13, 32-37. <https://doi.org/10.15421/411503>] (in Ukrainian)
- Amichev, B.Y., Laroque, C.P., & VanRees, K.C. (2020). Shelterbelt removals in Saskatchewan, Canada: implications for long-term carbon sequestration. *Agroforestry Systems*, 94, 1665–1680. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00484-8>
- Bentrop, G., Hopwood, J., Adamson, N.L., & Vaughan, M. (2019). Temperate agroforestry systems and insect pollinators: A review. *Forests*, 10(11), 981. <https://doi.org/10.3390/f10110981>
- Brandle, J.R., Hodges, L., & Zhou, X.H. (2004). Windbreaks in North American agricultural systems. In: Nair P.K.R., Rao M.R., Buck L.E. (Eds) *New Vistas in Agroforestry. Advances in Agroforestry*, 1. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-017-2424-1_5)
- Burgess, P.J., & Rosati, A. (2018). Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project. *Agroforestry systems*, 92(4), 801-810. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0261-3>
- Chu, X., Zhan, J., Li, Z., Zhang, F., & Qi, W. (2019). Assessment on forest carbon sequestration in the Three-North Shelterbelt Program region, China. *Journal of Cleaner Production*, 215, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.296>
- Haines-Young, R.H., & Potschin, M.B. (2018). Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure. *Fabis Consulting Ltd*. Retrieved from: <https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2018/01/Guidance-V51-01012018.pdf>
- Hector, A., & Bagchi, R. (2007). Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature*, 448(7150), 188-190. <https://doi.org/10.1038/nature05947>
- Jiang, C., Zhang, H., Zhao, L., Yang, Z., Wang, X., Yang, L., ... Wang, J. (2020). Unfolding the effectiveness of ecological restoration programs in combating land degradation: Achievements, causes, and implications. *Science of the Total Environment*, 748. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141552>
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems*, 76, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10457-009-9229-7>
- Kulshreshtha, S., Ahmad, R., Belcher, K., & Rudd, L. (2018). Economic–environmental impacts of shelterbelts in Saskatchewan, Canada. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 215, 277-286. <https://doi.org/10.2495/EID180251>
- Lasco, R.D., Delfino, R.J.P., Catacutan, D.C., Simelton, E.S. & Wilson, D.M. (2014). Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.013>
- Losey, J.E., & Vaughan, M. (2006). The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. *BioScience*, 56(4), 311-323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- Mosquera-Losada, M.R., Santiago-Freijanes, J.J., & Rois-Díaz, M., Moreno, G. den Herder, M., Aldrey-Vázquez, J.A., Ferreiro-Domínguez, N. ... Rigueiro-Rodríguez, A. (2018). Agroforestry in Europe: A land management policy tool to combat climate change.

- Land Use Policy, Elsevier, 78(C)*, 603-613. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.06.052>
- Nijnik, M., & Miller, D. (2017) Valuation of ecosystem services: paradox or Pandora's box for decision-makers? *One Ecosystem 2*, e14808. <https://doi.org/10.3897/oneeco.2.e14808>
- Peh, C. X., Liu, J, Bishop, G. D., Chan, H. Y., Chua, S. M., Kua, E. H., & Mahendran, R. (2017). Emotion regulation and emotional distress: The mediating role of hope on reappraisal and anxiety/depression in newly diagnosed cancer patients. *Psychooncology, 26(8)*, 1191-1197. <https://doi.org/10.1002/pon.4297>
- Quintas-Soriano, C., Martín-López, B., Santos-Martín, F., Loureiro, M., Montes, C., Benayas, J., & García-Llorente, M.(2016). Ecosystem services values in Spain: A meta-analysis. *Environmental Science & Policy, 55*, 186-195. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.10.001>
- Rempel, J. C., Kulshreshtha, S. N., Amichev, B. Y., & Van Rees, K. C. (2017). Costs and benefits of shelterbelts: a review of producers' perceptions and mind map analyses for Saskatchewan, Canada. *Canadian Journal of Soil Science, 97(3)*, 341-352. <https://doi.org/10.1139/cjss-2016-0100>
- Ukraine's greenhouse gas inventory 1990-2018* (2020). Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Kyiv: MEEP. Retrieved from [https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimaty/2020/Ukraine\\_NIR\\_2020%20draft.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/Ukraine_NIR_2020%20draft.pdf)
- Vackar, D., Grammatikopoulou, I., Danek, J., & Loren-cova, E. (2018). Methodological aspects of ecosystem service valuation at the national level. *One Ecosystem, 3*. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25508>
- Xie, H., Wang, G. G., & Yu. M. (2018). Ecosystem multifunctionality is highly related to the shelterbelt structure and plant species diversity in mixed shelterbelts of eastern China. *Global Ecology and Conservation, 16*. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00470>

### **Ecosystem services of shelterbelts as the basis of compensatory mechanisms of their creation and maintenance**

N. Vysotska<sup>1</sup>, A. Kalashnikov<sup>2</sup>, S. Sydorenko<sup>3</sup>, S. Sydorenko<sup>4</sup>, V. Yurchenko<sup>5</sup>

The article examines the key elements of ecosystem services provided by shelterbelts and problems of their assessment. The research conducted using methods of analysis, synthesis and extrapolation based on information obtained from statistical and literature sources (more than 40 studies have been analyzed). An economic assessment of the shelterbelts' ecosystem services was carried out for two groups

of services: provisioning services and regulating services. Provisioning services are quantitatively determined by the direct market assessment method by extrapolating the cost of shelterbelts material resources. These calculations were based on the corresponding indicators of forest logging according to the State Statistics Service of Ukraine (Ukrstat.org). Climate regulation was estimated on the basis of the photosynthesis equation  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ . A possible soil loss was determined under various scenarios using the methodological approaches proposed by Mozheiko. The economic assessment of the impact of shelterbelts takes into account the amount of yield increase from the fields that are protected by these plantations and is determined as the difference between the value of the harvest obtained from the protected arable land by shelterbelts and unprotected ones. According to a preliminary environmental and economic assessment, in Ukraine the cost of useful functions of the shelterbelt is 39.8 billion UAH/year. Provisioning services account for 0.3%, regulating services – 99.7%. It has been established that the cost of the material resources from shelterbelts are about 117.3 UAH million / year. The largest income from the accessory use of shelterbelts can be provided by honey harvesting – 16.9 million UAH / year. Other secondary products of shelterbelts resources potentially provide funds of about 18.4 million UAH/year. With the implementation of modern cost-effective practices for shelterbelts establishment, the cost of material resources which are obtained from shelterbelts can potentially be increased by 60-70%. The cost of oxygen emitted by shelterbelts is estimated using average wholesale prices and can reach 16.7 billion UAH / year. It is established that without ameliorative impact of protective shelterbelts, the potential amount

<sup>1</sup> *Natalia Vysotska* – Corresponding Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, PhD, senior researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +380577078059. E-mail: [vysotska\\_n@ukr.net](mailto:vysotska_n@ukr.net), [vysotska@uriffm.org.ua](mailto:vysotska@uriffm.org.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> *Andrii Kalashnikov* – PhD, senior researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +380577078080. E-mail: [kalashnickov@uriffm.org.ua](mailto:kalashnickov@uriffm.org.ua) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6766-7174>

<sup>3</sup> *Svitlana Sydorenko* – researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: 096-039-92-16. e-mail: [svit23sydorenko@gmail.com](mailto:svit23sydorenko@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1426-7614>

<sup>4</sup> *Serhii Sydorenko* – PhD, senior researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Pushkinska str., 86, Kharkiv, 61024, Ukraine. Tel.: +380577078031 E-mail: [serhii88sido@gmail.com](mailto:serhii88sido@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-0067>

<sup>5</sup> *Vadym Yurchenko* – Director of the State Enterprise “Luhansk Agroforestry Research Forest Station” Tel.: 095-420-79-39. E-mail: [loggerua@gmail.com](mailto:loggerua@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8884-1052>

of possible losses from soil degradation could reach 5.7 billion UAH/year. Due to the shelterbelts influence, the annually cost of agricultural products increases by 17.3 billion UAH/year. In this study, we concentrated on ecosystem services assessment provided by shelterbelts in order to use obtained results for developing compensatory payment schemes for shelterbelts creation and maintenance. The results show that the establishing, maintenance and operation of protective forest belts can lead to significant economic, environmental and social (employment of the rural population) benefits.

**Key words:** payments for ecosystem services; agroforestry practices; protective linear plantings.

### Экосистемные услуги полезных лесных полос как основа компенсационных механизмов их создания и содержания

Н. Ю. Высоцкая<sup>1</sup>, А. О. Калашников<sup>2</sup>,  
С. В. Сидоренко<sup>3</sup>, С. Г. Сидоренко<sup>4</sup>, В. А. Юрченко<sup>5</sup>

За последнее десятилетие объем исследований свидетельствует о существенном потенциале агролесомелиорации для увеличения продуктивности системы защиты природных ресурсов и предостав-

ления экологических услуг. Полезные лесные полосы (ПЛП) являются основной категорией агролесомелиоративных практик как в Украине, так и в других странах мира. Данные по оценке экосистемных услуг ПЛП являются критически важными для разработки компенсационных механизмов внедрения финансового стимулирования мер по их созданию и содержанию.

Проведена экономическая оценка экосистемных функций ПЛП по двум группам услуг: обеспечение; регулирование и обслуживание. Услуги обеспечения количественно определены методом прямого рыночного оценивания путем экстраполяции стоимости материальных ресурсов ПЛП на основе соответствующих показателей заготовки в лесах Украины по данным Государственной службы статистики Украины (Ukrstat.org). Регулирование климата оценено на основе уравнения фотосинтеза  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ , учет возможных потерь почвы определен при различных сценариях. Экономическая оценка влияния защитных лесных насаждений учитывает величину прироста урожая с полей, которые защищены этими насаждениями и определена как разница между стоимостью урожая, полученного с площади пашни, защищенной и незащищенной лесными насаждениями.

По предварительной эколого-экономической оценке, в Украине стоимость полезных функций ПЛП составляет 39,8 млрд грн/год. Услуги обеспечения составляют 0,3%, услуги регулирования и обслуживания – 99,7%. Стоимость материальных ресурсов ПЛП составляет около 117,3 млн грн/год. Наибольший доход от побочного пользования ПЛП может давать заготовка меда – 16,9 млн грн/год. Другая второстепенная продукция ресурсов ПЛП (дикорастущие плоды и ягоды, грибы, лекарственные растения и др.) в современных условиях потенциально обеспечивает поступление средств в сумме около 18,4 млн грн/год. При условии внедрения современных экономически рентабельных практик создания ПЛП, стоимость материальных ресурсов потенциально можно увеличить на 60-70%. Стоимость кислорода, которые выделяют ПЛС, оценена по оптовым ценам и составляет 16,7 млрд грн/год. Установлено, что без мелиоративного влияния защитных насаждений потенциально объем возможных убытков от деградации почв может достигать 5,7 млрд грн/год. Вследствие влияния ПЛП, увеличение стоимости сельскохозяйственной продукции ежегодно составляет около 17,3 млрд грн/год.

Компенсационные механизмы создания и содержания ПЛП предполагают прямые государственные выплаты, прямые частные выплаты, налоговые стимулы. Плата за экосистемные услуги может стать временной мерой для стимулирования внедрения современных практик агролесомелиорации, которые могут обеспечивать дополнительный экономический эффект.

**Ключевые слова:** плата за экосистемные услуги; агролесомелиоративные практики; защитные линейные насаждения.

<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» института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина. Тел.: +380577078059. E-mail: vysotska\_n@ukr.net, vysotska@uriffm.org.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3033-2036>

<sup>2</sup> *Калашников Андрей Олегович* – кандидат экономических наук, старший научный сотрудник лаборатории экономики Украинского ордена «Знак Почета» института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина. Тел.: +380577078080. E-mail: kalashnikov@uriffm.org.ua ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6766-7174>

<sup>3</sup> *Сидоренко Светлана Викторовна* – младший научный сотрудник лаборатории лесных культур и агролесомелиорации. Украинский ордена «Знак Почета» институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина. Тел.: 096-039-92-16. E-mail: svit23sydorenko@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1426-7614>

<sup>4</sup> *Сидоренко Сергей Григорьевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории экологии Украинского ордена «Знак Почета» института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, ул. Пушкинская, 86, г. Харьков, 61024, Украина. Тел.: +380577078031. E-mail: serhii88sido@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-0067>

<sup>5</sup> *Юрченко Вадим Анатольевич* – директор ГП «Луганская агролесомелиоративная научно-исследовательская лесная станция» Тел.: 095-420-79-39. E-mail: loggerua@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8884-1052>





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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412119>  
Article received 2021.01.11  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Ihor Soloviy  
soloviy@yahoo.co.uk

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

УДК 630\*477:630\*091

## Комплексне оцінювання послуг екосистем лісоаграрного ландшафту

І. П. Соловій<sup>1</sup>, Т. Я. Кулешник<sup>2</sup>

*Метою статті є систематизація основних параметрів та алгоритму методики загального комплексного еколого-економічного оцінювання лісоаграрного ландшафту на основі теорії послуг екосистем, здійснення такого оцінювання на прикладі конкретного об'єкта та інтерпретація його результатів. Результати оцінювання можуть бути використані для визначення формування сценаріїв трансформації структури землекористування лісоаграрного ландшафту. Проаналізовано значення розуміння послуг екосистем для обґрунтування рішень щодо землекористування. Охарактеризовано особливості агроекосистем як постачальника і споживача послуг екосистем в сучасних умовах. Запропоновано ідентифікувати та оцінювати послуги екосистем з погляду нової комплексної системи виробництва у ландшафті, що надає послуги забезпечення (продукти харчування, енергію) та підтримувальні і культурні послуги екосистем водночас. Розраховано вартість окремих ринкових і неринкових послуг екосистем та загальну вартість екосистемних послуг, наданих комбінованою системою землекористування (сільськогосподарські угіддя, пасовища та біоенергетичні плантації) для дослідної ділянки території у Жовківському районі Львівської області. У розрахунку взяті до уваги такі послуги екосистем: послуга з біологічної боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур; послуги з регулювання фіксації азоту і мінералізації ґрунту для сільськогосподарських культур і мікроорганізмів; послуга сприяння ґрунтоутворенню за допомогою дощових черв'яків; виробництво продуктів і кормів (сільськогосподарські культури і пасовища); виробництво сировини (біомаси); нагромадження вуглецю в ґрунті; гідрологічний потік у запасах підземних вод; послуга запилення рослин комахами, а також культурна послуга (ландшафтна естетика).*

**Ключові слова:** агроекосистеми; біоенергетичні плантації; землекористування; вартість послуг екосистем; ринкові послуги; неринкові послуги.

**Вступ.** Природа надає широке коло послуг, які, здавалося б, є безкоштовними для людства: забезпечення підземними водами, родючим ґрунтом, рослинною біомасою, фотосинтезом і т.д. Певний час науковці їх так і називали – «послуги природи» (*nature services* – англ.), однак згодом термін «послуги екосистем» (*ecosystem services* – англ.) набув більшого поширення. Послуги екосистеми тракту-

ють як певні вигоди, які людство отримує від екологічних процесів і функціонування екосистем (MEA, 2005).

Безперервно отримуючи вигоди від послуг екосистем – харчування, водопостачання, відпочинок, захист (Grunewald, & Bastian, 2015), суспільство потребує кращого розуміння динаміки процесів, вигід, соціальних та економічних цінностей послуг,

<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 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5885-6264>

<sup>2</sup> Кулешник Тарас Якович – здобувач кафедри екологічної економіки. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел. +38-067-777-87-47. E-mail: kuleshnyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3386-8634>

усвідомлення зв'язку між ними та економічною, екологічною та іншими секторальними політиками, практикою прийняття рішень у сфері менеджменту природних ресурсів. Теорія послуг екосистем, яка обґрунтовує сутність таких вигід для суспільства, стала основою для впровадження механізму платежів за послуги екосистем, який на практиці у багатьох країнах вже показав високу ефективність.

Міжнародні дослідження приділяють особливу увагу наслідкам, які виникають у результаті зменшення обсягів або втрати цих послуг. Так, втрати екосистемних послуг впродовж 1997-2011 рр. через зміни у землекористуванні (зникнення, трансформація природних комплексів) було оцінено в 4,3-20,2 трлн дол. у рік (Costanza, Groot, Sutton, Van der Ploeg, Anderson, Farber ... Turner, 2014). Результати досліджень в Україні показали, що середньорічні збитки від втрати екосистемних послуг ґрунтів за останні 50 років склали 145 дол. США/га, у тому числі – 49 дол. США/га за останні 25 років, що становить відповідно 25,6 і 8,7% доходу від реалізації продукції рослинництва (Кучер, 2019). Варто зауважити, що глобальні оцінки, виражені в одиницях грошового обліку, корисні для висвітлення обсягів послуг екосистем, але не мають прикладного значення для прийняття рішень. Проте базові дані та моделі може бути застосовано на різних рівнях для оцінювання змін, що виникають унаслідок різних сценаріїв землекористування.

Ці надзвичайно вагомі проблеми розглядають екологи, біологи, економісти, представники інших природничих і соціальних наук. На думку низки дослідників (Raymond, Singh, Benessaiah, Turner, Nelson, Chan, 2013), залучення широкого спектру дисциплін до досліджень та оцінювання послуг екосистем дасть змогу переосмислити стосунки між людиною і довкіллям, досягти більшої гармонії в таких стосунках та інтеграції інтересів зацікавлених сторін, відігравати важливішу роль у керуванні політичними процесами, наданні відповідних соціальних та екологічних даних політикам для прийняття обґрунтованих рішень.

Їхні підходи, термінології та методологічні особливості настільки ж відмінні, як і самі дисципліни. У цьому контексті постає питання: як оцінити ефективність природи і чи всі екосистемні послуги можна кількісно визначити, монетизувати і забезпечити їхню доступність у майбутньому? До найактуальніших необхідно віднести питання ідентифікації, класифікації, картування та оцінювання послуг екосистем, пошук способів інтеграції результатів цих оцінювань у секторальні політики та механізми прийняття рішень.

Земля – основа життя людини, головний засіб і просторовий базис виробництва продовольства і сировини, один з основних складників добробуту. Однак прийняття рішень у сфері землекористування далеко не повною мірою бере до уваги усі аспекти цінності землі для добробуту, оскільки механізми прийняття рішень ігнорують значну частину послуг екосистем.

Сучасне сільське господарство достатньо успішне в аспекті забезпечення продовольчою та іншою продукцією для задоволення потреб ринку і населення. Поряд з цим, надання цих послуг часто досягається за рахунок отримання інших життєво важливим послуг, серед яких регулювання клімату, охорона підземних вод, боротьба з сільськогосподарськими шкідниками, контроль ерозії ґрунтів, збереження біорізноманіття. Розуміння цінностей послуг екосистем може стати основою рішень щодо землекористування.

За розрахунками (Porter, Costanza, Sandhu, Sigsgaard, & Wratten, 2009) економічна вартість прямих і непрямих вигід від послуг глобальної екосистеми складає 125 трлн \$ USD на рік, що в декілька разів більше від світового валового національного продукту. Однак, використання цих послуг для забезпечення довгострокової стійкості екосистем та їхня здатність генерувати суспільне багатство недооцінені. Хоч деякі з послуг екосистем продаються на ринках послуг екосистем, але більшість з них на сьогодні є неринковими і не мають визначеної ціни. Реальна цінність послуг екосистем є надзвичайно високою, оскільки від них безпосередньо залежить саме людське існування.

*Актуальність* оцінювання послуг екосистем лісоаграрного ландшафту зумовлена його важливістю для поглиблення розуміння внеску широкого кола послуг для добробуту та екологічної стійкості ландшафту, використання цих результатів для формування сценаріїв майбутнього землекористування.

**Об'єкти та методика дослідження.** *Об'єкт дослідження* – набір послуг екосистем лісоаграрного ландшафту. *Предмет досліджень* – теоретичні і прикладні аспекти оцінювання послуг екосистем лісоаграрного ландшафту.

*Мета роботи* полягає в систематизації основних параметрів і визначенні алгоритму методики загального комплексного еколого-економічного оцінювання лісоаграрного ландшафту на основі теорії послуг екосистем, здійснення такої оцінки на прикладі конкретного об'єкту, інтерпретація його результатів.

Новітні комбіновані системи виробництва харчування в агроєкосистемі є на лише джерелом продуктів харчування. Лісові захисні смуги, плантації швидкорослих дерев та інші лісонасадження в агроландшафті водночас можуть постачати енергію з деревної біомаси. Виробничий досвід показав, що в Україні можна успішно створювати і вирощувати «енергетичні плантації» верби і тополі з метою отримання біомаси, яку можна використовувати як біопаливо (Дебринюк, Соловій 2012). Послуги екосистем ідентифіковано та оцінено саме з погляду такої нової комплексної системи виробництва у ландшафті, як постачання продуктів харчування, енергії та послуг екосистем водночас (Wratten, Sandhu, Cullen, & Costanza, 2013).

Система CFEES (Combined Food and Energy Ecosystem Services), на якій базується наша робота, була запропонована з метою створення агроєко-

систем, що спеціалізується на виробництві відновлюваної біомаси, а також на вирощуванні та зборі врожаю сільськогосподарських культур харчового призначення і кормів. Біоенергетичний компонент представлений смугами швидкорослих дерев (верби та вільхи), які посаджені ортогонально (прямокутно) на краях полів із зерновими сільськогосподарськими культурами.

Економічну вартість послуг екосистем, пов'язаних із системою CFEES, оцінено стосовно кожної з послуг і розраховано для трьох категорій: сільськогосподарські культури, біоенергетичні плантації і пасовища у системі CFEES. Повну економічну вартість послуг екосистеми розраховано сумуванням усіх ринкових  $ES_{рин}$  і неринкових  $ES_{нрин}$  вартостей для кожної категорії:

$$ES_{заг} = ES_{рин} + ES_{нрин} \quad (1.1)$$

або

$$ES_{заг} = \sum_{i=1}^9 ES_i \quad (1.2)$$

де  $ES_{заг}$  охоплює такі послуги: ES1 – послуга з біологічної боротьби з шкідниками; ES2 – послуги з регулювання фіксації азоту і мінералізацію для сільськогосподарських культур і мікроорганізмів; ES3 – послуга ґрунтоутворення за допомогою дощових черв'яків; ES4 – виробництво продуктів і кормів (сільськогосподарські культури і пасовище);

ES5 – виробництво сировини (біомаси); ES6 – нагромадження вуглецю в ґрунті; ES7 – гідрологічний потік в резервах підземних вод; ES8 – ландшафтна естетика; ES9 – запилення дикими комахами.

$ES_{рин}$  у рівнянні 1.1 включає ринкову економічну вартість виробництва продовольства, кормів (ES4) і біомаси (ES5), оскільки це єдині категорії, в яких фермери торгують продуктами на ринку. Решта значень  $ES_{заг}$  у рівнянні 1.1 походить із неринкових послуг (Porter et al., 2009).

Методи, які оцінюють їх економічну вартість описано нижче. У дослідженні, як приклад, здійснено комплексну еколого-економічну оцінку території Мацошинської сільської ради Жовківського району Львівської області. Запропонована система CFEES складається з 680,7 га ріллі (ячмінь і пшениця), пасовища – 79,1 га і насаджень – 41,5 га.

Дані використовували з офіційних джерел (Державна служба статистики України, 2021), а ринкові ціни на окремі матеріали – на основі усереднених цін інтернет-магазинів.

**Результати дослідження.** Особливість агроекосистем полягає в тому, що вони є «високоінженерними» системами, які призначені для виробництва продуктів харчування та сировини для промислового використання. Проте вони є водночас споживачами і виробниками послуг екосистем. Концепція функціонування послуг агроекосистем зображена на рис. 1.

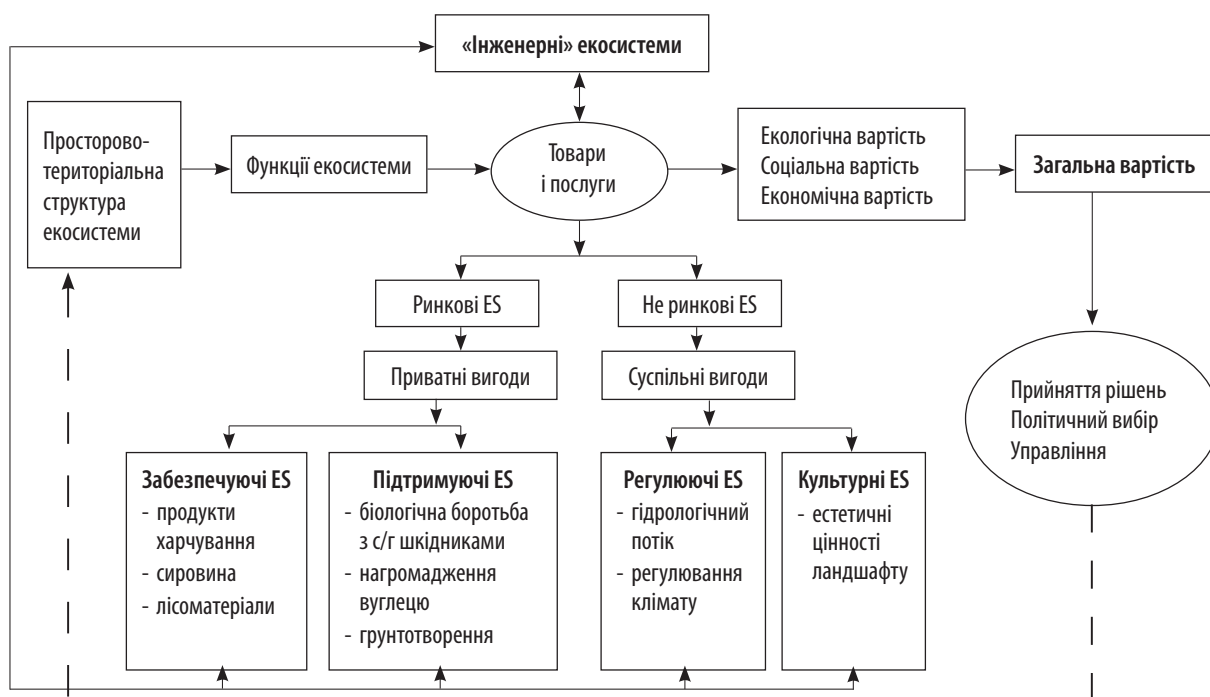


Рис. 1. Концептуальна схема функціонування послуг екосистем (на основі MEA, 2005)

Менеджмент сільськогосподарських ландшафтів може мати негативний або позитивний вплив на постачання послуг екосистем за різних агрономічних систем землеробства. Послуги екосистем у сільськогосподарських ландшафтах мають соціальну, економічну та екологічну вартість. Агроекосис-

теми надають багато таких послуг: суспільні (естетичні цінності, поглинання вуглецю, надання культурних послуг), а також такі послуги, які можна розглядати і як приватні з погляду землевласника (боротьба з ерозією ґрунтів, біологічна боротьба зі шкідниками і хворобами, ґрунту, вода) вигоди.



Ці вигоди мають економічну цінність для землевласників, тому існує можливість торгівлі ними на ринку. З розвитком ідеї послуг агроекосистем зростає зацікавленість до використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива (FAO, 2007). Такі вимоги можуть поєднати нові системи первинного виробництва, які гарантують чисте позитивне поглинання вуглецю, є низькозатратними, і забезпечують суспільство комплексом послуг екосистем.

Оцінювання в рамках системи CFEES дало такі результати стосовно кожної з розглянутих екосистемних послуг.

*Біологічна боротьба з сільськогосподарськими шкідниками (ES1).* Економічну вартість заходів біологічної боротьби з шкідниками оцінювали за допомогою методу уникнення витрат, пов'язаних із застосуванням пестицидів. Базуючись на їхній вартості в Україні та нормах витрат, економічна вартість складала 3219 грн на 1 га.

*Азоторегулювання (ES2).* Економічна оцінка азоторегулювання бере до уваги дві форми азоту, які використовують мікроорганізми і рослини (Bjorklund, Limburg, & Rydberg, 1999). Щоб визначити вартість ES2 для окремих сільськогосподарських культур, пасовищ і біоенергетичних плантацій системи CFEES, повна вартість ES2 повинна бути помножена на 0,3. В окремих компонентах CFE системи підрахована необхідна кількість мінерального добрива (кг на 1 га): 2771 (пасовища), 143 (с.-г. культури), 10 (біоенергетичні плантації) (Porter et al., 2009). Враховуючи ціну амонійно-нітратного добрива в Україні, економічна вартість даної послуги екосистеми становитиме (грн на 1 га): 4189,7 для пасовища, 216,2 для с.-г. культур та 15,12 – для біоенергетичних плантацій. Повна фіксація азоту мікроорганізмами складає (кг на 1 га): 690 для пасовищ, 345 кг для с.-г. культур і 24 кг для плантацій (Bjorklund et al., 1999). Отже, економічна вартість цієї послуги екосистеми для сільськогосподарських культур становить 737,9, для пасовищ – 5233,0, для біоенергетичних плантацій – 51,4 грн.

*Грунтоутворення (ES3).* Грунтоутворення вважається тісно пов'язаним з діяльністю дощових черв'яків, тому залежить від густоти (щільності) дощових черв'яків на одиниці площі. Економічна вартість дощових черв'яків у грунтоутворенні була розрахована на основі припущення, що середня біомаса дощового черв'яка становить 0,2 г, і що 1000 кг дощових черв'яків формує 1000 кг ґрунту на 1 га впродовж року (Porter et al., 2009).

Кількість черв'яків у становить складає 5 млн шт. на 1 га для пасовищ та біоенергетичних плантацій, і 2 млн шт. на 1 га сільськогосподарських угідь (Посудін, 2012). Тобто черв'яки впродовж року виробляють 1000 кг та 400 кг ґрунту на гектарі пасовищ (плантацій) та сільськогосподарських угідь відповідно. Взявши за основу чорнозем, врахувавши його питому вагу в 1 м<sup>3</sup> (Шкварук, Делеменчук, 1976) та середньо-ринкову ціну (350 грн/т) визначаємо, що економічна вартість за рік цієї неринкової

послуги екосистеми становить 350 грн/га для пасовищ і біоенергетичних плантацій та 170 грн/га – для сільськогосподарських культур.

*Виробництво харчових продуктів (ES4).* Урожайність сільськогосподарських культур і пасовищ взято за 2019 р., а економічну вартість розраховано, як виручку від реалізації цих продуктів за ринковими цінами. У результаті обчислень, економічна вартість сільськогосподарських культур складає 8191,32, а для пасовища – 1240 грн на 1 га.

*Виробництво сировини (ES5).* Біоенергетичні плантації забезпечують деревину для енергії, і їхню економічну вартість розраховано як виручку за деревину для виробництва енергії, що становила 5362 грн на 1 га за рік (Соловій, Перебора, 2009).

*Нагромадження вуглецю (ES6).* Кількість рослин і кореневих залишків оцінено для кожної категорії CFEES з урахуванням врожайності, а також на основі твердження, що вуглець становить 40% від їхньої маси. Економічну вартість нагромадженого вуглецю в урожаї і кореневих залишках розраховано на основі ціни 1 т нагромадженого вуглецю. Отже, економічна вартість для кожної категорії CFEES становить (грн на 1 га): 1880 для сільськогосподарських культур, 4200 – для пасовищ і 21840 – для біоенергетичних плантацій.

*Гідрологічні послуги (ES7).* Економічну вартість цієї послуги екосистем розраховано на підставі методу оцінювання кількості опадів. Вартість застосування води розраховано в обсязі 160 грн за 100 мм води на 1 га. Враховуючи кількість опадів на рік у цьому регіоні, економічна вартість послуги екосистеми становить 104000 грн на 1 га для кожної категорії.

*Естетичні послуги ландшафтів (ES8).* Послуга розрахована за допомогою методу умовного оцінювання і стосується готовності платити за покращення і підтримання естетичного вигляду ландшафтів. У дослідженні взяло участь 100 осіб. Результати опрацювання отриманих даних свідчать, що сума, яку б вони погодились вносити за рік для покращення естетичного вигляду полів, зайнятих під сільськогосподарські культури, становить 50 грн, за пасовища – 75 грн., а за лісові ландшафти – 100 грн. Середній вік опитаних становить 40 років. Більшість респондентів, які брали участь у дослідженні, мають вищу освіту.

*Запилення (ES9).* Економічне значення цієї послуги екосистеми оцінювали за допомогою прямих витрат на придбання (оренду) бджолиних вуликів/сімей на період запилення. Добре запилені культури дають більшу кількість продукції кращої якості і вона є привабливішою для споживача. На 1 га комахозапильних рослин потрібно розмістити від 2 до 8 сімей медоносних бджіл (Ільмінська, 2020). Наприклад, 1 га ріпаку потребує 4 бджолосім'ї або ж вдвічі меншу кількість подібних (диких) бджіл. Для запилення 1 га саду потрібно або дві сім'ї (20-70 тис. особин) медоносних бджіл, або 530 самок осмії (дика бджола). Якщо територія сприяє проживанню достатньої кількості спеціалізованих ди-

ких запилювачів, то взагалі немає потреби додаткового запилення медоносними бджолами (Ільмінська, 2020). У зв'язку з цим, ми розглядаємо послуги комбінованої системи CFEEES, в яку входять території під пасовища та біоенергетичні плантації, що вони є природним середовищем існування диких запилювачів. Відповідно, немає потреби в окремому придбанні або оренді вуликів медонос-

них бджіл. Вартість оренди бджолої сім'ї на період цвітіння в середньому становить 550 грн (Карпенко, 2019). Отже, вартість цієї послуги оцінюємо, виходячи з економії на оренді в середньому п'яти бджололиних сімей на 1 га, що становить 2750 грн. як для 1 га пасовищ, так і для 1 га біоенергетичних плантацій. Зведені результати представлені у таблиці.

Таблиця

**Розрахункова вартість послуг екосистеми сільськогосподарських культур, пасовищ та біоенергетичних плантацій, грн/га**

Послуги екосистеми	Неринкові послуги екосистеми			Ринкові послуги екосистеми			Всього
	С.-г. культури	Пасовища	Біоенергетичні плантації	С.-г. культури	Пасовища	Біоенергетичні плантації	
ES1	3219	–	–	–	–	–	3219
ES2	737,86	5233,03	51,41	–	–	–	6022,3
ES3	140,0	350,0	350,0	–	–	–	840,0
ES4	–	–	–	8191,32	1240	–	9431,32
ES5	–	–	–	–	–	5362	5362
ES6	350,4	672	8736	–	–	–	9758,4
ES7	1040	1040	1040	–	–	–	3120
ES8	50	75	100	–	–	–	225
ES9	0	2750	2750	–	–	–	5500
Всього	5537,26	10120,03	13027,41	8191,32	1240	5362	43478,02

Загальна вартість екосистемних послуг, надана комбінованою системою землекористування (сільськогосподарські угіддя, пасовища та біоенергетичні плантації) становить 43478,02 грн на 1 га.

За даними зведеної діаграми (рис. 2), найбільшу вартість серед неринкових послуг має послуга нагромадження вуглецю (ES6), а серед ринкових – виробництво харчових продуктів (ES4).

**Висновки і дискусія.** Один із підходів до послуг екосистем полягає у визначенні функцій і послуг в масштабі ландшафту з метою інтегрування цієї концепції для вирішення питань землекористування. Усвідомлення того, що ландшафти забезпечують безліч функцій та існує можливість їхнього вибору з-поміж багатьох видів землекористування, зумовлює збільшення дослідницької зацікавленості до питання зв'язків між землекористуванням і функціями ландшафту (Соловій, Кулешник 2011).

На думку деяких дослідників, включення майбутніх послуг екосистем до політики просторового планування є критично важливим (Gomes et al., 2021). Тому в економічних розрахунках інвестиційних проектів потрібно врахувати цінності всіх екосистемних послуг, що надають земельні ресурси та ґрунтовий покрив (очищення води, поглинання вуглецю, регулювання мікроклімату, екологічно безпечні умови проживання та екологічно чис-

ті продукти харчування тощо) (Стойко, Стадницька, 2020).

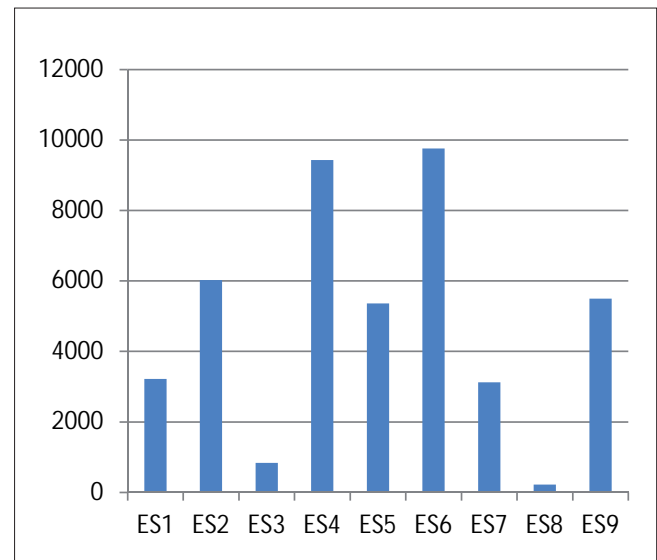


Рис. 2. Загальна вартість послуг екосистем, наданих комбінованою системою землекористування

Агроекосистеми є «високоінженерними» системами, які не лише споживають, але й виробляють послуги екосистем. Деякі послуги продаються на ринку послуг екосистем, але більшість з них

є неринковими, оскільки не мають чітко визначеної ціни. Сучасне індустріальне сільське господарство має у полі зору лише вузький спектр послуг агроєкосистем, а саме – продовольство і промислову сировину. Однак розширити спектр послуг можливо шляхом підтримки і посилення дії інших важливих послуг екосистем, таких як регулювання клімату, охорона вод та збереження біорізноманіття, які є необхідними для підтримання людського життя та суспільного добробуту.

Оцінювання послуг агроєкосистем, як і оцінювання послуг лісових екосистем, беручи до уваги зростання їхньої вагомості для виживання і добробуту людства, стає все важливішою темою наукових досліджень, як з теоретичного, так і з науково-практичного (прикладного) поглядів.

Загальна вартість екосистемних послуг, наданих комбінованою системою землекористування на дослідному об'єкті у Жовківському районі Львівської обл. площею 801,3 га склала 43478,02 грн на 1 га. Найбільшу вартість серед оцінених неринкових послуг екосистеми отримала послуга нагромадження вуглецю, а серед ринкових – виробництво харчових продуктів.

Структура лісоаграрного землекористування, за якої можна отримати найвищу еколого-економічну оцінку, поєднує сільськогосподарські культури, пасовища та біоенергетичні плантації. Оптимальність поєднання цих елементів ландшафту може бути одним із критеріїв сталості землекористування в агроландшафтах.

### Список літератури

- Державна служба статистики України (2021). Офіційний сайт (Електронний ресурс). [State Statistics Service of Ukraine (2021). Official site (Electronic resource). Retrieved from [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua)] (in Ukrainian)
- Дебрюніук Ю. М., Соловій І. П. (2012). Плантаційне лісовирощування: еколого-економічні, технологічні та лісівничі особливості. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 10, 48-54. [Debryuniuk, Yu. M., Soloviy, I. P. (2012). Forest plantations: environmental, economic, technological and silvicultural aspects. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 10, 48-54. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/13>] (in Ukrainian)
- Ільмінська Л. (2020). *Запилення рослин комахами. Екосистемні послуги*. Ukrainian Nature Conservation Group, 2020. [Ilminska, L. (2020). *Pollination of plants by insects. Ecosystem services*. Ukrainian Nature Conservation Group, 2020. Retrieved from <https://uncg.org.ua/zapylennia-roslyn-komakhamy/>] (in Ukrainian)
- Карпенко А. (2019). Бджолономіка: як працює ринок платного запилення. *Agravery*. [Karpenko, A. (2019). Beekeeping-economy: how the paid pollination market works. *Agravery*. Retrieved from <https://agravery.com/uk/posts/show/bdzolonomika-ak-pracue-rinok-platnogo-zapilenna>] (in Ukrainian)
- Кучер А. В. (2019). *Стратегічні напрями розвитку низьковуглецевого землекористування як запоруки стійкості до змін клімату: монографія*. Харків: ФООП Бровін О. В. [Kucher A. V. (2019). *Strategic directions of low-carbon land use development as a guarantee of resilience to climate change: monograph*. Kharkiv: FOP Brovin O. V.] (in Ukrainian)
- Посудін Ю. І. (2012). *Моніторинг довкілля з основами метрології* – Київ. 432 с. [Posudin Yu. I. (2012). *Environmental monitoring with the basics of metrology*. Kyiv. Retrieved from: <http://ekmair.ukma.edu.ua/handle/123456789/15682>] (in Ukrainian)
- Соловій І. П., Кулешник Т. Я. (2011). Трактують ключових термінів концепції послуг екосистем з огляду на еколого-економічні дослідження ландшафтів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 9, 174-178. [Soloviy, I. P., Kuleshnyk, T. Ya. (2011). Interpretation of ecosystem services concept key terms from the perspective of ecological economic studies at landscape level. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 174-178. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/14>] (in Ukrainian)
- Соловій І. П., Перебора С. В. (2009). Еколого-економічні та лісополітичні аспекти розвитку плантаційного лісовирощування. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 19.4, 61-67 [Soloviy I. P., Perebora S. V. (2009). Ecological, economic and forest policy aspects of plantation forestry development. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 19.4, 61-67. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19\\_4/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_4/index.htm)] (in Ukrainian)
- Стойко Н. Є., Стадницька О. В. (2020). Ефективне використання деградованих і малопродуктивних сільськогосподарських земель: аспект планування. *Український журнал прикладної економіки*, 5(1), 333-341. [Stoyko, N. E., Stadnytska, O. V. (2020). Effective use of degraded and unproductive agricultural lands: planning aspect. *Ukrainian Journal of Applied Economics*, 5(1), 333-341. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2020-1-39>] (in Ukrainian)
- Шкварук М. М., Делеменчук М. І. (1976). *Грунтознавство*. Київ: Вища школа. 320 с. [Shkvaruk M. M., & Delemenchuk M. I. (1976). *Pedology*. Kyiv, Vyshcha Shkola. Retrieved from [https://collectedpapers.com.ua/category/soil\\_science](https://collectedpapers.com.ua/category/soil_science)] (in Ukrainian)
- Bjorklund, J., Limburg, K. E., & Rydberg, T. (1999). Impact of production intensity on the ability of the agricultural landscape to generate ecosystem services: an example from Sweden. *Ecological Economics, Volume*, 29(2), 269-291. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00014-2](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00014-2)
- Costanza, R., Ervin, D., Bluffstone, R., Boyd, J., Brown, D., Chang, ... Yeakley, V. (2011). Valuing Ecological Systems and Services. *F1000 Biology Reports*, 3(14). 10.3410/B3-14.
- Costanza, R., Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S., Farber, S. ... Turner, R. (2014).



- Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Daily, G., Soderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Ehrlich, P.R., ... Walker, B. (2000). The value of nature and the nature of value. *Science*, 289 (5478), 395. <https://doi.org/10.1126/science.289.5478.395>
- FAO (2007). The State of Food and Agriculture: Paying Farmers for Environmental Services. *FAO Agriculture Series*, 38, Rome
- Gomes, E., Inácio, M., Bogdzevič, K., Kalinauskas, M., Karnauskaitė, D., & Pereira P. (2021). Future land-use changes and its impacts on terrestrial ecosystem services: A review. *Science of The Total Environment*, 781, 146716, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146716>
- Grunewald, K., & Bastian, O. (2015). Ecosystem Services (ES): More Than Just a Vogue Term? In K. Grunewald, O. Bastian (Eds.), *Ecosystem Services – Concept, Methods and Case Studies* (pp. 1-11). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44143-5>
- MEA (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press
- Porter, J., Costanza, R., Sandhu, H., Sigsgaard, L., & Wratten, S. (2009). The Value of Producing Food, Energy, and Ecosystem Services within an Agro Ecosystem. *AMBIO: A J. of the Human Environment*, 38(4), 186-193. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-38.4.186>
- Raymond, C.M., Singh, G.G., Benessaiah, K., Turner, N.J., Nelson, H., & Chan, K.M.A. (2013). Engaging multiple disciplines in ecosystem services research and assessment. *BioScience*, 63(12), 913-914. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.12.18>
- Wratten, S., Sandhu, H., Cullen, R., & Costanza, R. (2013). *Ecosystem Services in Agricultural and Urban Landscapes*. Queensland, Australia: Wiley-Blackwell

## Comprehensive evaluation of ecosystem services in forest-agricultural landscape

I. Soloviy<sup>1</sup>, T. Kuleshnyk<sup>2</sup>

The aim of the article is to systematize the main parameters and the algorithm of the methodology for

<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 str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 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>

<sup>2</sup> *Taras Kuleshnyk* – PhD Candidate, Department of Ecological Economics, Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-777-87-47. E-mail: [kuleshnyk@gmail.com](mailto:kuleshnyk@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3386-8634>

the general comprehensive ecological and economic evaluation of the forest-agrarian landscape in the context of determining the directions for improving the mechanism for transforming the structure of land use on the basis of the ecosystem services theory.

The importance of understanding ecosystem services for informing decisions about land use discussed. Involving a wide range of disciplines in research and evaluation of ecosystem services will make it possible to rethink and redesign the relationship between man and the environment, achieve greater harmony in such relationships and integrate multiple stakeholders interests, play a key role in managing policy processes, providing relevant social and environmental data to policymakers.

The main features of agroecosystems as a supplier and consumer of ecosystem services in modern conditions are characterized. Agroecosystems considered as «highly engineered» systems that are not only consumers but also producers of ecosystem services. Some ecosystem services are sold at the ecosystem services market, but most of them are non-market because they do not have a clearly defined price. Modern industrial agriculture has in view a narrow range of services of agroecosystems, namely food and industrial raw materials. But it is possible to expand this range of services by supporting and enhancing other important ecosystem services, such as climate regulation, water protection and biodiversity conservation, which are necessary to support human life and social well-being.

It is proposed to identify and evaluate ecosystem services from the point of view of a new integrated production system in the landscape that supplies food, energy and ecosystem services at the same time. The value of individual market and non-market ecosystem services and the total value of ecosystem services provided by the combined land use system (agricultural land, pastures and bioenergy plantations) calculated. The following ecosystem services are taken into account in the calculation: service on biological control of agricultural pests; services for the regulation of nitrogen fixation and soil mineralization for crops and microorganisms; service to promote soil formation with the help of earthworms; production of food and fodder (crops and pasture); production of raw materials (biomass); accumulation of carbon in the soil; hydrological flow in groundwater reserves; insect pollination service for plants, as well as cultural service (landscape aesthetics).

The total cost of ecosystem services provided by the combined land use system (agricultural lands, pastures and bioenergy plantations) calculated for the case study area (Zhovkva district, Lviv oblast, Ukraine). Among the estimated non-market ecosystem services the service of carbon accumulation received the highest value, and among the market ones – the production of food products.

The structure of forest-agricultural landscape for which the highest ecological and economic value can be obtained is a combination of crops, pastures and

bioenergy plantations. The optimal combination of these landscape elements can serve as one of the criteria for the land use sustainability.

**Key words:** agroecosystems; bioenergy plantations; land use; value of ecosystem services; market services; non-market services.

### Комплексная оценка услуг экосистем лесоаграрного ландшафта

И. П. Соловий<sup>1</sup>, Т. Я. Кулешник<sup>2</sup>

Целью статьи является систематизация основных параметров и алгоритма методики общей комплексной эколого-экономической оценки лесоаграрного ландшафта в контексте определения направлений совершенствования механизма трансформации структуры землепользования на основании теории услуг экосистем. Проанализированы значение понимания услуг экосистем для обоснования решений относительно землепользования. Охарактеризованы особенности агроэкосистем как поставщика и потребителя услуг экосистем в современных условиях.

Предложено идентифицировать и оценивать услуги экосистем с точки зрения новой комплексной системы производства в ландшафте, что поставляет продукты питания, энергию и услуги экосистемы одновременно. Рассчитано стоимость отдельных рыночных и нерыночных услуг экосистем и общую стоимость экосистемных услуг, предоставляемых комбинированной системой землепользования (сельскохозяйственные угодья, пастбища и биоэнергетические плантации).

**Ключевые слова:** агроэкосистемы; биоэнергетические плантации; землепользование; стоимость услуг экосистем; рыночные услуги; нерыночные услуги.

<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>

<sup>2</sup> *Кулешник Тарас Якович* – соискатель кафедры экологической экономики. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, м. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-777-87-47. E-mail: kuleshnyk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3386-8634>

## 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/10.15421/412120>  
Article received 2021.01.19  
Article accepted 2021.06.10

ISSN 1991-606X print  
ISSN 2616-5015 online  
@ ✉ Correspondence author  
Volodymyr Korzhov  
vl.korzhov@ukr.net  
Hrushevskoho str., 31, Ivano-Frankivsk, 76018,  
Ukraine

УДК 630\*625.7/8

### Особливості технічного стану лісових шляхів в Українських Карпатах

В.Л. Коржов<sup>1</sup>

*Представлено результати досліджень мережі лісових шляхів, що використовують для вивезення деревини, яку заготовляють на лісових територіях, розташованих на північно-східному мегасхилі Українських Карпат. Дослідження приурочені до двох державних підприємств із загальною площею лісів близько 105 тис. га. Під час польових робіт встановлювали місця розташування лісових шляхів, параметри і технічний стан їх дорожнього полотна та штучних споруд. Загальна довжина обстежених лісових шляхів становить понад 360 км. Оцінювання стану дорожнього полотна та водопропускних споруд здійснювали за трьохбальною системою.*

*Транспортна мережа лісових підприємств представлена двома типами шляхів: лісові автодороги і лісові проїзди. При цьому, лісові проїзди становлять значну частину протяжності транспортної мережі (32,3-53,3%). Спостережено низьку густоту транспортної мережі, яка становить 2,7-4,5 км/1000 га з урахуванням усіх видів лісових шляхів.*

*Виявлено наявність суттєвих відмінностей у характері розташування, ступені капітальності і технічному стані лісових автодоріг та проїздів. Лісові автодороги мають вищу частку протяжності ділянок із задовільним технічним станом (72-85%), а також значну кількість капітальних мостів із застосуванням залізобетонних конструкцій (22-44%). Для них характерне влаштування дорожнього одягу перехідного типу (72-88%). Лісові проїзди характеризуються значно нижчою капітальністю та гіршим технічним станом. На більшій частині їх протяжності (59-64%) влаштовано дорожній одяг нижчого типу. На переходах через водотоки збудовано дерев'яні або комбіновані мости, переважна більшість яких мають незадовільний технічний стан. На лісових проїздах питома кількість бродів є приблизно в три рази більшою, ніж на лісових автодорогах.*

**Ключові слова:** гірські ліси; транспортна інфраструктура; густина; види шляхів; протяжність; розташування; рівень капітальності; показники якості.

<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 <http://orcid.org/0000-0002-3201-1199>



**Вступ.** Світовою спільнотою декларуються вимоги стосовно зростання частки лісової продукції, одержуваної за рахунок ощадливого ведення лісового господарства. Тому завдання лісового сектора економіки держави полягає у забезпеченні стабільності, життєвості, якості і розмаїтості деревостанів у поєднанні з багатофункціональним значенням лісів та щорічними доходами і можливостями зайнятості місцевого населення. При цьому особлива увага має бути звернена на необхідність підтримки і збільшення лісового покриву, визначення та охорону природних лісів, поліпшення захисних функцій лісів, збереження їх продуктивних функцій та ролі у розвитку сільських територій і зеленої економіки, а також застосування раціональних методів заготівлі і використання деревини як екологічно безпечної та поновлюваної сировини з урахуванням посилення ролі лісового сектора в пом'якшенні змін клімату (Vienna Declaration..., 2003; Framework Convention..., 2003; Protocol on Sustainable..., 2011).

Однак на сьогодні у лісах України загалом реально використовують значно менший обсяг щорічного приросту деревини порівняно з європейськими країнами, що свідчить про недостатню інтенсивність лісокористування. Певною мірою цей аспект пов'язаний із недосконалістю транспортної інфраструктури в гірських лісах, де лісові автомобільні дороги є одним із її основних елементів. Від мережі лісових автодоріг та їх технічного стану істотно залежить ефективність лісової галузі, культура та якість виконання лісогосподарських робіт, а також можливість застосування сучасних систем лісових машин і лісовозного транспорту. Лісові автодороги мають значення не лише для забезпечення процесів лісокористування, відновлення, охорони і захисту лісів, але й для загального розвитку регіону, створення нових робочих місць та покращення умов роботи і проживання населення, а також отримання додаткових доходів від використання туристичного потенціалу лісових територій. Виконання комплексу лісогосподарських і лісозаготівельних робіт із використанням сучасної техніки та природозберігаючих технологій вимагає наявності розвинутої дорожньої мережі у лісових масивах. За її відсутності спостерігається розповсюдження трельовальних волоків, які є невід'ємною частиною технологічного процесу лісосічних робіт і, зазвичай, осередками ґрунтової ерозії. Розташування волоків на лісових територіях, методи будівництва і способи їх організації та експлуатації визначають лісівничу, екологічну та економічну ефективність лісозаготівлі. Тому розвиток лісотранспортної інфраструктури є передумовою для реального запровадження принципів сталого ведення лісового господарства (Коржов, 2004, 2011).

Необхідно відзначити, що, з метою вирішення вищезгаданих проблем у лісовій галузі, до середини минулого десятиліття діяла державна цільова програма, яка передбачала значні обсяги робіт з будівництва, реконструкції та ремонту лісових автодоріг (Державна цільова програма..., 2009). Також

у рамках Карпатської конвенції в 2014 р. прийнято «Стратегічний план дій для впровадження Протоколу про стале управління лісами», в якому, поряд з іншими, поставлено завдання з покращення лісотранспортної інфраструктури гірських лісів, що включають заходи із будівництва нових лісових автодоріг у гірських лісах та поліпшення технічного стану наявних, а також оптимізації способів первинного транспортування деревини (Strategic Action Plan..., 2014; Гопкало, 2019).

Наявність оптимальної мережі лісових автодоріг певною мірою свідчить про цивілізованість держави. Тому у нещодавно прийнятому Законі України «Про внесення змін...» (2019) передбачено розширення до 2030 р. мережі лісових автодоріг з твердим покриттям у лісах регіону в обсязі до 10 км на 1000 га. Важливість удосконалення транспортної інфраструктури гірських територій передбачено відповідними рішеннями Кабінету міністрів України (Державна програма розвитку регіону..., 2019).

Проблема поліпшення якості лісової транспортної інфраструктури є актуальною не лише для України. У низці зарубіжних країн вченими наголошено на важливості і необхідності влаштування раціональної мережі лісових автодоріг як основи для ефективного лісоуправління (Lugo, & Gucinski, 2000). Крім того, в останні роки піднімається питання щодо особливостей планування, будівництва та утримання дорожньої мережі в лісових масивах з урахуванням можливостей гасіння лісових пожеж (Laschi, Foderi, Fabiano, Neri, Cambi, Mariotti, & Marchi, 2019). Особливо, варто відмітити наявність практичних рекомендацій, скерованих на облаштування якісної лісотранспортної мережі та належне її функціонування із забезпеченням мінімального впливу на лісове середовище (Guide to forest road..., 2007; Ryan, Phillips, Ramsay, & Dempsey, 2004). Найпоказовішою у цьому відношенні є Лісова служба США, де практично для кожного регіону створені посібники з кращих практик лісокористування, обов'язковим елементом яких є вимоги до раціонального будівництва і утримання лісових автодоріг (Gropp, R., & McAvoya, D., 2002; West Virginia Silvicultural Best Management..., 2014; A Guide for Forest Access..., 2014). Також у США в 2016 р. прийнято закон, який регламентує порядок проведення інвентаризації державних лісових автодоріг з нанесенням їхнього розташування на відповідні карти. Процес інвентаризації і картографування не лише вміщає постійну роботу відповідних фахівців, але й врахування отримуваних публічних коментарів стосовно стану лісових доріг. На теперішній час наявна інформація про тисячі миль як експлуатованих, так і закритих лісових автодоріг. У результаті виконання вимог згаданого закону, інформація про 89% таких доріг є доступною (Forest Roads Inventory, 2021; Showcasing the DNR..., 2019).

З огляду на вищенаведене, *актуальним* є питання вивчення особливостей розташування і технічного стану лісових шляхів, що дасть змогу в по-

дальшому опрацювати заходи із вдосконалення дорожньої мережі в гірських лісах.

**Об'єкти та методика досліджень.** *Об'єкт дослідження* – лісовий фонд лісогосподарських підприємств північно-східного мегасхилу Українських Карпат. *Предмет досліджень* – лісотранспортна мережа для вивезення деревини. *Мета роботи* – встановити особливості розташування і технічний стан лісових автодоріг і проїздів.

Польові дослідження здійснено на території ДП «Вигодське лісове господарство» і ДП «Надвірнянське лісове господарство» Івано-Франківського ОУЛМГ впродовж 2015-2017 років. Північна частина цих підприємств належить до району північно-східного Прикарпаття, а південно-західна – до Карпатського гірського району (рис. 1).



Рис. 1. Схема розташування лісового фонду державних лісогосподарських підприємств, охопленого дослідженнями: 1 – ДП «Вигодське лісове господарство»; 2 – ДП «Надвірнянське лісове господарство»

Північно-східне Прикарпаття простягається відносно неширокою передгірною смугою паралельно до Карпатського хребта. Район представлений низкою слабо еродованих витягнутих від Карпат плато і великих рівнинних слабо стічних низин. Його висота над рівнем моря становить в середньому 400 м. Карпатський гірський район, що простягається вздовж південно-західного кордону України, представлений пасмом середньо високих гір з висотами 1000-1500 м н.р.м. Лише окремі вершини підіймаються більш ніж на 2000 м. Гірські частини вищезгаданих підприємств за лісорослинним районуванням відносяться до поясу Зовнішніх Карпат з глибокими поперечними долинами. Це найбільш піднятий над рівнем моря гірський район, який простягається від Сколівських Карпат на північному заході, до Покутських Карпат на південному сході і характеризується схилами різних експозицій. Переважають схили стрімкістю 20-30°, проте нерідко трапляються схили стрімкістю 40° і більше.

Клімат району досліджень можна охарактеризувати як перехідний від помірного теплого західноєвропейського до континентального східноєвропейського. За кількістю опадів та умовами ви-

паровування вологи територія належить до зони стійкого зволоження, а найвищі ділянки – до зони надмірного зволоження. Переважають бурі гірсько-лісові та гірсько-підзолисті ґрунти. Дернові ґрунти, що сформувалися під впливом лучної рослинності в умовах надмірного зволоження, зайняті сінокосами і пасовищами. Характерна невелика потужність ґрунтового профілю із значним включенням уламків піщаників. За ступенем вологості більша частина ґрунтів відноситься до вологих. На гірських схилах мають місце прояви всіх видів водної ерозії, інтенсивність яких насамперед пов'язана із стрімкістю та експозицією схилів.

Лісистість території розташування вищезгаданих підприємств становить близько 70%. Переважна площа лісових масивів сформована ялиною європейською. Друге місце за площею та запасом деревини займає бук лісовий. Серед типів лісу переважають вологі буково-ялицеві сушмеречини і смеречини, а у високогірних лісництвах – чисті високогірні сушмеречини. Близько половини площ лісового фонду займають експлуатаційні ліси, де ведеться активна лісогосподарська діяльність із застосуванням різних способів рубок і лісозаготівельної техніки. Понад третину площ віднесено до захисних лісів, для яких характерний обмежений режим лісокористування. Така структура лісового фонду вимагає зваженого підходу до ведення лісокористування у різних категоріях лісів, потребує належної транспортної доступності до лісових масивів для збалансованого та екологічно прийнятнього ведення в них лісового господарства.

Польові дослідження включали натурні обстеження всіх наявних у лісових масивах підприємства складових лісотранспортної мережі для вивезення деревини, що розташовані в межах державного лісового фонду або прилягають до нього. Польові обстеження здійснювали шляхом проходження по лісовій дорозі чи лісовому проїзді та проведення відповідних замірів з веденням польового журналу, як основного документа цієї стадії робіт. Детально методика виконання польових досліджень подана у попередніх роботах (Коржов, Кудра, Тимчук, 2015).

Оцінювання стану дорожнього полотна здійснювали за трьохбальною системою з використанням таких критеріїв:

- *задовільний стан*: наявні незначні спотворення поперечного профілю земляного полотна, незначні пошкодження конструкції дорожнього одягу, що виявляються у неглибоких окремих вибоїнах, чітко вираженій колійності смуги руху з глибиною колій до 0,1 м; елементи поздовжнього водовідведення наявні або відсутні, однак не впливають на стан проїзду по дорозі; дефекти елементів дороги впливають на швидкість руху, обмежуючи середню технічну швидкість по ній до 10-15 км/год;

- *незадовільний стан*: наявні спотворення поперечного профілю земляного полотна або конструкції дорожнього одягу, що зумовлюють значну деформацію проїзної частини, часті проломи по-



криття, глибоку колійність (більше 0,1 м); постійний застій поверхневих вод на проїзній частині; зарослі кущами чи засипані землею елементи позовжнього водовідводу або їхня відсутність, що негативно впливає на стан проїзду по дорозі; рух лісовозного транспорту дуже ускладнений, але можливий на малих швидкостях – до 10 км/год і не відповідає вимогам нормальної експлуатації автомобілів; ділянки діючих кам'яних осипищ, обвалів, селевих потоків;

– *непридатний стан*: відсутність дорожнього полотна як елементу дороги або такий його стан, що цілком виключає безпечний рух лісовозного автомобіля; повністю зруйнований дорожній одяг, що не дає можливості проїзду (глибокі ями, дуже глибока колія); зсуви, змиви укосів або всієї дороги, що унеможливають проїзд по ній; ділянки течії водних потоків безпосередньо по напрямку дороги тощо.

Під час обстеження штучних споруд визначали такі параметри: місце розташування осі, вид (міст, труба, підпірна стіна), тип (капітальний, тимчасовий), схема, матеріал основних елементів. Також встановлювали основні розміри: загальну довжину, габарити проїзду, висоту отвору мостів; параметрів отвору, довжини та матеріалу труб, лотків; місце розташування початку і закінчення, виду, довжини, висоти та матеріалу підпірних стінок. Одночасно здійснювали обстеження і візуально визначали придатність до експлуатації штучних споруд, оцінювали їхній технічний стан за трьохбальною системою:

– *задовільний стан*: елементи споруди в основному відповідають технічним вимогам до автомобільних мостів капітального і тимчасового типу та малих водопропускних чи укріпних споруд; термін експлуатації не перевищив розрахункового (для незахищених від загнивання дерев'яних мостів, дерев'яних підпірних стін, опор чи прогінних будов він становить вісім років); можливе часткове пошкодження або відсутність окремих другорядних елементів; споруда виконує свої функції;

– *незадовільний стан*: основні елементи тимчасових споруд пошкоджені процесами гниття більш ніж на 25%, а капітальні металеві споруди – процесами корозії більш ніж на 10%; термін експлуатації перевищив розрахунковий; пошкоджені, перекошені або підмиті опори, відсутні елементи огороження чи настилу або їхній стан непридатний для безпечного проїзду; отвори споруд занесені сторонніми матеріалами і споруди не повністю виконують функції пропуску води; характер небезпечних пошкоджень елементів споруд вказували окремо;

– *непридатний (аварійний) стан*: візуально помітне руйнування (проломи) або пошкодження (гниття) елементів опор, прогінної будови мостів і підпірних стін, які повністю виключають безпечний проїзд через споруду; отвори занесені сторонніми матеріалами, споруди не виконують своєї функції.

Окрім вище наведених основних параметрів доріг, встановлювали початок і закінчення ділянок дороги, де змінюється технічний стан дорожнього полотна; початок і завершення ділянок підйому або спуску, ухили яких перевищували допустимі для цього типу дороги величини. Відмічали зсувні місця і ділянки вираженого небезпечного підмиву дороги постійними водотоками, значних його руйнувань трельовальними тракторами на навантажувальних пунктах (верхніх складах). Візуально попередньо встановлювали і в подальшому камерально визначали місцеположення початку і закінчення заокруглень дороги в плані, радіус кривих яких відповідає допустимим значенням для конкретного типу дороги.

На основі результатів польових і камеральних робіт складали робочі відомості ділянок дорожньої мережі, здійснювали аналіз та узагальнення отриманих даних і складали попередню схему їх розташування на території підприємства. У зв'язку із суттєвими відмінностями в параметрах, капітальності та якості елементів дорожніх споруд і з метою встановлення об'єктивної оцінки транспортно-господарського освоєння лісового фонду прийнято рішення здійснювати поділ ділянок дорожньої мережі на *лісові автомобільні дороги* та *лісові проїзди*. Правильність такого підходу підтверджено його застосуванням в окремих країнах (Ryan, Phillips, Ramsay, & Dempsey, 2004; Перечень об'єктів..., 2012).

Використано критерії, згідно з якими до лісових автомобільних доріг віднесено ділянки шляхів, що мають відповідні конструктивні елементи і чий параметри загалом відповідають нормативним вимогам і задовольняють умови безпечного руху транспорту. До лісових проїздів віднесено ділянки руху транспортних засобів, влаштованих, зазвичай, без класичного дорожнього полотна, водовідведення, штучних споруд тощо, однак за сприятливих погодних умов забезпечують рух транспортних засобів.

**Результати досліджень.** Отримані в польових умовах значення показників технічних параметрів лісових автодоріг і лісових проїздів опрацьовані методами статистики. Інформація про протяжність шляхів транспорту та густоту транспортної мережі для вивезення деревини в розрізі підприємств подана в табл. 1.

За наведеними даними, лісові проїзди становлять значну частину протяжності наявної у лісовому фонді транспортної інфраструктури для вивезення деревини (32,3-53,3%). При цьому спостережено невелику її густоту, яка становить 2,7-4,5 км/1000 га з урахуванням усіх видів лісових шляхів. Цей показник є значно нижчим, ніж у сусідніх країнах, розташованих в Карпатах (О. Стиранівський, Ю. Стиранівський, 2010). Показники технічного стану лісових автодоріг і види водопропускних споруд на них наведені в табл. 2 і 3.

Більшість лісових автодоріг (72-85% від їх загальної протяжності) мають задовільний стан (рис. 2). При цьому частка доріг, не придатних до



експлуатації, сягає 8%. Зазвичай, для лісових автодоріг характерний дорожній одяг перехідного типу

(72-88%), який влаштовують із щебню, гравію, ґрунтощебню і ґрунтогравію.

Таблиця 1

**Густота транспортної мережі в розрізі лісових підприємств**

Державне підприємство	Площа лісового фонду, тис. га	Протяжність шляхів транспорту, км/%			Густота, км/1000 га		
		лісових автодоріг	лісових проїздів	разом	лісових автодоріг	лісових проїздів	разом
Вигодське лісове господарство	59,9	<u>110,22</u> 67,7	<u>52,59</u> 32,3	<u>162,81</u> 100,0	1,8	0,9	2,7
Надвірнянське лісове господарство	44,9	<u>92,57</u> 46,6	<u>105,98</u> 53,4	<u>198,55</u> 100,0	2,1	2,4	4,5

Таблиця 2

**Показники технічного стану лісових автодоріг**

Показники	Державне підприємство	
	Вигодське лісове господарство	Надвірнянське лісове господарство
Загальна протяжність лісових автодоріг, км/%	<u>110,22</u> 100,0	<u>92,57</u> 100,0
В т.ч.: задовільного стану	<u>80,03</u> 72,6	<u>78,97</u> 85,3
незадовільного стану	<u>21,18</u> 19,2	<u>12,21</u> 13,2
непридатних до експлуатації	<u>9,01</u> 8,2	<u>1,39</u> 1,5
Довжина ділянок за типом покриття, км/%		
перехідний	<u>78,97</u> 71,6	<u>81,10</u> 87,6
нижчий	<u>31,25</u> 28,4	<u>11,47</u> 12,4
Довжина ділянок, км/%		
з ухилом, що перевищує допустимий	<u>15,8</u> 14,3	<u>11,43</u> 12,3
з радіусом кривих менше допустимого	<u>0,99</u> 0,9	<u>1,83</u> 2,0
з проявами зсувних процесів	<u>5,25</u> 4,8	<u>0,55</u> 0,6
періодично затоплюваних	<u>5,19</u> 4,7	<u>0,73</u> 0,8

Необхідно відмітити значну кількість капітальних мостів (22-44%), збудованих із застосуванням залізобетонних конструкцій (рис. 3). Решту становлять дерев'яні чи комбіновані мости, елементи

яких піддаються гниттю, що суттєво впливає на їхній технічний стан (рис. 4). Загалом, лише близько третини всіх мостів мають задовільний технічний стан (табл. 3).

Для лісових доріг, які прокладені у складних природно-рельєфних умовах, характерна наявність великої кількості штучних споруд. Це мости різного ступеня капітальності, водопропускні труби і підпірні стінки. За кількістю водопропускних споруд на лісових автодорогах переважають круглі труби капітального типу, понад 60% яких є металевими. Приблизно третину становлять залізобетонні труби.



Рис. 2. Загальний вигляд лісової автодороги, прокладеної гірським схилом

Для лісових автодоріг характерним є наявність бродів, на яких відсутнє мощення дна річки чи укладання плит у місці перетину водотоку. Під час критичного підняття рівня води чи намерзанні льоду такі ділянки стають практично непрохідними для лісовозного транспорту.

Аналізуючи наявність і стан лісових автодоріг, варто відмітити позитивні тенденції, які намітилися в останній час у напрямку розвитку лісотранспортної мережі. Прокладання нових доріг здійснюють зазвичай поза межами річкових долин, часто з виходом на схили гір, що усуває загрозу руй-

нування їх паводковими водами. Вибір трас доріг проводять з використанням методів ландшафтного проектування.

Показники технічного стану лісових проїздів і види водопропускних споруд на них наведені в табл. 4 і 5.

Таблиця 3

**Характеристика водопропускних споруд на лісових автодорогах**

Державне підприємство	Водопропускні споруди, штук / %								Броди, штук
	мости				труби				
	в тому числі				в тому числі				
	всього	дерев'яні	залізобетонні	комбіновані	всього	залізобетонні	кам'яні	металеві	
Вигодське лісове господарство	$\frac{23}{100,0}$	$\frac{8}{34,8}$	$\frac{10}{43,5}$	$\frac{5}{21,7}$	$\frac{106}{100,0}$	$\frac{39}{36,8}$	$\frac{1}{0,9}$	$\frac{66}{62,3}$	39
Надвірнянське лісове господарство	$\frac{18}{100,0}$	$\frac{7}{38,9}$	$\frac{4}{22,2}$	$\frac{7}{38,9}$	$\frac{49}{100,0}$	$\frac{15}{30,6}$	$\frac{3}{6,1}$	$\frac{31}{63,3}$	12

Таблиця 4

**Показники технічного стану лісових проїздів**

Показники	Державне підприємство	
	Вигодське лісове господарство	Надвірнянське лісове господарство
Загальна довжина лісових проїздів, км/%	$\frac{52,59}{100,0}$	$\frac{105,98}{100,0}$
В т.ч.:		
задовільного стану	$\frac{25,95}{49,3}$	$\frac{57,04}{53,8}$
незадовільного стану	$\frac{13,55}{25,8}$	$\frac{37,33}{35,2}$
непридатних до експлуатації	$\frac{13,09}{24,9}$	$\frac{11,61}{11,0}$
Довжина ділянок за типом покриття, км/%		
перехідний	$\frac{18,20}{34,6}$	$\frac{43,30}{41,4}$
нижчий	$\frac{33,39}{63,6}$	$\frac{61,45}{58,6}$
Довжина ділянок, км/%		
з ухилом, що перевищує допустимий	$\frac{3,37}{6,4}$	$\frac{14,10}{13,3}$
з радіусом кривих менше допустимого	$\frac{0,93}{1,8}$	$\frac{0,73}{0,7}$
з проявами зсувних процесів	$\frac{0,76}{1,4}$	$\frac{0,00}{0,0}$
періодично затоплюваних	$\frac{8,97}{17,1}$	$\frac{18,96}{17,9}$



Рис. 3. Міст капітального типу з використанням залізобетонних конструкцій та скальної основи як берегової опори



Рис. 4. Загальний вигляд комбінованого моста

**Характеристика водопропускних споруд на лісових проїздах**

Державне підприємство	Водопропускні споруди, штук / %								Броди, штук
	мости				труби				
	в тому числі				в тому числі				
	всього	дерев'яні	залізобетонні	комбіновані	всього	залізобетонні	кам'яні	металеві	
Вигодське лісове господарство	7 100,0	4 57,1	0 0,0	3 42,9	13 100,0	1 7,7	2 15,4	10 76,9	46
Надвірнянське лісове господарство	21 100,0	12 57,1	3 14,3	6 28,6	36 100,0	19 52,8	0 0,0	17 47,2	74

Лише близько половини лісових проїздів мають задовільний стан, тоді як частка проїздів, не придатних до експлуатації, може досягати не менше чверті їхньої загальної довжини. Зазвичай для них характерний дорожній одяг нижчого типу (59-64%), для якого використовують місцеві ґрунти з включенням кам'яного матеріалу. Відносна протяжність ділянок з ухилами понад 10% складає 6-13%. Протяжність ділянок проїздів з радіусом кривих менше допустимого, з проявами зсувних процесів чи періодично затоплюваних, характерна для близько 20% проїздів.

Для лісових проїздів характерна наявність значної кількості переходів через водотоки, на яких збудовані здебільшого дерев'яні або комбіновані мости, а також круглі водопропускні труби, переважна більшість яких (47-77%) є металевими. Дерев'яні елементи мостів, зазвичай, не обробляють антисептиками, що істотно впливає на термін їхньої служби. Тому більшість мостів на лісових проїздах мають незадовільний технічний стан. На лісових проїздах питома кількість бродів є приблизно в три рази більшою, ніж на лісових автодорогах (рис. 5).



Рис. 5. Загальний вигляд броду на лісовій автодорозі

**Висновки.** Обстежені лісові дороги розташовані переважно в гірській та частково у горбистій місцевості та експлуатуються в складних рельєфних умовах, де переважають схили стрімкістю 20-30°. Лісові території характеризуються недостатньо розвинутою транспортною мережею. Лісова транспортна інфраструктура сформована двома видами шляхів – лісовими автомобільними дорогами та лісовими проїздами, значна частина з яких розташована в межах річкових долин. Густота лісових шляхів для вивезення деревини становить 2,7-4,5 км/1000 га, що є набагато нижчим показником, ніж у сусідніх країнах, розташованих у Карпатському регіоні. Спостережено наявність великої кількості лісових проїздів, які становлять 32,3-53,3% збудованої у лісовому фонді транспортної інфраструктури для вивезення деревини.

У характері розташування, ступені капітальності і технічному стані лісових автодоріг і проїздів існують суттєві відмінності. Лісові автодороги мають вищу частку протяжності ділянок із задовільним технічним станом (72-85%) і значну кількість капітальних мостів із застосуванням залізобетонних конструкцій (22-44%). Для них характерне влаштування дорожнього одягу перехідного типу (72-88% від загальної довжини). В останні роки спостережено збільшення протяжності лісових автодоріг за рахунок нового будівництва, переважно на гірських схилах із застосуванням методів ландшафтного проектування.

Лісові проїзди характеризуються значно нижчою капітальністю. На більшій частині їхньої протяжності (59-64%) влаштовано дорожній одяг нижчого типу. На переходах через водотоки збудовано дерев'яні або комбіновані мости, дерев'яні елементи яких не оброблено антисептиками. Лише близько половини лісових проїздів мають задовільний технічний стан, а частка проїздів, не придатних до експлуатації, досягає чверті їхньої загальної довжини. Також переважна більшість мостів на лісових проїздах мають незадовільний технічний стан. Ділянки з радіусом кривих менше допустимого, з проявами зсувних процесів чи періодично затоплю-



ваних, становлять близько 20% від загальної протяжності лісових проїздів. На лісових проїздах питома кількість бродів є приблизно в три рази більшою, ніж на лісових автодорогах.

Незважаючи на відсутність у нормативних документах, які регламентують проектування, будівництво та експлуатацію лісових шляхів, терміну «лісові проїзди», вони складають вагомий частку транспортної інфраструктури у лісах України. Це підтверджує необхідність внесення змін до галузевої нормативно-правової бази, де повинні бути відображені технічні та організаційно-фінансові аспекти влаштування належної транспортної інфраструктури лісових територій, як основи для ефективного лісоуправління на принципах сталого розвитку.

### Список літератури

- Гопкало В. (2019). Стратегія дій. Виконання вимог Карпатської конвенції як запорука сталого лісоуправління в Карпатах. *Лісовий і мисливський журнал*, 6, 11-14 [Gopkalo V. (2019) Action strategy. Compliance with the requirements of the Carpathian Convention as a guarantee of sustainable forest management in the Carpathians. *Forest and hunting magazine*, 6, 11-14. Retrieved from <https://journals.ua/reader/30319.html?list=1>] (in Ukrainian)
- Державна цільова програма «Ліси України» на 2010-2015 роки (2009). [State target program «Forests of Ukraine» for 2010-2015 (2009). Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/242334419>] (in Ukrainian)
- Державна програма розвитку регіону Українських Карпат на 2020-2022 роки (2019). [State program development of the Ukrainian Carpathians region for 2020-2022 (2019) Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/880-2019-%D0%BF#Text>] (in Ukrainian)
- Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо заборони суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону» (2019). [Law of Ukraine «On Amendments to Certain Laws of Ukraine on the Prohibition of Clear Felling on Mountain Slopes in Fir-Beech Forests of the Carpathian Region» (2019). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/249-20#Text>] (in Ukrainian)
- Коржов В.Л. (2004). Оптимальна транспортна мережа у лісфонді як фактор екологічної стабільності та сталого природокористування. *Науковий вісник Укр. держ. лісотехн. ун-ту*, 14.3, 201-207. [Korzhov, V.L. (2004). Optimal transport network in the forest fund as a factor of ecological stability and sustainable nature management. *Scientific Bulletin of the Ukrainian State Forestry University*, 14(3), 201-207. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14\\_3/index14\\_3.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2004/14_3/index14_3.htm)] (in Ukrainian)
- Коржов В.Л. (2011). Вдосконалення лісокористування як фактор запобігання кліматичних змін. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 9, 189-193. [Korzhov, V.L. (2011). Improvement of forest resource management as factor of climate change mitigation. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 189-193. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/issue/view/14>] (in Ukrainian)
- Коржов В.Л., Кудра В.С., Тимчук Б.Й. (2015). Оцінка параметрів лісотранспортної мережі у гірських лісах (на прикладі ДП «Осмолодське лісове господарство»). *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 13, 210-216. [Korzhov, V., Kudra, V., & Tymchuk, B. (2015). Assessment of forest transport network dimensional characteristics in the mountain forests (“Osmoloda forestry” state enterprise as a case study). *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 13, 210-216. <https://doi.org/10.15421/411530>] (in Ukrainian)
- Перечень объектов лесной инфраструктуры для защитных лесов, эксплуатационных лесов и резервных лесов (2012). [List of forest infrastructure facilities for protective forests, commercial forests and reserve forests (2012). Retrieved from <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293729/4293729049.htm>] (in Russian)
- Стиранівський О., Стиранівський Ю. (2010). *Природоохоронні засади транспортного освоєння гірських лісових територій*. Львів: НЛТУ України. 208 с. [Styranivsky, O., & Styranivsky, Yu. (2010). *Environmental principles of transport development of mountain forest areas*. Lviv: Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- A Guide for Forest Access Road Construction and Maintenance in the Southern Appalachian Mountains (2014). Retrieved from <https://www.ncforestservice.gov/publications/WQ0214.pdf>
- Forest Roads Inventory (2021). Retrieved from [https://www.michigan.gov/dnr/0,4570,7-350-79119\\_79148\\_80679---,00.html](https://www.michigan.gov/dnr/0,4570,7-350-79119_79148_80679---,00.html)
- Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians (2003). Retrieved from <http://www.carpathianconvention.org/text-of-the-convention.html>
- Gropp, R., & McAvoya, D. (2002). *Technical Manual for Landowners, Loggers and Resource Managers*. Washington: State of Utah Department of natural Resource
- Guide to forest road engineering in mountainous terrain (2007). Rome: Food and agriculture organization of the United Nations
- Laschi, A., Foderi, C., Fabiano, F., Neri, F., Cambi, M., Mariotti, B., & Marchi, E. (2019). Forest Road Planning, Construction and Maintenance to Improve Forest Fire Fighting: a Review. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 40(1), 207-219. Retrieved from <http://www.crojfe.com/site/assets/files/4308/laschi.pdf>
- Lugo, A. E., & Gucinski, H. (2000). Function, Effects, and Management of Forest Roads. *Forest Ecology and Management*, 133(3), 249-262. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00237-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00237-6)
- Protocol on Sustainable Forest Management to the Framework Convention on the Protection and Sustainable Development of the Carpathians (2011). Ret-

- rieved from [http://www.carpathianconvention.org/protocol\\_on\\_sustainable\\_forest\\_management.html](http://www.carpathianconvention.org/protocol_on_sustainable_forest_management.html)
- Ryan, T., Phillips, H., Ramsay, J., & Dempsey, J. (2004). *Forest Road Manual. Guidelines for the design, construction and management of forest roads*. Dublin: COFORD
- Showcasing the DNR: State forest roads inventory completed* (2019). Retrieved from <https://content.govdelivery.com/accounts/MIDNR/bulletins/226177f>
- Strategic Action Plan for the implementation of the Protocol on Sustainable Forest Management* (2014). Retrieved from [http://www.carpathianconvention.org/tl\\_files/carpathiancon/Downloads/03%20Meetings%20and%20Events/COP/2014\\_COP4\\_Mikulov/Follow%20Up/DOC11\\_Forest%20SAP%20FINAL\\_26\\_SepCOP4.pdf](http://www.carpathianconvention.org/tl_files/carpathiancon/Downloads/03%20Meetings%20and%20Events/COP/2014_COP4_Mikulov/Follow%20Up/DOC11_Forest%20SAP%20FINAL_26_SepCOP4.pdf)
- Vienna Declaration and Vienna Resolutions* (2003). Adopted at the Fourth Ministerial Conference on the Protection of Forest in Europe. Vien: Ferdinand Berger und Sohne Ges.m.b.H.
- West Virginia Silvicultural Best Management Practices for Controlling Soil Erosion and Sedimentation from Logging Operations* (2014). Charleston: West Virginia Division of Forestry

## Technical condition features of the forest ways in the Ukrainian Carpathians

V. Korzhov<sup>1</sup>

The article presents the results of studies of the forest transport infrastructure used for hauling timber, which is harvested in forest areas located on the northeastern mega-slope of the Ukrainian Carpathians. The research was carried out at two state-owned enterprises, the total forest area of which is about 105,000 hectares. Field work included determining the forest ways location, parameters, and technical condition of their roadbed and artificial structures. In addition, the presence of plots with road grade greater than the permissible or the radius of curves less than permissible, flooded and landslide places were determined. The total length of forest ways surveys is over 360 km. The assessment of the condition of the roadbed and watercourse crossing drainage structures was carried out according to a three-point system: satisfactory condition, unsatisfactory condition, and not suitable for use.

It has been established that the transport network of forest enterprises is represented by two types of ways: forest roads and forest driveways. At the same time, forest driveways make up a significant part

of its length (32.3-53.3%). There is a low density of the transport network, which is 2.7-4.5 km/1000 ha, taking into account all types of forest ways. The presence of significant differences in the nature of the location, degree of capital, and technical condition of forest roads and driveways revealed. The forest roads have a higher share of the length of sections with a satisfactory technical condition (72-85%), as well as a significant number of capital bridges using reinforced concrete structures (22-44%). They are characterized by the presence of a road surface with aggregate or gravel (72-88%).

Forest driveways are characterized by significantly lower capital and worse technical condition. For most of their length (59-64%), road surface of the lower type arranged. Wooden or combined bridges have been built at the watercourse crossings, the overwhelming majority of which have unsatisfactory technical conditions. Only about half of the forest passages have a satisfactory technical condition, and their share of those that are not suitable for use can reach a quarter of the total length. Also, the overwhelming majority of bridges on forest driveways have an unsatisfactory technical condition. Places with a radius of curves less than permissible, with manifestations of landslide processes or periodically flooded make up about 20% of the total length of forest driveways. On forest driveways, the specific number of fords is approximately three times higher than on forest roads.

Despite the absence of the term “forest driveways” in the regulatory documents governing the design, construction, and operation of forest ways, they make up a significant share of the transport infrastructure in the forests of Ukraine. That confirms the need to amend the sectoral regulatory framework, which should reflect the technical, organizational, and financial aspects of creating an appropriate transport infrastructure for forest areas as the basis for effective forest management based on the sustainable development principles.

**Key words:** mountain forests; transport infrastructure; density; types of way; length; location; level of capital; quality indicators.

## Особенности технического состояния лесных путей в Украинских Карпатах

В. Л. Коржов<sup>1</sup>

Представлены результаты исследований сети лесных путей, используемых для вывозки древесины, которую заготавливают на лесных территории-

<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 str., 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>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>

ях, расположенных на северо-восточном мегасклоне Украинских Карпат. Исследования проведены в лесном фонде двух государственных предприятий, общая площадь лесов которых составляет около 105 тыс. га. Полевые работы включали установление местоположения лесных путей, параметров и технического состояния их дорожного полотна и искусственных сооружений. Кроме того, определяли наличие участков с уклонами больше допустимого или радиусами кривых меньше допустимых, затопляемые и оползневые участки. Общая длина обследованных лесных путей составила более 360 км. Оценку состояния дорожного полотна и водопропускных сооружений осуществляли по трехбалльной системе: удовлетворительное состояние, неудовлетворительное состояние, не пригоден к использованию.

Транспортная сеть лесных предприятий представлена двумя типами путей: лесные автодороги и лесные проезды. При этом лесные проезды составляют значительную часть ее протяженности (32,3-53,3%). Наблюдается низкая плотность транспортной сети, которая составляет 2,7-4,5 км/1000 га с учетом всех видов лесных путей. Выявлено наличие существенных различий в характере расположения, степени капитальности и технического состояния лесных автодорог и проездов. Лесные автодороги имеют более высокий процент протяженности участков с удовлетворительным техническим состоянием (72-85%), а также значительное количество капитальных мостов с применением железобетонных конструкций (22-44%). Для них характерно устройство дорожной одежды переходного типа (72-88%). Лесные проезды характеризуются

значительно меньшей капитальностью и худшим техническим состоянием. На большей части их протяженности (59-64%) устроена дорожная одежда низшего типа. На переходах через водотоки построены деревянные или комбинированные мосты, подавляющее большинство которых имеют неудовлетворительное техническое состояние. Лишь около половины лесных проездов имеют удовлетворительное техническое состояние, а доля не пригодных к эксплуатации может достигать четверти общей длины. Также подавляющее большинство мостов на лесных проездах имеют неудовлетворительное техническое состояние. Участки с радиусом кривых меньше допустимого, с проявлениями оползневых процессов или периодически затопляемые составляют около 20% от общей протяженности лесных проездов. На лесных проездах удельное количество бродов приблизительно в три раза больше, чем на лесных автодорогах.

Несмотря на отсутствие в нормативных документах, регламентирующих проектирование, строительство и эксплуатацию лесных дорог, термина «лесные проезды», они составляют весомую часть транспортной инфраструктуры в лесах Украины. Такое положение подтверждает необходимость внесения изменений в отраслевую нормативно-правовую базу, где должны быть отражены технические и организационно-финансовые аспекты создания надлежащей транспортной инфраструктуры лесных территорий как основы для эффективного лесопользования на принципах устойчивого развития.

**Ключевые слова:** горные леса; транспортная инфраструктура; плотность; виды путей; протяженность; местоположение; уровень капитальности; показатели качества.



## 9. РЕСУРСООЩАДНІ ТА ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЕРЕВООБРОБКИ



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

<http://fasu.nltu.edu.ua>  
<https://doi.org/10.15421/412121>  
Article received 2021.02.11  
Article accepted 2021.06.10

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 str., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК 674.214

### Оцінювання витрати букової пилової сировини на виготовлення чорнових заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками

В. О. Маєвський<sup>1</sup>, З. П. Копинець<sup>2</sup>, О. Б. Ференц<sup>3</sup>, Є. М. Миськів<sup>4</sup>, М. М. Федик<sup>5</sup>

*Наведено результати експериментальних досліджень поопераційних витрат букової пилової сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками у виробничих умовах, зокрема під час реалізації таких технологічних етапів: розпилювання пилової сировини на необрізні пиломатеріали; поздовжнього розкрою необрізних пиломатеріалів на ділянки деревини, поперечний перетин яких відповідає поперечному перетину заготовок; сушіння сирих ділянок деревини; розкрою сухих ділянок деревини за довжиною з вирізанням недопустимих вад деревини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками.*

*За результатами здійснених експериментальних досліджень встановлено, що середні поопераційні витрати букової пилової сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками для різних технологічних етапів становлять: витрата букової пилової сировини на сирі необрізні пиломатеріали – 1,243 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>; витрата сирих необрізних пиломатеріалів за поздовжнього розкрою на сирі*

<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. E-mail: [zoia.kopynets@nltu.edu.ua](mailto:zoia.kopynets@nltu.edu.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>

<sup>3</sup> Ференц Олег Богданович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-945-01-24. E-mail: [oleh.ferents@nltu.edu.ua](mailto:oleh.ferents@nltu.edu.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4322-3952>

<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. E-mail: [myskivs@i.ua](mailto:myskivs@i.ua) ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>

<sup>5</sup> Федик Михайло Миколайович – головний технолог. ТОВ «Компанія БІЛ І КА», вул. Вовчинецька, 225, м. Івано-Франківськ, 76006, Україна. E-mail: [rmishaf29.96@gmail.com](mailto:rmishaf29.96@gmail.com)

ділянки деревини –  $1,450 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; витрата сирих ділянок деревини на сухі ділянки деревини –  $1,173 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; витрата сухих ділянок деревини за поперечного розкрою з вирізанням недопустимих вад деревини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками –  $1,101 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Використання отриманих результатів поопераційних витрат букової пилової сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками для різних технологічних етапів дає змогу розробити відповідні нормативи витрат, придатні для застосування у виробничих умовах.

**Ключові слова:** пиловна сировина; бук; необрізні пиломатеріали; ділянки деревини, чорнові заготовки; витрата.

**Вступ.** На цей час виконано значну дослідницьку роботу у технології лісопиляння щодо вирішення проблеми ресурсозатратності сировини у технологічному процесі виробництва пилопродукції, зокрема на його первинній стадії – розпилювання лісоматеріалів (колод) та вторинній стадії – розкрій пиломатеріалів на заготовки.

Розпилювання пилової сировини на пиломатеріали з подальшим їх розкромом на заготовки є одними з важливих технологічних етапів у виробництвах, де для виготовлення продукції використовують цільну деревину. Таке твердження ґрунтується на високій частці вартості деревини (до 70%, а інколи і більше) у вартості пилопродукції (Buehlmann, 1998; Ветшева, Черепанова, 1997). Організація роботи та використання різних схем розпилювання пилової сировини і розкрою пиломатеріалів на кожному із наведених етапів істотно впливають на ефективність усього виробництва продукції (Buehlmann, 1998; Thomas, & Buehlmann, 2016).

Для ефективного планування роботи підприємств, у складі технологічних процесів яких є етапи розпилювання пилової сировини і (або) розкрою пиломатеріалів, важливо встановлювати науково обґрунтовані норми витрати деревинної сировини на усіх етапах виготовлення продукції (Маєвський, Копинець, Ковбасюк, Миськів, Якуба, 2019).

Дослідження витрат пилової сировини та пиломатеріалів на чорнові заготовки, а в інших випадках оберненої величини – виходу чорнових заготовок з пилової сировини та пиломатеріалів, тривалий час є предметом дослідження багатьох науковців (Левинский, Левинская, Агафонова, Савина, Волегова, 2006; Маєвський, Максимів, Мацюк, Дадак, 2006; Маєвський, Мацишин, Миськів, 2010; Пижурин, 1989; Руководящие технико-экономические..., 1988; Янушкевич, Ларченко, Чернявский, 2012; Popadić, Šošković, Milić, Todorović, & Furtula, 2014; Miñoz, Gete, & Regueiro, 2013 та ін.). Проте переважну більшість результатів таких досліджень отримано до впровадження у 2019 р. чинної української нормативної бази, гармонізованої з міжнародною (європейською), щодо обліку пилової сировини та її класифікації за якістю (ДСТУ 4020-2-2001; ДСТУ EN 1316-1:2018), а тому їх використання в сучасних умовах – малододільне.

Орієнтовні нормативи витрати букової пилової сировини для виготовлення обрізних та необрізних пиломатеріалів на різних типах обладнання з ура-

хуванням чинної української нормативної бази, гармонізованої з міжнародною (європейською), щодо обліку пилової сировини та її класифікації за якістю вперше запропоновано у доповненні до рекомендацій для лісопиляльно-деревообробних підприємств України «Розрахунок норм витрат деревини різних порід на виготовлення пилопродукції залежно від виду лісопиляльного устаткування та вибір лісопиляльного устаткування» (Маєвський та ін., 2019). Зокрема, відсоток виходу необрізних пиломатеріалів, отриманих на стрічкопилкових колодопиляльних верстатах, для діаметрів до 29 см становить 66,10...76,20%, для діаметрів 30...39 см – 67,73...78,62%, а для діаметрів понад 40 см – 68,00...81,10%. Натомість, наразі відсутні результати експериментальних досліджень витрати пилової сировини на виготовлення чорнових заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками, зокрема з деревини бука, що визначає високу актуальність дослідження.

**Об'єкти та методика дослідження.** Об'єкт дослідження – процес розпилювання букової пилової сировини на чорнові заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками. Предмет дослідження – витрата букової пилової сировини на виготовлення сухих чорнових заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками. Мета роботи – встановити поопераційні витрати букової пилової сировини на виготовлення чорнових різнодовжинних заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети здійснено низку експериментальних досліджень у виробничих умовах. Для поетапного нормування витрати букової пилової сировини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками, дослідження реалізовано у чотири етапи. На першому етапі експериментальних досліджень визначено об'ємний вихід пиломатеріалів з пилової сировини. На другому етапі встановлено об'ємний вихід сирих ділянок деревини, випиляних з необрізних пиломатеріалів. На третьому етапі враховано фактор вологості деревини і встановлено об'ємний вихід сухих ділянок деревини до вирізання вад. На четвертому етапі визначено вихід сухих чорнових різнодовжинних заготовок після вирізання вад з ділянок деревини. Схему послідовності виконання експериментальних досліджень наведено на рис. 1.



Рис. 1. Схема послідовності етапів експериментальних досліджень

Дослідні розпилювання пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки виконано у виробничих умовах. Розпилювання пиловної сировини здійснено розвальним способом на гори-

зонтальному стрічкопилковому колодопиляльному верстаті WRAWOR 1200. Отримані необрізані пиломатеріали розпиляно поздовж на багатопилковому круглопилковому верстаті RAIMAN ProfiRip KR310M. Сирі ділянки деревини висушено у конвективних сушильних камерах періодичної дії MUHLBOCK об'ємом завантаження 70 м<sup>3</sup>. За результатами оптимізації поперечного розкрою сухих ділянок деревини на лінії Opticut 150 отримано сухі чорнові різнодовжинні заготовки.

Вимірювання розмірів та встановлення об'єму пиловної сировини виконано згідно з ДСТУ 4020-2-2001, якість пиловної сировини встановлено згідно з ДСТУ EN 1316-1:2018; вимірювання розмірів пилопродукції проведено згідно з ДСТУ EN 1309-1-2001. Якість отримуваних сухих чорнових різнодовжинних заготовок відповідала класу j2 згідно з ДСТУ EN 942:2003.

Приклад схеми розпилювання пиловної сировини, яку застосовують у досліджуваному технологічному процесі, на ділянки деревини зображено на рис. 2. У процесі експериментальних досліджень випиляно необрізані пиломатеріали завтовшки 81 та 45 мм (рис. 2), які в подальшому розпиляно на ділянки деревини поперечного перетину 45×81 мм. Це розпилювальний розмір з припусками на всихання.

У процесі експериментальних досліджень встановлено розмірно-якісні характеристики пиловної сировини, пиломатеріалів і чорнових заготовок.

Об'ємний вихід пиломатеріалів з пиловної сировини, сирих ділянок деревини з пиломатеріалів, сухих ділянок деревини із сирих, сухих чорнових різнодовжинних заготовок із сухих ділянок деревини розраховували за формулою:

$$P_{\text{вих.м}} = \frac{V_{\text{вих.м}}}{V_{\text{вх.м}}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де  $V_{\text{вих.м}}$  – об'єм вихідного матеріалу (пиломатеріалів, сирих ділянок деревини, сухих ділянок деревини, сухих чорнових різнодовжинних заготовок), м<sup>3</sup>;  $V_{\text{вх.м}}$  – об'єм вхідного матеріалу (пиловної сировини, пиломатеріалів, сирих ділянок деревини, сухих ділянок деревини), м<sup>3</sup>.

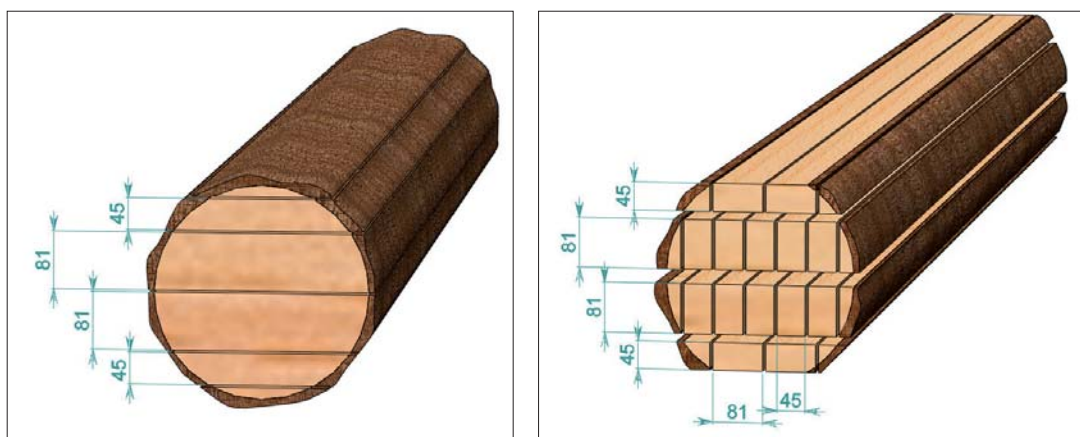


Рис. 2. Схема розпилювання пиловної сировини на ділянки деревини



Норму витрати вхідного матеріалу на 1 м<sup>3</sup> вихідного матеріалу розраховували за виразом:

$$N_{\text{вх.м}} = \frac{1}{P_{\text{вих.м}}} \cdot 100 \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (2)$$

**Результати дослідження.** Для експериментальних досліджень опрацьовано дані з облікової документації підприємства про розпилювання 302,98 м<sup>3</sup> букової пиловної сировини, з якої отримано 164,84 м<sup>3</sup> сирих ділянок деревини. Також виконано власні експериментальні дослідження – пасивний експеримент, під час якого розпиляно 15,997 м<sup>3</sup> пиловної сировини і отримано 12,871 м<sup>3</sup> сирих необрізних пиломатеріалів, з яких отримано 8,877 м<sup>3</sup> сирих ділянок деревини.

Результати експериментальних розпилювань занесли у журнал спостережень.

Під час виконання експериментальних досліджень розпилювали букову пиловну сировину діаметром на середині її довжини від 32 до 86 см, завдовжки від 2,9 до 3,2 м. Якісний склад пиловної сировини під час експериментальних досліджень: клас якості А – 10 %; клас якості В – 20 %; клас якості С – 50 %; клас якості D – 20 %.

Відсоток об'ємного виходу сирих ділянок деревини з пиловної сировини за даними облікової документації підприємства становить:

$$P_{\text{сир.ч.з}} = \frac{164,84}{302,98} \cdot 100 = 54,41 \%$$

Тоді витрата пиловної сировини на 1 м<sup>3</sup> сирих ділянок деревини становить:

$$N_{\text{сир.ч.з}} = \frac{100}{54,41} = 1,838 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Під час проведення власних експериментальних досліджень встановлено, що відсоток виходу сирих необрізних пиломатеріалів становить:

$$P_{\text{п.м}} = \frac{12,871}{15,997} \cdot 100 = 80,46 \%$$

Тоді витрата пиловної сировини на 1 м<sup>3</sup> сирих необрізних пиломатеріалів становить:

$$N_{\text{п.м}} = \frac{100}{80,46} = 1,243 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Статистична обробка результатів досліджень під час розпилювання пилової сировини на необрізні пиломатеріали засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 6,64%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати пиловної сировини на необрізні пиломатеріали при інших дослідженнях за цих же умов буде знаходитися в межах 1,207...1,280 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

За поздовжнього розкрою сирих необрізних пиломатеріалів відсоток виходу ділянок деревини становить:

$$P_{\text{сир.д.д}} = \frac{8,877}{12,871} \cdot 100 = 68,97 \%$$

Тоді норма витрати сирих необрізних пиломатеріалів на 1 м<sup>3</sup> сирих ділянок деревини становить:

$$N_{\text{сир.д.д}} = \frac{100}{68,97} = 1,450 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Відсоток виходу сирих ділянок деревини з пиловної сировини досліджуваної специфікації, за даними облікової документації підприємства та власних експериментальних досліджень, становить:

$$P_{\text{сир.д.д}} = \frac{173,717}{318,977} \cdot 100 = 54,46 \%$$

Тоді витрата пиловної сировини на 1 м<sup>3</sup> сирих ділянок деревини становить:

$$N_{\text{сир.ч.з}} = \frac{100}{54,46} = 1,836 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Отже, між отриманими результатами і даними підприємства відхилення незначне.

Статистична обробка результатів досліджень під час поздовжнього розкрою необрізних пиломатеріалів засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 26,39%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати сирих необрізних пиломатеріалів на сирі ділянки деревини при інших дослідженнях за цих же умов буде знаходитися в межах 1,291...1,653 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Після вимірювання розмірів ділянок деревини до і після сушіння встановлено їхнє об'ємне всихання до вологості 8%, яке знаходилось в межах 13,68...16,16%, середнє значення становить 14,76%. Відсоток виходу сухих ділянок деревини із сирих ділянок в середньому становить:

$$P_{\text{сух.д.д}} = \frac{2,0496}{2,4046} \cdot 100 = 85,24 \%$$

Тоді витрата сирих ділянок деревини на 1 м<sup>3</sup> сухих ділянок становить:

$$N_{\text{сух.д.д}} = \frac{100}{85,24} = 1,173 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Статистична обробка результатів досліджень після сушіння засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 6,03%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати сирих ділянок деревини на сухі за цих же умов дослідження буде знаходитися в межах 1,167...1,179 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Лінія оптимізації налаштована на отримання чорнових заготовок завдовжки від 250 до 750 мм. У результаті математичної обробки експериментальних даних встановлено, що на етапі поперечного розкрою сухих ділянок деревини вихід чорнових різнововжинних заготовок знаходиться в межах 82,97...97,97%, а середнє значення досліду становить 90,80%.

Відсоток виходу чорнових різнововжинних заготовок із сухих ділянок деревини становить:

$$P_{\text{ч.р.з}} = \frac{1,8764}{2,0666} \cdot 100 = 90,80 \%$$

Тоді норма витрати сухих ділянок деревини на 1 м<sup>3</sup> чорнових різнодовжинних заготовок становить:

$$N_{ч.р.з} = \frac{100}{90,80} = 1,101 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Статистична обробка результатів досліджень поперечного розкряю сухих ділянок деревини засвідчила, що коефіцієнт варіації становить 5,05%, на основі чого можна вважати, що експеримент відтворюється. З імовірністю 95% середнє значення витрати сухих ділянок деревини на чорнові різнодовжинні заготовки за цих же умов досліджень буде знаходитися в межах 1,075...1,129 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

У табл. наведено поопераційні витрати пиловної сировини на 1 м<sup>3</sup> сухих чорнових різнодовжинних заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками.

Таблиця

**Поопераційні витрати букової пиловної сировини на 1 м<sup>3</sup> сухих чорнових різнодовжинних заготовок із заданими розмірно-якісними характеристиками**

№з/п	Технологічна операція	Позначення	Витрата, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
1	Розпилювання пиловної сировини на необрізні пиломатеріали	N <sub>п.м</sub>	1,207...1,280
2	Поздовжній розкряй сирих необрізних пиломатеріалів	N <sub>сир.д.д</sub>	1,291...1,653
3	Сушіння сирих ділянок деревини	N <sub>сух.д.д</sub>	1,167...1,179
4	Поперечний розкряй сухих ділянок деревини	N <sub>ч.р.з</sub>	1,075...1,129
5	Витрата пиловної сировини на 1 м <sup>3</sup> сухих чорнових різнодовжинних заготовок	N <sub>п.с</sub>	1,955...2,816

Загальну витрату пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками визначаємо за формулою:

$$N_{п.с} = N_{п.м} \cdot N_{сир.д.д} \cdot N_{сух.д.д} \cdot N_{ч.р.з}, \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (3)$$

**Висновки.** Аналіз результатів досліджень, пов'язаних із визначенням витрати букової пиловної сировини на чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками, підтверджує, що переважна більшість з них отри-

мана до впровадження у 2019 р. чинної української нормативної бази, гармонізованої з міжнародною (європейською), щодо обліку пиловної сировини та її класифікації за якістю.

Витрата букової пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками за досліджуваних експериментальних умов знаходиться у діапазоні 1,955...2,816 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

Визначено поопераційні витрати букової пиловної сировини на сухі чорнові різнодовжинні заготовки із заданими розмірно-якісними характеристиками для різних технологічних етапів, використання яких дасть змогу розробити відповідні нормативи витрат, придатні для застосування у виробничих умовах.

**Список літератури**

Ветшева В. Ф., Черепанова С. А. (1997). Совершенствование нормирования расхода древесины в производстве пиломатериалов. *Деревообрабатывающая промышленность*, 1, 12-13. [Vietsheva, V.F., & Chieriepanova, C. A. (1997). Improving the rating of wood consumption in the production of lumber. *Woodworking industry*, 1, 12-13. Retrieved from: [https://www.booksite.ru/derevo/1997/1997\\_1.pdf](https://www.booksite.ru/derevo/1997/1997_1.pdf)] (in Russian)

ДСТУ 4020-2-2001 (pr EN 1309-2:1998) (2001). Лісоматеріали круглі та пиляні. Методи обмірювання та визначення об'ємів. Частина 2. Лісоматеріали круглі. Видання офіційне. Київ: Держстандарт України [DSTU 4020-2-2001 (pr EN 1309-2:1998) (2001) Round and sawn timber. Method of measurement of dimensions. Part 2: Round timber. Edition is official. Kyiv: State standard of Ukraine] (in Ukrainian)

ДСТУ EN 1316-1:2018 (EN 1316-1:2012, IDT) (2018). Лісоматеріали круглі листяні. Класифікація за якістю. Частина 1. Дуб і бук. Видання офіційне. Київ: Держстандарт України [DSTU EN 1316-1:2018 (EN 1316-1:2012, IDT) (2018). Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 1. Oak and beech. Edition is official. Kyiv: State standard of Ukraine] (in Ukrainian)

ДСТУ EN 1309-1-2001 (2002). Лісоматеріали круглі та пиляні. Метод вимірювання розмірів. Частина 1. Пиломатеріали. Видання офіційне. Київ: Держстандарт України [DSTU EN 1309-1-2001 (2002). Round and sawn timber. Method of measurement of dimensions. Part 1. sawn timber. Edition is official. Kyiv: State standard of Ukraine] (in Ukrainian)

ДСТУ EN 942:2003 (EN 942:1996, IDT) (2005). Лісоматеріали у столярній справі. Загальна класифікація за якістю. Видання офіційне. Київ: Держспоживстандарт України [DSTU EN 942:2003. Timber in joinery. General classification of timber quality (EN 942:1996, IDT) Edition is official. Kyiv: Stateconsumstandard of Ukraine] (in Ukrainian)

Левинский Ю. Б., Левинская Г. Н., Агафонова Р. И., Савина В. В., Волегова Н. В. (2006). Рациональ-

- ная переработка пиловочного сырья на заготовки для производства клееных материалов строительного назначения. *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды международного евразийского симпозиума*, Екатеринбург, 2006. С. 53-56. [Levinskij, J. B., Levinskaja, G. N., Agafonova, R. I., Savina, V. V., & Volegova, N. V. (2006). Rational processing of raw material for sawn timber on preparations for manufacture glued constructive materials. *Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century*, 53-56. Yekaterinburg, Russia: Ural State Forestry University 53-56. Retrieved from [http://symposium.forest.ru/article/2006/2\\_tehnology/levinskyi\\_01.htm](http://symposium.forest.ru/article/2006/2_tehnology/levinskyi_01.htm)] (in Russian)
- Маєвський В. О., Копинець З. П., Ковбасюк В. М., Миськів Є. М., Якуба М. М. (2019). Технологічні аспекти регулювання витрат деревинної сировини під час виготовлення віконних блоків з тришарового клеєного бруса. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 18, 208-216 [Mayevskyy, V., Kopynets, Z., Kovbasyuk, V., Myskiv, Ye., & Yakuba, M. (2019) Technological aspects of raw wood material consumption regulation in the manufacture of window units from three-layer glued bars. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 18, 208-216. <https://doi.org/10.15421/411922>] (in Ukrainian)
- Маєвський В. О., Максимів В. М., Мацюк Р. І., Дадак, Р. М. (2006). Визначення об'ємного виходу пилопродукції для технологічних потоків на базі стрічкопилкового обладнання. *Науковий вісник НЛТУ України*, 16(1), 150-158. [Mayevskyy, V. O., Maksymiv, V. M., Matsyuk, R. I., & Dadak R. M. (2006). Evaluation of lumber volume recovery for processing lines on the basis of band saws. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 16(1), 150-158. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16\\_1/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_1/index.htm)] (in Ukrainian)
- Маєвський В. О., Марченко Н. В., Ференц О. Б., Андрашек Й. В., Копинець З. П., Мазурчук С. М., Буйських, Н. В. (2019). Доповнення до рекомендацій для лісопиляльно-деревообробних підприємств України «Розрахунок норм витрат деревини різних порід на виготовлення пилопродукції залежно від виду лісопиляльного устаткування та вибір лісопиляльного устаткування». Київ: НУБіП, НЛТУ України. [Maevsky, V. O., Marchenko, N. V., Ferents, O. B., Andrashek, J. V., Kopynets, Z. P., Mazurchuk, S. M., Buyskykh, N. V. (2019). Guide supplement for sawmills and woodworking enterprises of Ukraine «Calculation of wood consumption rates of different species for the manufacture of sawn timber products depending on the type and choice of sawmill equipment». Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukrainian National Forestry University] (in Ukrainian)
- Маєвський В. О., Мацишин Я. В., Миськів Є. М. (2010). Особливості розкрою пиломатеріалів на радіальні та тангенціальні заготовки. *Науковий вісник НЛТУ України*, 20(15), 81-90. [Mayevskyy, V. O., Matsyshyn, Ya. V., & Myskiv, Ye. M. (2010). The features of sawn timber sawing into quarter and plain blanks. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 20(15), 81-90. Retrieved from [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20\\_15/index.htm](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2010/20_15/index.htm)] (in Ukrainian)
- Руководящие технико-экономические материалы по нормированию расхода материалов в производстве столярно-строительных изделий* (1988). Балабаново: ВНПО «Союзнаучстандартдом» Минлеспрома СССР [Guiding technical and economic materials on the rationing of material consumption in the manufacture of joinery and construction products (1988). Balabanovo: VNPO "Soyuznauchstandart" of the USSR Ministry of Forest Industry] (in Russian)
- Пижурин А. А. (1989). Оптимизация раскроя хлыстов пиловочных брёвен и пиломатериалов на заготовки для деревянного домостроения: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. Москва: МЛТИ. 197 с. [Pizhurin, A. A. (1989). *Optimization of cutting logs and sawn timber into blanks for wooden housing construction* (Doctoral dissertation, Moscow Forestry Institute, Moscow, Russia) (in Russian)
- Янушкевич А. А., Ларченко А. В., Чернявский Е. А. (2012). Индивидуальный раскрой бревен на радиальные пиломатериалы для клееных брусев. *Актуальные проблемы лесного комплекса*, 34. [Yanushkevich, A. A., Larchenko, A. V., & Charniauski, Y. A. (2012) Individual cutting of logs into quarter-sawn lumber for glued bars. *Current problems of the forest sector*, 34. Retrieved from: [http://www.science-bsea.bgita.ru/2012/les\\_komp\\_2012/yanushkevich\\_ind.htm](http://www.science-bsea.bgita.ru/2012/les_komp_2012/yanushkevich_ind.htm)] (in Russian)
- Buehlmann, U. (1998). Understanding the relationship of lumber yield and cutting bill requirements: a statistical approach (Doctoral dissertation, State University, Blacksburg, Virginia, the USA). Retrieved from: [https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/30745/diss\\_bue.PDF?sequence=1](https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/30745/diss_bue.PDF?sequence=1)
- Muñoz, G. R., Gete, A. R., & Regueiro, M. G. (2013). Variation in log quality and prediction of sawing yield in oak wood (*Quercus robur*). *Annals of Forest Science*, 70, 695-706. <https://doi.org/10.1007/s13595-013-0314-8>
- Popadić, R., Šoškić, B., Milić, G., Todorović, N., & Furtula, M. (2014). Influence of the sawing method on yield of beech logs with red heartwood. *Drvna industrija*, 65(1), 35-42. <https://doi.org/10.5552/drind.2014.1312>
- Thomas, R. E., & Buehlmann, U. (2016). Potential for Yield Improvement in Combined Rip-First and Crosscut-First Rough Mill Processing. *BioResources*, 11(1), 1477-1493. <https://doi.org/10.15376/biores.11.1.1477-1493>



## Evaluating the beech log input in the rough blanks manufacture with specified dimensional and quality characteristics

V. Mayevskyy<sup>1</sup>, Z. Kopynets<sup>2</sup>, O. Ferents<sup>3</sup>,  
Ye. Myskiv<sup>4</sup>, M. Fedyk<sup>5</sup>

Log-to-lumber converting processes with subsequent cutting into blanks is one of the important processing stages in industries where solid wood is used for the products manufacture. Therefore, the study of wood consumption at these stages is relevant in today's production conditions.

The results of experimental studies are obtained on the beech log input for producing rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics in production conditions. The step-by-step operational beech log input for obtaining dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics have been investigated, in particular, during the implementation of the following processing stages: sawing the wood into unedged lumber; rip-sawing unedged lumber into separate parts of wood, the cross-section of which corresponds to the cross-section of the blanks; drying of damp parts of the wood; cutting dry parts of the wood along the length, while cutting out unacceptable wood defects, into rough blanks of different lengths with specified dimensional and quality characteristics.

The dimensions of the beech log, which was sawn during the experimental studies, were following: diameter in the middle of its length – from 32 cm to 86 cm, log length – from 2.9 m to 3.2 m. The qualitative composition of the sawing log in the experimental

studies: quality class A – 10%; quality class B – 20%; quality class C – 50%; quality class D – 20%.

In the process of experimental studies, unedged lumber with a thickness of 81 mm and 45 mm was obtained which was further cut into wood parts with a cross-section of 45 × 81 mm.

The analysis of the results of the experimental studies made it possible to find that the average step-by-step operational indexes of the beech log input for obtaining dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics for various processing stages are of the following values: beech log input for obtaining damp unedged lumber – 1.243 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; consumption of damp unedged lumber in case of length cutting into damp parts of wood – 1.450 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; consumption of damp wood parts for obtaining dry wood parts – 1.173 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; consumption of dry parts of wood, in case of cutting them along the length with cutting out unacceptable wood defects, into rough blanks of different lengths with specified dimensional and quality characteristics – 1.101 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

The determined values of the beech log input for obtaining dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics under the experimental conditions are in the range of 1.955 ... 2.816 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

The use of the results of the step-by-step operational beech log input to obtain dry rough blanks of different lengths with specified dimensional and qualitative characteristics for various processing stages will allow developing appropriate consumption rates that are applicable in production conditions.

**Key words:** sawing timber; beech; unedged lumber; wood parts; rough blanks; consumption.

<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 str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-238-44-96, +38-067-670-38-87. E-mail: volodymyr\_mayevskyy@ntu.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 str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-670-20-58. E-mail: zoya\_kopynets@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8977-6953>

<sup>3</sup> *Oleh Ferents* – PhD in Technical Sciences, associate Professor, Head of Department of Saw-Milling, Joinery and Wooden Building Products. Ukrainian National Forestry University, 103 General Chuprynka str., Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: +38-067-945-01-24. E-mail: oleh.ferents@ntu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4322-3952>

<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 str., Lviv, 79057, Ukraine. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>

<sup>5</sup> *Fedyk Mykhaylo* – chief technologist. Limited Liability Company «КОМПАНИЯ БИЛ І КА», str. Vovchynetska, 225, Ivano-Frankivsk, 76006, Ukraine. E-mail: rmishaf29.96@gmail.com

## Оценка расхода букового пиловочного сырья на изготовление черновых заготовок с заданными размерно-качественными характеристиками

В. О. Маевский<sup>1</sup>, З. П. Копинец<sup>2</sup>, О. Б. Ференц<sup>3</sup>,  
Е. М. Мыськив<sup>4</sup>, М. М. Федик<sup>5</sup>

Распиловка пиловочного сырья на пиломатериалы с последующим раскромом их на заготовки является одним из важных технологических этапов в производствах, где для изготовления продукции используют цельную древесину. Поэтому исследование расхода древесины на этих этапах является актуальным в современных производственных условиях.

Получены результаты экспериментальных исследований расхода букового пиловочного сырья на черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками в производственных условиях. Исследованы пооперационные расходы букового пиловочного сырья на сухие черновые заготовки разной длины с задан-

ными размерно-качественными характеристиками, в частности при реализации таких технологических этапов: распиловка пиловочного сырья на необрезные пиломатериалы; продольного раскроя необрезных пиломатериалов на отдельные участки древесины, поперечное сечение которых соответствует поперечному сечению заготовок; сушки сырых участков древесины; поперечного раскроя сухих участков древесины с вырезкой недопустимых пороков древесины на черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками.

При выполнении экспериментальных исследований распиливали буковое пиловочное сырье диа-

метром на середине его длины от 32 до 86 см, длиной от 2,9 до 3,2 м. Качественный состав пиловочного сырья при экспериментальных исследованиях: класс качества А – 10%; класс качества В – 20%; класс качества С – 50%; класс качества D – 20%.

В процессе экспериментальных исследований выпиливали необрезные пиломатериалы толщиной 81 и 45 мм, которые в дальнейшем раскраивали на отдельные участки древесины поперечного сечения  $45 \times 81$  мм.

Анализ полученных результатов экспериментальных исследований позволил установить, что средние пооперационные показатели расхода букового пиловочного сырья на сухие черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками для различных технологических этапов составляют: расход букового пиловочного сырья на сырые необрезные пиломатериалы –  $1,243 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; расход сырых необрезных пиломатериалов при их продольном раскрое на сырые участки древесины –  $1,450 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; расход сырых участков древесины на сухие участки древесины –  $1,173 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ; расход сухих участков древесины при их поперечном раскрое с вырезкой недопустимых пороков древесины на черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками –  $1,101 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Установленные величины расхода букового пиловочного сырья на сухие черновые заготовки разной длины с заданными размерно-качественными характеристиками при исследуемых экспериментальных условиях находятся в диапазоне  $1,955 \dots 2,816 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Использование полученных результатов пооперационных расходов букового пиловочного сырья на сухие черновые разной длины заготовки с заданными размерно-качественными характеристиками для различных технологических этапов позволит разработать соответствующие нормативы расхода, которые применимы в производственных условиях.

**Ключевые слова:** пиловочное сырье; бук; необрезные пиломатериалы; участки древесины; черновые заготовки; расход.

<sup>1</sup> *Маєвський Володимир 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 Павлівна* – 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> *Ференц Олег Богданович* – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологий лесопиления, столярных и деревянных строительных изделий. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: +38-067-945-01-24. E-mail: oleh.ferents@nltu.edu.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4322-3952>

<sup>4</sup> *Миськів Євстахій 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. E-mail: myskivs@i.ua ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1762-4728>

<sup>5</sup> *Федик Михаил Николаевич* – главный технолог. ООО «Компания БИЛ И КА», ул. Вовчиноцкая, 225, г. Ивано-Франковск, 76006, Украина. E-mail: rmishaf29.96@gmail.com

## 10. РЕЦЕНЗІЇ, ВІДГУКИ ТА ВІТАННЯ

### **Еколого-економічні засади поєднання раціонального природокористування та охорони довкілля у контексті парадигми сталого розвитку (з нагоди 80-річчя академіка Лісівничої академії наук України, академіка НАН України, професора Юрія Туниці)**

В. С. Загорський, М. Г. Адамовський, М. М. Борис, В. В. Лавний, Г. Т. Криницький, С. І. Миклуш, В. О. Маєвський, І. Т. Ребезнюк, П. К. Динька, Ю. М. Дебринюк, І. А. Дубовіч, І. П. Соловій

*19 травня виповнилося 80 років відомому вченому у галузі економіки природокористування та охорони довкілля, Почесному Президенту Лісівничої академії наук України, академіку Національної академії наук України, заслуженому діячу науки і техніки України, кавалеру орденів «За заслуги» II та III ступенів, доктору економічних наук, професору Юрію Юрійовичу ТУНИЦІ, який понад півстоліття свого життя віддав благородній місії підготовки наукових і науково-педагогічних кадрів, висококваліфікованих фахівців для лісової та суміжних галузей економіки України, розбудови Національного лісотехнічного університету України, реформуванню вищої лісотехнічної освіти в Україні.*

*Все своє наукове життя професор Ю. Ю. Туниця присвятив опрацюванню основ еколого-економічного вчення. Учений є засновником нового наукового напрямку – екологічна економіка. Ним відкрито та обґрунтовано економічний закон неминучого зростання екологічних витрат у структурі витрат суспільного виробництва та нові категорії в економічній науці – «економічні витрати і втрати», «еколого-економічна ефективність природокористування», а також запропоновано шляхи подолання еколого-економічної кризи в Україні.*

*Академік Ю. Ю. Туниця є автором ідеї та концепції створення Екологічної Конституції Землі – глобального міжнародного економіко-правового акта екологічної безпеки планети і сталого розвитку.*

Туниця Юрій Юрійович народився 19 травня 1941 року в с. Онок Виноградівського району Закарпатської області. Ювіляр пройшов шлях від студента, аспіранта, старшого викладача, доцента, професора, завідувача кафедри, проректора до ректора університету, очолюючи його понад 28 років.

У 1969 році Ю. Ю. Туниця захистив кандидатську дисертацію на тему «Економічна ефективність використання неліквідної деревини від рубок догляду в умовах Закарпатської області». Ще важливішою віхою у житті Ю. Ю. Туниці став захист у 36-річному віці докторської дисертації «Еколого-економічні проблеми комплексного використання та охорони лісових ресурсів (на прикладі Українських Карпат)», яка мала широкий резонанс серед наукової спільноти.

У 1988 році ректорат Львівського державного університету ім. Івана Франка запросив професора Ю. Ю. Туницю очолити новоутворену на географічному факультеті кафедру раціонального використання природних ресурсів і охорони природи.

У березні 1993 року професора Юрія Туницю було обрано ректором Львівського лісотехнічного інституту. Вступаючи на пост ректора, Юрій Юрі-

йович на найвищому здобутку людського духу – Біблії, присягнув, що всі свої сили, помисли та дії спрямує на розвиток Лісотехнічного інституту, як центру національної лісівничої освіти і науки, відкритого для співробітництва з усім цивілізованим світом. Учений зобов'язався забезпечити вільний від адміністративного тиску режим роботи колективу, оскільки переконаний, що лише вільна людина, позбавлена страху й чиношанування, здатна зробити суттєвий внесок у виховання майбутнього фахівця, у розвиток освіти і науки.

Під керівництвом професора Ю. Ю. Туниці Львівський лісотехнічний інститут динамічно розвивався і зайняв вагомий місце в системі національної освіти і науки. У 1993 році Львівський лісотехнічний інститут трансформувалася в Український державний лісотехнічний університет, а згодом, у 2005 році, завдяки наполегливим зусиллям ученого, здобув статус «національного».

Інтегрувавшись у європейську та світову систему вищої освіти і науки, завдяки наполегливій творчій праці співробітників та високому рівню підготовки фахівців, єдиний в Україні університет лісотехнічного профілю здійснює вагомий внесок у



розвиток лісового господарства, лісової та деревообробної промисловості, суміжних галузей економіки, чим здобув широке міжнародне визнання. Розвиваючи екологізацію освітнього процесу та забезпечуючи формування еколого-економічної компетентності фахівців, лісотехнічний університет об'єктивно став визнаним центром лісівничої науки та освіти, одним із лідерів пошуку шляхів досягнення цілей сталого розвитку.

За ініціативи Ю.Ю. Туниці у 1998 році розроблено і впроваджено першу в континентальній Європі магістерську програму «Економіка довкілля і природних ресурсів» у рамках Спільного Європейського проекту «ENAREKO» (Економіка довкілля і природних ресурсів), виконаного за кошти Європейської освітньої фундації Tempus-Tacis у партнерстві з провідними університетами Європи – міст Фрайбурга (ФРН), Гента (Бельгія) і Падови (Італія). Його результатом стало впровадження в Україні нової спеціальності на другому (магістерському) рівні – «економіст-еколог».

З 2004 року на базі Центру підготовки магістрів економіки довкілля і природних ресурсів створено нові для України Інститут і кафедру екологічної економіки, яку Ю.Ю. Туниця очолював до 2014 року.

За ініціативи Ю.Ю. Туниці в НЛТУ України розроблена і реалізується програма екологізації соціально-гуманітарних, природничих і фахових дисциплін. Її метою є започаткування в системі вищої освіти України процесу екологізації навчальних дисциплін як складової сучасної дидактики. Реалізація такої програми відповідає вимогам ООН до підготовки фахівців для сталого розвитку.

З метою координації діяльності науково-технічного потенціалу вчених, фахівців і громадських діячів різних країн для вирішення екологічних проблем регіону Карпат і прилеглих територій на локальному, регіональному та глобальному рівнях, за ініціативи професора Ю.Ю. Туниці, було зареєстровано міжнародне неурядове об'єднання з правами учасника зовнішньоекономічної діяльності – Міжнародний інститут-асоціацію регіональних екологічних проблем (МІАРЕП), до складу якого увійшло 28 університетів та наукових закладів європейських країн і США. В рамках цього інституту було виконано низку вагомих міжнародних проєктів, зокрема за програмою Tempus-Tacis спільний німецько-український проєкт «Енергоконцепція-Львів-2000», спільно з фахівцями фірми COWI (Данія) – дослідження «Водопостачання та очистка стічних вод м. Львова» та ін.

Академік Ю.Ю. Туниця є автором ідеї та концепції створення Екологічної Конституції Землі – глобального міжнародного економіко-правового акта екологічної безпеки планети і сталого розвитку. Він опублікував книгу «Екологічна Конституція Землі. Ідея. Концепція. Проблеми» та низку статей з проблеми підготовки цього важливого документа.

Три Президенти України на сесіях Генеральної Асамблеї ООН (1997, 2008, 2009 та 2011 рр.), ґрунтуючись на результатах наукових досліджень про-

фесора Ю.Ю. Туниці, проголошували ініціативу підготовки Екологічної Конституції Землі як інструмента трансформації ринкової економіки в екологічно безпечну «зелену» економіку. Ця ж пропозиція прозвучала офіційно від імені України і на Світовому саміті «Ріо+20» у 2012 році.

Професор Юрій Туниця сформував наукову школу з еколого-економічних проблем природокористування та охорони довкілля. Під його керівництвом захищено сім докторських і 44 кандидатських дисертації. Вчений є автором і співавтором 12 монографій і двох підручників. У творчому доробку академіка Ю.Ю. Туниці – понад 200 наукових праць.

Напрями наукових досліджень професора Ю.Ю. Туниці різнобічні. Він є визнаним у світі фахівцем в галузі раціонального природокористування та охорони довкілля, засновником нового наукового напрямку – екологічна економіка. Вченим відкрито та обґрунтовано економічний закон неминучого зростання екологічних витрат у структурі витрат суспільного виробництва та нові категорії в економічній науці – «екологічні витрати і втрати», «еколого-економічна ефективність природокористування», а також запропоновано шляхи подолання еколого-економічної кризи в Україні.

Все своє життя – педагога і вченого Ю.Ю. Туниця присвятив опрацюванню основ еколого-економічного вчення. Соціальну суть цього вчення науковець висловив такими словами: «Якщо ми дійсно прагнемо досягти сталого розвитку, як це передбачено “Порядком денним на ХХІ століття”, то мусимо відмовитися від традиційного економічного мислення ХХ століття і розпочати підготовку фахівців нової ери – економістів-екологів, які б розуміли один одного на всіх мовах, у всіх країнах світу». Основи еколого-економічного вчення закладені професором Ю.Ю. Туницею у книзі «Еколого-економічна ефективність природокористування», яка вийшла друком ще у 1980 році і була визнана вагомим вкладом колишнього СРСР у Міжнародну програму ЮНЕСКО «Людина і біосфера». Після опублікування цієї праці в Україні та за її межами розгорнулися широкі наукові дослідження з економічних проблем природокористування та охорони довкілля, що набули особливої актуальності в сучасних умовах.

Згодом це вчення отримало розвиток в інших наукових працях вченого, зокрема, «Комплексне лісове господарство» (1987), «Екологічна Конституція Землі. Ідея. Концепція. Проблеми» (2002), «Екологічна економіка і ринок: подолання суперечностей» (2006) та ін. Вчений є Почесним Президентом та академіком Лісівничої академії наук України, академіком Національної академії наук України, членом Міжнародної наукової ради Міжнародної спілки лісових дослідницьких організацій (IUFRO), координатором робочої групи IUFRO з еколого-економічних проблем сталого лісового господарства, Почесним президентом Ради Європейських Лісівників, Почесним професором Тран-

сільванського університету м. Брашов (Румунія), головним редактором і членом редколегій низки наукових журналів та видань. Тривалий час був віцепрезидентом Спілки ректорів вищих навчальних закладів України.

Член офіційних делегацій України на 19-ій Спеціальній (1997 р.) та 63-ій (2008 р.) сесіях Генеральної Асамблеї ООН (Нью-Йорк). Учасник XVIII і XXI Світових Конгресів IUFRO та багатьох міжнародних конференцій, зокрема, Всесвітньої конференції ректорів і професорів (Рим, 2000), 21-ї сесії Конференції міністрів освіти країн Європи (Афіни, 2003), Саміту ООН «Ріо+20» (Ріо-де-Жанейро, 2012), Невських екологічних конгресів (2011 і 2013 рр.) та ін.

Координатор проектів NARECO, ENARECO, DENARECO європейської освітньої програми Tempus-Tacis від України. У рамках проекту ENARECO стажувався в університетах Гента (Бельгія) та Йорка (Англія).

Був ініціатором розгляду на Колегії Міністерства освіти і науки України питання «Про екологізацію вищої освіти України з метою підготовки фахівців для сталого розвитку» (рішення Колегії прийнято 27 листопада 2015 року).

Професор Ю. Ю. Туниця бере активну участь у навчальному процесі, викладаючи студентам авторський курс «Екологічна економіка», який є фундаментальним для навчання економістів-екологів. Під його керівництвом, вперше в Україні, здійснено випуск фахівців з принципово новим еколого-економічним мисленням, здатних трансформувати традиційні способи господарювання в «зелену економіку» для досягнення цілей сталого розвитку та боротьби з кліматичними змінами.

Основи авторського курсу «Екологічна економіка» опубліковано окремим виданням англійською мовою в університеті м. Йорк (Великобританія). У передмові до книги відомий британський вчений Чарльз Перрінгс зазначив, що видання є першим підручником українського автора, за яким навчаються студенти університетів Великобританії.

Свій ювілей професор Ю. Ю. Туниця зустрічає з новими творчими задумами та прагненнями здійснювати подальший вагомий внесок у науку, в підготовку фахівців. Найважливіше завдання університету вчений бачить у подальшому інтегруванні його в європейський та світовий освітній і науковий простір, підвищенні його ролі у системі національної освіти і науки, покращенні якості підготовки фахівців та наукових кадрів, спроможних вивести Україну на шлях сталого розвитку і забезпечити достойний рівень життя її громадянам у доброякісному природному довіллі.

AD NATURAM VIVERE DISCIMUS (Вчимося жити в гармонії з природою) – під таким гаслом навчаються студенти та працюють науковці Національного лісотехнічного університету України, завдяки невтомній праці ректора Юрія Юрійовича Туниці.

Академічна спільнота, колектив і студенти Національного лісотехнічного університету України, ко-

леги та учні від щирого серця вітають відомого вченого, талановитого педагога, знаного організатора і реформатора вищої лісотехнічної освіти, невтомного ентузіаста і патріота лісової галузі, життя якого є яскравим прикладом відданого служіння інтересам освіти, науки, сталому розвитку нашої держави.

Нових Вам, Юрію Юрійовичу, звершень і злетів, невичерпного творчого натхнення і наснаги, міцного здоров'я і довголіття, нових здобутків на науково-освітній ниві України!

**Ecological-economic foundations  
for integration of sustainable resource  
management and environmental protection  
in the context of sustainable development  
paradigm (on the occasion of the 80th  
anniversary of the Full Member of the  
Forestry Academy of Sciences of Ukraine  
and Full Member of the National Academy  
of Sciences of Ukraine,  
Professor Yuriy Tunytsya)**

V. Zahorskyi, M. Adamovsky, M. Borys, V. Lavnyy,  
H. Krynytskyi, S. Myklush, V. Mayevskyy, I. Rebezniuk,  
P. Dynka, Iu. Debryniuk, I. Dubovych, I. Soloviy

May 19, 2021 marked the 80th anniversary of the famous scientist in the field of natural resource economics and environmental protection, Honorary President of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Full Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Knight of Merit II and III degrees, Doctor of Economics, Professor Yuriy Yuriyovych Tunytsya, who devoted more than half a century of his life to the noble mission of training reaserch and scientific-pedagogical staff, highly qualified specialists for forestry and related sectors of Ukraine's economy, developing the Ukrainian National Forestry University, reforming higher forestry education in Ukraine.

All his scientific life Professor Yuriy Tunytsya devoted to the study of the foundations of the ecological economics doctrine. The scientist is the founder of a new scientific field – ecological economics. He discovered and substantiated the economic law of inevitable growth of environmental costs in the structure of social production costs and new categories in economics – “economic costs and losses”, “ecological-economic efficiency of natural resource management”, and proposed ways to overcome the environmental and economic crisis in Ukraine.

Academician Yuriy Tunytsya is the author of the idea and concept of establishing the World Environmental Constitution as a global international economic and legal act of environmental security of the planet and sustainable development.

## 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 екологічнобезпечних технологій деревообробки, машин і механізмів лісгосподарського комплексу, інформаційних технологій галузі.

Редакція приймає до опублікування статті обсягом 15-20 сторінок комп'ютерного тексту, надрукованого через 1,5 інтервала. Формат документа – А4, формат файлу – \*.doc, \*.docx (MS Word 2007, 2010, 2013). Поля – 2 см по периметру. В редакцію подається електронний варіант статті.

Текст наукової (експериментальної) статті подається за такою структурою: вступ; об'єкти та методика дослідження; результати та обговорення; висновки; подяка (за потреби); бібліографічні посилання.

Оглядова стаття може мати різну кількість структурних підрозділів із довільними назвами, але вказані пункти є обов'язковими: вступ; висновки; бібліографічні посилання. В обох випадках інформація про авторів подається трьома мовами.

У «Вступі» повинна бути сформульована актуальність теми, а в «Об'єкті та методиці досліджень» – об'єкт дослідження, предмет дослідження та мета роботи.

До друку приймаються статті українською, російською та англійською мовами. До кожної статті подаються анотації трьома мовами.

У виносці подають відомості про всіх авторів, в якій вказують членство в Академії (за наявності), науковий ступінь і наукове звання, місце роботи, робочу адресу, телефон, електронну адресу та відкритий ідентифікатор наукового дослідника ORCID.

Обсяг анотації українською мовою – 22-25 рядків або 1400-1600 знаків. Обсяг анотації російською або іншою мовою – 25-30 рядків або 1600-1900 знаків. Обсяг анотації англійською мовою повинен становити не менше 40 рядків або 2600 знаків. Ключові слова в обсяг анотації не входять.

Для статей, написаних англійською мовою, потрібно додати дві розширені анотації (українською, російською або іншою мовами) – по 40-45 рядків. Анотація англійською мовою складає 22-25 рядків (без ключових слів).

В анотаціях максимально повно в межах зазначеного обсягу повинні бути відображені основні результати досліджень. Потрібно уникати загальних виразів («У статті наведені результати...», «Обґрунтовано висновки...», «Наведено дані щодо...» і т.п.). Анотації повинні бути написані чітко, зрозуміло і лаконічно.

Ключові слова/словосполучення (10-12 шт.) не повинні дублювати заголовка статті.

Список літератури повинен вмещати не менше 15 літературних джерел. Бажано наводити посилання на джерела, опубліковані після 2010 року, особливо ті, які мають індекс *doi*. Самоцитування – не більше 15%. Під час формування списку літературних джерел необхідно користуватись вимогами APA 6<sup>th</sup> Edition.

У «Списку літератури» необхідно наводити лінк, за яким джерело доступне в мережі Інтернет, або індекс *doi*. За можливістю варто уникати посилань на літературні джерела, які відсутні в інтернет-ресурсах.

Транслітерація літературних джерел в статтях не допускається. Список літератури повинен бути наведений мовою оригіналу та в квадратних дужках – англійською мовою. У дужках необхідно вказати мову, на якій видано літературне джерело (напр., in Ukrainian). Якщо робота видана англійською мовою, то мову в дужках вказувати не потрібно.

Особливу увагу авторів звертаємо на правильне подання «Списку літератури» та англійськомовну частину публікації. Статтю читатиме міжнародна аудиторія науковців, тому текст анотації повинен бути чітким і зв'язним, а її зміст – зрозумілим без ознайомлення з основним змістом самої статті. У статті потрібно застосовувати фахову термінологію, яку використовують у профільних міжнародних англійськомовних виданнях.

Текст статті, анотації, назви таблиць, список літератури подаються шрифтом Times New Roman 14. Підписи до рисунків – шрифтом Times New Roman 12, вирівняні по центру. Фотографії та рисунки подаються безпосередньо в статті, а також в окремому файлі у форматі \*.jpg, чи оформленні у середовищі MS Excel.

Не можна подавати посилання на таблицю або рисунок окремим реченням. За наявності у тексті лише однієї таблиці чи рисунку їх не нумерують, а в тексті дають відповідне посилання: табл. (рис.). За повторного посилання на елемент потрібно вказувати: див. табл. (див. рис.).



Назви таблиць і рисунків (а також примітки до них) мають бути вичерпними і чітко сформульованими, щоб читач зміг зрозуміти їхній зміст, не вдаючись до пошуку відповідних пояснень у структурних підрозділах статті.

У таблицях повинні бути відсутні вертикальні лінії. Подаються лише горизонтальні лінії – 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 опрацьовано» і т.д.

Отримані результати досліджень повинні бути опрацьовані математичними методами, що підтверджує їхню достовірність. Без такого опрацювання статті до друку не приймаються.

Найважливішою частиною наукової статті є висновки, де наводять підсумки здійсненого дослідження, узагальнення і пропозиції щодо завдань, сформульованих у вступі. Висновки формують чітко, лаконічно і зрозуміло, вони повинні впливати із результатів проведених досліджень. У висновках зазначають ступінь досягнення поставленої мети роботи за допомогою використаних методів і методики досліджень. Вдало сформульовані висновки логічно закінчують наукову роботу, роблять її цілісною і завершеною.

Висновки повинні бути короткими і поданими у вигляді тексту без нумерації.

У збірнику праць «Наукові праці Лісівничої академії наук України» не можуть бути опубліковані матеріали, які вже раніше публікувалися в інших наукових збірниках. Редакційна колегія наукового видання залишає за собою право 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 рецензують члени редакційної колегії наукового видання та/або сторонні незалежні експерти, виходячи з принципу об'єктивності і з позицій вищих міжнародних академічних стандартів якості. Терміни рецензування в кожному окремому випадку визначаються відповідальним редактором з урахуванням створення умов для максимального оперативного публікації статті.

Нааявність позитивної рецензії не є достатньою підставою для публікації статті. Остаточне рішення про доцільність опублікування приймається редакційною колегією.

Після прийняття до друку наукові матеріали проходять процес редагування. Редакція залишає за собою право на стилістичну правку рукопису, літературне редагування та скорочення текстів зі збереженням авторського стилю. З автором узгоджуються правки, які, на думку редакції, можуть не зовсім точно передати зміст тексту.

Відповідальність за достовірність інформації у статтях, точність назв, статистичних даних, прізвищ 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 у редакційній колегії і в редакції наукового журналу. Прийняті до друку наукові матеріали не повертаються та не можуть бути надруковані в інших наукових журналах.

Детальніша інформація для авторів щодо правил подачі статей до збірника «Наукові праці Лісівничої академії наук України», оформлення «Списку літератури», політики відкритого доступу подана на сайті збірника наукових праць: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu>

Збірник наукових праць  
**Наукові праці Лісівничої академії наук України**

Випуск 22

2021 р.

Науковий редактор: Ю. М. Дебринюк, проф., д-р с.-г. наук  
Редактор англomовних текстів: І. П. Соловій, проф., д-р екон. наук  
Літературний редактор: А. Павлишин  
Фото і текст на 4-ій сторінці обкладинки: Ю. М. Дебринюк

---

Підписано до друку 6.07.2021 р. Формат 60\*84/8. Папір офсетний.  
Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 27,9. Обл.-вид. арк. 25,83  
Наклад 300 прим. Зам. № 2806

**Видавець:** Редакційно-видавничий центр НЛТУ України  
79057, м. Львів, вул. Генерала Чупринки, 134/16  
Тел.: (032) 240-23-50. E-mail: lan@nltu.edu.ua

**Верстання та друк:** ТЗОВ «Компанія «Манускрипт»»  
вул. Руська, 16/3, м. Львів, 79008  
тел./факс: (032) 235-52-20

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції серія ДК № 3628 від 19. 11. 2009 р.

---

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
(Серія КВ, № 24099-13939Р від 31.07.2019 р.)

Згідно з «Переліком наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії», **Наукові праці Лісівничої академії наук України** віднесено до категорії «Б» за такими спеціальностями:

- 051** – Економіка (включено до Переліку 15.10.2019 р.);
- 091** – Біологія (включено до Переліку 28.12.2019 р.);
- 187** – Деревообробні та меблеві технології (включено до Переліку 28.12.2019 р.);
- 205** – Лісове господарство (включено до Переліку 15.10.2019 р.);
- 206** – Садово-паркове господарство (включено до Переліку 15.10.2019 р.).

<https://mon.gov.ua/ua/nauka/nauka/atestaciya-kadriv-vishoyi-kvalifikaciyi/naukovi-fahovi-vidannya>

Збірник «Наукові праці Лісівничої академії наук України» входять до міжнародних наукометричних баз Directory of Open Access Journals, Ulrichsweb, CrossRef, Index Copernicus, Google Scholar