

ISSN 2664-4452  
2020 | 11 (4)



# Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

# UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE

Науковий журнал. Vol. 11, No 4, 2020

ISSN 2664-4452 (Print)

ISSN 2664-4460 (Online)

*Науковий журнал входить до категорії «Б» (сільськогосподарські та технічні науки)  
Переліку наукових фахових видань України (наказ МОН України № 1643 від 28.12.2019 р.)*

## Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

## Редакційна колегія:

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР <b>П. І. Лакида</b> , д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН України	EDITOR-IN-CHIEF <b>Petro Lakyda</b> , Dr. Sci., Prof.
ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА <b>А. М. Білоус</b> , д. с.-г. н., с. н. с. <b>В. В. Мирюнюк</b> , к. с.-г. н., доц.	DEPUTY CHIEF EDITORS <b>Andrii Bilous</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Viktor Myroniuk</b> , Ph. D., Assoc. Prof.
ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР <b>В. І. Мельник</b> , к. с.-г. н.	EXECUTIVE SECRETARY <b>Viktoriia Melnyk</b> , Ph. D.
ЗАСТУПНИК ВІДПОВІДАЛЬНОГО СЕКРЕТАРЯ <b>В. І. Блищик</b> , к. с.-г. н.	DEPUTY EXECUTIVE SECRETARY <b>Volodymyr Blyshchuk</b> , Ph. D.
ЧЛЕНИ КОЛЕГІЇ <i>205 – Лісове господарство</i> <b>Р. Д. Василюшин</b> , д. с.-г. н., доц. <b>С. В. Зібцев</b> , д. с.-г. н., проф. <b>Флоріан Краксер</b> , Ph. D. (Австрія) <b>С. Б. Ковалевський</b> , д. с.-г. н., проф. <b>І. П. Лакида</b> , к. с.-г. н., доц. <b>А. З. Швиденко</b> , д. с.-г. н., проф. (Австрія) <i>206 – Садово-паркове господарство</i> <b>О. В. Колесніченко</b> , д. б. н., доц. <b>Н. О. Олексійченко</b> , д. с.-г. н., проф. <b>С. Ю. Попович</b> , д. б. н., проф. <b>М. І. Сорока</b> , д. б. н., проф. <i>187 – Деревообробні та меблеві технології</i> <b>П. А. Бехта</b> , д. техн. н., проф. <b>А. М. Єрошенко</b> , к. техн. н., доц. <b>О. О. Пінчевська</b> , д. техн. н., проф. <b>Олександр Саленікович</b> , Ph. D. (Канада) <b>Ю. В. Цапко</b> , д. техн. н., с. н. с. <b>М. Г. Чаусов</b> , д. техн. н., проф.	EDITORIAL BOARD MEMBERS <i>Forestry</i> <b>Roman Vasylyshyn</b> , Dr. Sci., Assoc. Prof. <b>Sergiy Zibtsev</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Florian Kraxner</b> , Ph. D. <b>Sergii Kovalevskiy</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Ivan Lakyda</b> , Ph. D., Assoc. Prof. <b>Anatoly Shvidenko</b> , Dr. Sci., Prof. <i>Landscape-Park Management</i> <b>Olena Kolesnichenko</b> , Dr. Sci., Assoc. Prof. <b>Nadiia Oleksiichenko</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Sergii Popovych</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Myroslava Soroka</b> , Dr. Sci., Prof. <i>Wood Processing and Furniture Technologies</i> <b>Pavlo Bekhta</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Andriy Yeroshenko</b> , Ph. D., Assoc. Prof. <b>Olena Pinchevska</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Alexander Salenikovich</b> , Ph. D. <b>Yuriy Tsapko</b> , Dr. Sci., Prof. <b>Mykola Chausov</b> , Dr. Sci., Prof.

## Адреса редакції:

03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15. Тел./факс: +380 44 527 87 20  
e-mail: ukrforest@nubip.edu.ua

## Рекомендовано до друку

*Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України  
Протокол № 4 від 25.11.2020 р.*

*Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №23989-13829ПП від 19.06.2019 р.*

*Науковий редактор – Пазюк О. Г.*

*Дизайн обкладинки – Ковалевська Ю. Ю., Шевчук М. О.*

Підписано до друку 18.12.2020 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний.  
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 8.6. Зам. № 1281.

Віддруковано у ТОВ «КОМПРИНТ»

03150, м. Київ, вул. Предславинська, 28, тел.: 067-209-54-30

# ЗМІСТ

## ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

**Білоус С. Ю., Присяжнюк Л. М.**

ДНК-АНАЛІЗ БАГАТОВІКОВИХ ДЕРЕВ *Tilia Cordata* L. ЗА ДОПОМОГОЮ  
SSR-МАРКЕРІВ..... 4

**Василишин Р. Д., Слива О. А.**

ХІД РОСТУ МОДАЛЬНИХ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ  
ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ..... 15

**Лакида І. П., Куцкий В. О.**

ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ  
АПАРАТІВ У ЛІСОВПОРЯДНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ..... 25

**Лакида П. І., Ситник С. А., Кравченко О. О.**

ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ  
ПІДПРИЄМСТВ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ  
ЗА КРИТЕРІЯМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ..... 32

**Малюга В. М., Міндер В. В.**

ПОКАЗНИК НАПРУЖЕНОСТІ ЖИТТЕВОГО  
ПРОСТОРУ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ..... 47

**Чорнобров О. Ю.**

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ЩОДО ОДЕРЖАННЯ  
ВИСОКОЯКІСНОГО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ РОСЛИН  
РОДИНИ *Salicaceae* Mirb. *IN VITRO* ДЛЯ СТВОРЕННЯ  
БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ..... 60

## САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

**Галевич О. Є., Сорока М. І.**

АНАЛІЗ ДЕНДРОФЛОРИ ПЛОСКИХ ОЗЕЛЕНЕНИХ ДАХІВ  
ЕКСТЕНСИВНОГО ТИПУ В МІСТІ ЛЬВОВІ ..... 69

**Дзиба А. А.**

ЕЛЕМЕНТИ ТОПАРНОГО МИСТЕЦТВА У ЗАПОВІДНИХ  
ШТУЧНО СТВОРЕНИХ ПАРКАХ ДРУГОЇ ПОЛОВИНИ ХХ СТОЛІТТЯ  
УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ ..... 80

# CONTENTS

## FORESTRY

**Bilous S. Yu., Prysiazhniuk L. M.**

DNA ANALYSIS OF CENTURIES-OLD LINDEN TREES  
USING SSR-MARKERS ..... 4

**Vasylyshyn R. D., Slyva O. A.**

GROWTH AND YIELD OF MODAL SCOTS PINE STANDS  
IN THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE ..... 15

**Lakyda I. P., Kutskyi V. O.**

ECONOMIC EVALUATION OF USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES  
IN UKRAINE'S FOREST MANAGEMENT PLANNING ..... 25

**Lakyda P. I., Sytnyk S. A., Kravchenko O. O.**

FUNCTIONAL ACTIVITY OF FORESTRY ENTERPRISES  
OF THE NORTHERN STEPPE OF UKRAINE ACCORDING TO THE CRITERIA  
OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT ..... 32

**Maliuha V. M., Minder V. V.**

INDICATOR OF TENSION IN THE LIVING SPACE OF PROTECTIVE  
FOREST STANDS ..... 47

**Chornobrov O. Yu.**

ANALYSIS OF APPLICATION OF BIOTECHNOLOGIES TO OBTAIN  
HIGH QUALITY PLANTING MATERIAL OF PLANTS  
OF THE *Salicaceae* Mirb. FAMILY *IN VITRO* FOR CREATION  
OF BIOENERGY PLANTATIONS..... 60

## LANDSCAPE-PARK MANAGEMENT

**Galevych O. Ye., Soroka M. I.**

ANALYSIS OF DENDROFLORA OF FLAT GREEN ROOFS  
OF EXTENSIVE TYPE IN THE CITY OF LVIV ..... 69

**Dzyba A. A.**

ELEMENTS OF TOPIARY ART OF RESERVED MAN-MADE PARKS  
OF THE SECOND HALF OF THE XX CENTURY ..... 80

## ДНК-АНАЛІЗ БАГАТОВІКОВИХ ДЕРЕВ *TILIA CORDATA* L. ЗА ДОПОМОГОЮ SSR-МАРКЕРІВ

**С. Ю. БИЛОУС**, кандидат біологічних наук, доцент  
<https://orcid.org/0000-0002-1682-5352>, e-mail: forest\_biotech@nubip.edu.ua  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
**Л. М. ПРИСЯЖНИЮК**, кандидат сільськогосподарських наук  
<https://orcid.org/0000-0003-4388-0485>, e-mail: prysiazhniuk\_l@ukr.net  
Український інститут експертизи сортів рослин

Багатовікові дерева є не тільки пам'ятками природи, а й об'єктом біологічних, генетичних та екологічних досліджень. На території України найчисельнішою групою багатовікових дерев поряд із представниками роду *Quercus* L. є *Tilia* L. Проведення генетичного аналізу багатовікових дерев липи дасть змогу оцінити генетичний поліморфізм між різними представниками одного і того самого виду, здійснити пошук еталонних співтовариств і створити генетичні карти в межах певного виду.

Серед методів молекулярного ДНК-маркування набули широкого поширення, зокрема, SSR-маркери. Для оцінювання поліморфізму *Tilia cordata* L. використано 6 SSR-маркерів (Tc5, Tc915, Tc920, Tc927, Tc937, Tc963).

Висвітлено основні етапи та результати ПЛП-методики для проведення генетичного аналізу багатовікових лип за допомогою SSR-маркерів та визначення генетичного поліморфізму між ними. Розроблено власну універсальну SSR-ПЛП-тест-систему для ДНК-ідентифікації генотипів багатовікових лип.

За результатами SSR-генотипування отримано ДНК-профілі для шести зразків історично цінних та багатовікових дерев *Tilia cordata* L. віком 400–1000 років. На основі даних мікросателітного аналізу здійснено оцінку генетичних взаємозв'язків та рівня генетичного різноманіття вибраних генотипів.

У результаті ПЛП отримали алелі очікуваних розмірів. Відповідно до розрахованого значення індексу поліморфності локуса (PIC), найбільш поліморфним виявився маркер Tc920, PIC становить 0,72, найнижче значення генетичних дистанцій – 1,73.

За результатами досліджень 6 зразків липи дрібнолистої за SSR-маркерами визначено молекулярно-генетичний поліморфізм у всіх досліджуваних зразках.

Проведений аналіз показав, що досліджувана вибірка характеризувалась низьким рівнем генетичного поліморфізму, що може бути наслідком використання обмеженої кількості батьківських форм у селекційному процесі або генетично близьких форм.

**Ключові слова:** поліморфізм, *Tilia cordata* L., багатовікові дерева, ДНК-маркери.

**Актуальність та аналіз останніх досліджень.** Багатовікові дерева є не лише пам'ятками природи, а й об'єктом біологічних, генетичних та екологічних досліджень.

З метою їх збереження проводять дослідження із вивчення довговічності та оцінки екосистемної ролі (Slusar & Kushnir, 2015; Bilous et al., 2019).

На території України найчисельнішою групою багатовікових дерев поряд із представниками роду *Quercus* L. є *Tilia* L. Співпраця європейських країн у межах програми лісових генетичних ресурсів (Lefèvre et al., 2020) сприяє збереженню багатовікових *T. cordata* та сталому використанню лісових генетичних ресурсів, має технічні рекомендації щодо генетичного збереження й використання, зокрема, *Tilia* spp. (Svejgaard, 2003).

Європейські країни з давніми і сильними природоохоронними традиціями давно й успішно займаються інвентаризацією і охороною вікових та інших видатних дерев (Popovych et al., 2011, 2014, 2017; Oleksiichenko & Pidkhovna, 2018; Chornobrov et al., 2019), дослідженнями екосистемної ролі стиглих та перестиглих лісових масивів листяних порід з акцентом на стародавні й незаймані ліси (Bilous et al., 2019). Генетичне різноманіття за ДНК-маркерами багатовікових популяцій *Tilia cordata* активно досліджують у Данії та Великій Британії (Logan et al., 2015; Lobo et al., 2018; Erichsen et al., 2019).

В Україні проблеми, пов'язані із виявленням, дослідженням та збереженням таких дерев, розв'язуються повільно. Українські вчені ведуть дослідження з

виявлення та опису багатовікових дерев *Tilia cordata* в різних регіонах України (Masalskyi, 2015; Sovakova & Sovakov, 2015; Kushnir & Vakulyk, 2018). Зважаючи на вплив абіотичних, біотичних факторів довкілля та техногенне навантаження, може бути знищено цілі популяції деяких видів, зменшиться генетичне різноманіття залишкових популяцій. Тому актуальним залишається розроблення методів оцінки генетичного різноманіття багатовікових дерев *T. cordata* з метою визначення оптимальних шляхів їх збереження (Aerts & Honnay, 2011).

Найбільш поширеними методами вивчення поліморфізму деревних видів є морфологічна оцінка популяцій дерев та застосування білкових і ДНК-маркерів (Barreneche et al., 1998; Pohjanmies et al., 2016; Mohammad-Panah et al., 2017; Müller & Gailing, 2018). SSR (simple sequence repeat) є одними із найуживаніших ДНК-маркерів для оцінки поліморфізму ДНК багатьох видів рослин. Завдяки їх великому поширенню у геномі, високій варіабельності та кодомінтному типу успадкування SSR-маркери є ефективними для визначення генетичного різноманіття рослин, зокрема деревних культур.

**Мета дослідження** – оцінювання багатовікових дерев *T. cordata* з різних ре-

### 1. Характеристика дослідного матеріалу

Назва багатовікового дерева	Місце розташування	Вік	Географічні координати
<i>Tilia cordata</i>			
Липа Т. Г. Шевченка	м. Седнів, Чернігівська обл., садиба Лизогубів	понад 600 р.	51°63'76" N 31°56'95" E
Липа П. Могили	м. Київ, біля Андріївської церкви	понад 600 р.	50°45'75" N 30°51'71" E
Багатовікова липа ППСІМ «Феофанія»	м. Київ, ППСІМ «Феофанія»	понад 400 р.	50°43'25" N 50°43'25" E
Липа преподобного Феодосія Печерського	м. Київ, Києво-Печерська лавра	понад 700 р.	50°34'00" N 30°48'68" E
Багатовікова липа в Голосіївському лісі	м. Київ, НПП «Голосіївський»	понад 200 р.	50°72'18" N 29°44'92" E
Багатовікова липа	с. Ірша, Радомишльський р-н, Житомирська обл.	понад 200 р.	50°38'29" N 30°50'51" E

2. Характеристика SSR-маркерів для оцінки поліморфізму *T. cordata*

Назва SSR-маркерів	Нуклеотидні послідовності праймерів 5'→3'	Мотив	Очікуваний розмір ампліконів, п. н.
Tc5	F: TTTTCATACATTTAGAGACTTTTAGCA	(AG) <sub>12</sub>	150
	R: TGCATGATTTGTATGTTTAGGG		
Tc915	F: ACATCGATTGTATTTCCCTTAAAC	(CT) <sub>16</sub>	165
	R: GTTGTATTTTGCCTTAAACATTG		
Tc920	F: AAATGTCTTCAGAGTGAAGTAGATGG	(GA) <sub>2</sub> (GT) <sub>15</sub> (AG) <sub>4</sub>	232
	R: TGCCTCATTATCTCCTAATCTC		
Tc927	F: AGTCCTCCTGTCAAATGCTG	(AG) <sub>10</sub>	157
	R: ATCACACTCGTTTATGACATCTTG		
Tc937	F: AGCCAACCAACTTTTACAATACAG	(AG) <sub>13</sub>	162
	R: AGATAAAAGCACATAAATCGATGG		
Tc963	F: CTAACCCCATCTCTTTAATCTG	(CT) <sub>11</sub>	238
	R: GCTTTCATTTACAGTTTCCCTCTAC		

гійонів України за SSR-маркерами та перевірка наявності кореляційних зв'язків між генетичними дистанціями за SSR-маркерами та географічним розташуванням досліджуваних зразків.

**Матеріали і методи дослідження.** Матеріалом для досліджень були шість зразків багатовікових лип. Дослідження проводили на базі лабораторії молекулярно-генетичного аналізу Українського інституту експертизи сортів рослин упродовж 2019 р.

ДНК екстрагували із 100 мг зеленого листа з використанням СТАБ у двох повтореннях. Отриману сумарну ДНК розчиняли в ТЕ буфері (Prysiashniuk et al., 2017). Вивчення молекулярно-генетичного поліморфізму липи дрібнолистої проводили за шістьма SSR-маркерами (Phuekvilai & Wolff, 2013). Характеристики праймерів і нуклеотидні послідовності подано в табл. 2.

Реакційна суміш об'ємом 10 мкл містила: однократний буфер для ПЛР (10 мМ Tris-HCl, рН 9,0; 50 мМ KCl; 0,01 % Triton X-100), 200 мкМ кожного dNTP, по 0,2 мкМ кожного праймера, 2 мМ MgCl<sub>2</sub>, 50 нг ДНК, 0,5 од. Тақ полімерази полімерази. Температурні параметри ПЛР: початкова денатурація – 95°C, 3 хв; далі 30 циклів: 94°C – 30 с; 54°C (60°C для Tc927) – 1 хв; 72°C –

30 с; заключна елонгація – 72°C, 3 хв. Амплікацію проводили на амплікаторі T-CY (Creason Technologies B. V., The Netherlands).

Продукти реакції амплікації візуалізували методом електрофорезу в 2 % агарозному гелі у 0,5×ТБЕ (трис-боратний буферний розчин) за загальноприйнятою методикою з бромистим етидієм (Tkachuk, 2015). Електрофорез проводили протягом 1,5 години за напруженості електричного поля 5 В/см.

Розмір фрагментів визначали за допомогою програмного забезпечення TotalLab 12.0 (демонстраційна версія). Для характеристики генетичної структури досліджуваних генотипів розраховували частоти ідентифікованих алелів та індекс поліморфності локуса (PIC, polymorphism information content) (Sivolar et al., 1998). З метою проведення кластерного аналізу будували матрицю, у якій наявність/відсутність певного алелю позначали 1/0 відповідно. Для аналізу застосовували метод ієрархічної кластеризації з Евклідовою мірою відстані за допомогою комп'ютерної програми STATISTICA 12.0 (демонстраційна версія). Групування у кластери досліджених генотипів проводили за допомогою незваженого методу середніх зв'язків (Unweighted pair group average) (Drozdov,

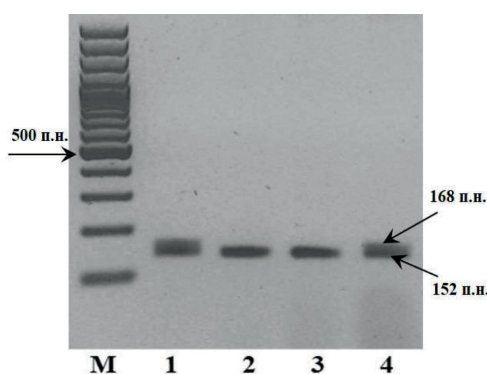
2010; Ermantraut, 2007). Кореляційні зв'язки між досліджуваними зразками за SSR-маркерами та їх географічним розташуванням визначали за генетичними дистанціями з використанням тесту Мантеля за допомогою комп'ютерної програми XLSTAT 2018 (демонстраційна версія) (Lobo et al., 2018; Tommasini et al., 2003; Legendre et al., 2010; Diniz-Filho et al., 2013; Klyachenko & Prysiazhniuk, 2018).

**Результати дослідження та їх обговорення.** У результаті електрофоретич-

ного розділення продуктів ПЛР отримано амплікони очікуваного розміру для зразків липи дрібнолистої.

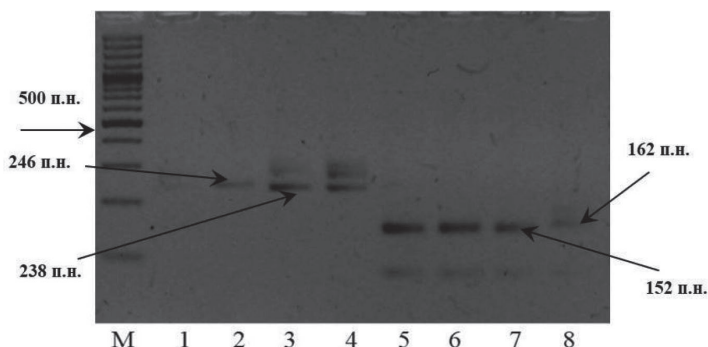
За результатами аналізу визначено, що за досліджуваними SSR-маркерами ідентифіковано від 2 до 5 алелів. На рисунках 1 і 2 подано результати електрофоретичного розділення продуктів ампліфікації за маркерами Tc927, Tc937 і Tc963.

Відповідно до отриманого розподілу, визначено, що за маркером Tc927 у досліджуваних зразків липи дрібнолистої ідентифіковано два алелі: 152 і 168 п. н.



**Рис. 1.** Результати ПЛР-зразків липи дрібнолистої за маркером Tc927:

1 – липа Т. Г. Шевченка; 2 – липа П. Могили; 3 – липа преподобного Феодосія Печерського; 4 – багатовікова липа парку-пам'ятки «Феофанія»; М – маркер молекулярної маси 100 bp DNA Ladder O'GeneRuler (Thermo Scientific)



**Рис. 2.** Результати ПЛР-зразків липи дрібнолистої за маркером Tc963:

1 – липа Т. Г. Шевченка; 2 – липа П. Могили; 3 – липа преподобного Феодосія Печерського; 4 – багатовікова липа парку-пам'ятки «Феофанія»; за маркером Tc937: 5 – липа Т. Г. Шевченка; 6 – липа П. Могили; 7 – липа преподобного Феодосія Печерського; 8 – багатовікова липа парку-пам'ятки «Феофанія»; М – маркер молекулярної маси 100 bp DNA Ladder O'GeneRuler (Thermo Scientific)



Причому внутрішньогенетичний поліморфізм виявлено у зразків липи Т. Г. Шевченка та багатовікової липи паркупам'ятки садово-паркового мистецтва «Феофанія». За маркерами Tc963 і Tc937 у досліджуваних зразків ідентифіковано також по два алелі: 238 і 246 п. н., 152 і 162 п. н. відповідно. Найбільшу кількість алелів – п'ять – виявлено за маркером Tc920, за маркерами Tc5 та Tc915 отримано по чотири алелі на маркер.

Відповідно до розрахованих частот ідентифікованих алелів визначено, що найбільшу частоту має алель 152 п. н., який ідентифіковано за маркером Tc927 (рис. 3). Цей алель виявлено у всіх досліджуваних зразках липи дрібнолистої. Алель 168 п. н., що також виявлений за цим маркером, має низьку частоту 0,17, тому РІС для маркера Tc927 низький і становить 0,28.

Слід зауважити, що за маркерами Tc937 і Tc963 виявлено також по два алелі, проте їх більш рівномірний розподіл дав змогу отримати вищі, ніж у маркера Tc927, РІС – 0,50 та 0,44 відповідно. Найменшу частоту (0,06) серед виявлених алелів має алель розміром 174 п. н., який ідентифіковано за маркером Tc5 лише у одного зразка – липи П. Могили.

Алель 158 п. н. також виявлено тільки в одному зразку – у липи преподобного Феодосія Печерського, однак він має вищу частоту (0,17), оскільки цей зразок виявився гомозиготним за цим маркером. Водночас у зразку липи П. Могили ідентифіковано три алелі: 154, 174 та 180 п. н. за маркером Tc5.

Найбільш поліморфним виявився маркер Tc920 (РІС 0,72), за яким отримано п'ять алелів, частоти алелів становлять 0,08–0,42. За маркером Tc915 ідентифіковано чотири алелі з розмірами 154–182 п. н. Рівномірний розподіл виявлених алелів дав змогу отримати достатньо високий РІС – 0,65. Отже, в результаті досліджень встановлено, що всі досліджувані зразки липи серцелистої виявились гетерозиготними за маркерами Tc927, Tc5, Tc920 і Tc915, на що вказує наявність більше ніж одного алеля у зразку за вказаними маркерами. Водночас за маркером Tc927 значення РІС виявилось низьким.

Отже, для визначення поліморфізму багатовікових дерев липи серцелистої найбільш ефективними виявились маркери Tc5, Tc915 і Tc920 зі значеннями РІС від 0,51 до 0,72. Дослідження, проведені Phuekvilai and Wolff (2013), за-

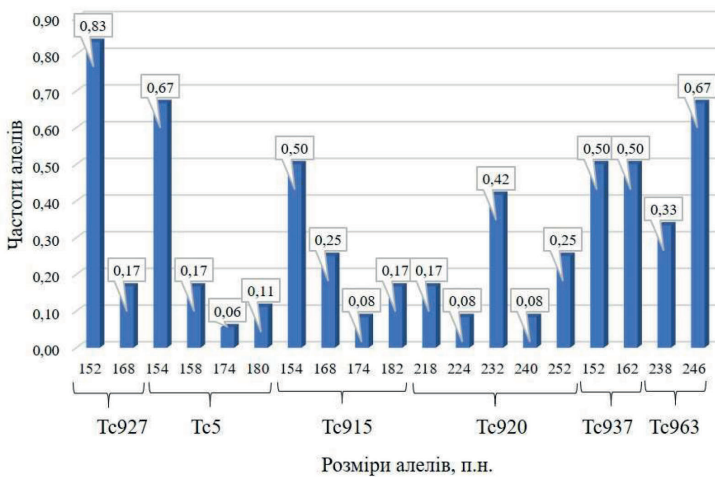
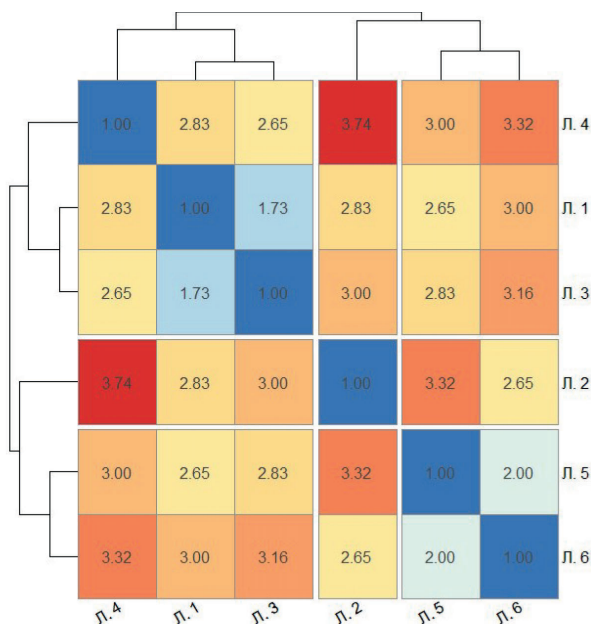


Рис. 3. Частоти отриманих алелів за SSR-маркерами для зразків липи дрібнолистої

свідчили, що 15 SSR-маркерів є ефективними для визначення поліморфізму *Tilia platyphyllos*. Також автори показали, що розроблені ними маркери можна використовувати для оцінки генетичного різноманіття інших видів роду *Tilia*. У поданих авторами результатах зазначено, що найбільш поліморфними маркерами при дослідженні двох популяцій *Tilia platyphyllos* виявились Tc5, Tc915, Tc927, Tc937 і Tc963. У наших дослідженнях зразків *Tilia cordata* серед цих маркерів найбільш поліморфними є маркери Tc5 і Tc915. Маркер Tc920, за яким у *Tilia platyphyllos* ідентифіковано 9 алелів (Phuekvilai & Wolff, 2013), у наших дослідженнях виявився найбільш поліморфним. У дослідженнях Logan et al. (2015) показано високий рівень поліморфізму за 13 маркерами двох видів липи *Tilia platyphyllos* і *Tilia cordata*. Найбільш поліморфним у *Tilia platyphyllos* виявився локус Tc915, у *Tilia cordata* –

Tc963. За цими маркерами було ідентифіковано 18 і 26 алелів відповідно (Logan et al., 2015). Дослідження щодо оцінки генетичного різноманіття виду *Tilia cordata* проводили Cvrčková et al. (2018). На відміну від отриманих нами результатів, у дослідженнях Cvrčková et al. (2018) найбільш поліморфним виявився локус Tc963, за яким було ідентифіковано 15 алелів. За маркерами Tc5, Tc915 і Tc920 було виявлено від 7 до 11 алелів, що також свідчить про високий рівень поліморфізму (Cvrčková et al., 2018). Отже, відповідно до отриманих даних, для дослідження зразків *Tilia cordata* можна рекомендувати маркери Tc5, Tc915 і Tc920.

Для оцінки ступеня генетичної близькості за SSR маркерами зразків липи дрібнолистої проводили кластерний аналіз. Результати кластеризації у вигляді філогенетичного дерева подано на рис. 4. Відповідно до отриманих даних за



**Рис. 4.** Кластерний розподіл зразків липи дрібнолистої за SSR-маркерами: Л. 1 – липа Т. Г. Шевченка; Л. 2 – липа П. Могили; Л. 3 – липа преподобного Феодосія Печерського; Л. 4 – багатовікова липа парку-пам’ятки «Феофанія»; Л. 5 – багатовікова липа (с. Ірша); Л. 6 – багатовікова липа в Голосіївському лісі

результатами аналізу сформовано чотири кластери.

У результаті досліджень визначено, що найбільш близькими є зразки липи Т. Г. Шевченка та липи преподобного Феодосія Печерського; значення генетичних дистанцій становить 1,73. В один кластер також увійшли зразки багатовікової липи (с. Ірша) та багатовікової липи в Голосіївському лісі. Значення генетичних дистанцій становить 2,00. Найбільше значення генетичних дистанцій (3,74) зауважено між зразками липи П. Могили та багатовікової липи парку-пам'ятки «Феофанія», що свідчить про те, що ці зразки є найбільш віддаленими за досліджуваними SSR-маркерами. Окремі кластери сформували зразки липи П. Могили та багатовікової липи парку-пам'ятки «Феофанія». Значення

генетичних дистанцій щодо інших досліджуваних зразків становить 2,65–3,74. Застосування SSR-маркерів для оцінки генетичного різноманіття *Tilia cordata* та *Tilia platyphyllos* у Великій Британії показано Logan et al. (2015). Обидва види засвідчили високий рівень поліморфізму. Автори отримали підтвердження внутрішньо- та міжпопуляційної генетичної структури досліджуваних видів. На основі генетичних маркерів визначено, що ця структура має слабкий зв'язок із місцем розташування (Logan et al., 2015).

Із метою перевірки наявності кореляційних зв'язків між парами зразків липи серцелистої та їхнім географічним розташуванням застосовували тест Мантеля (лінійна кореляція за Пірсоном) (рис. 5).

У результаті аналізу визначено імовірність помилки першого роду  $p$  та ко-

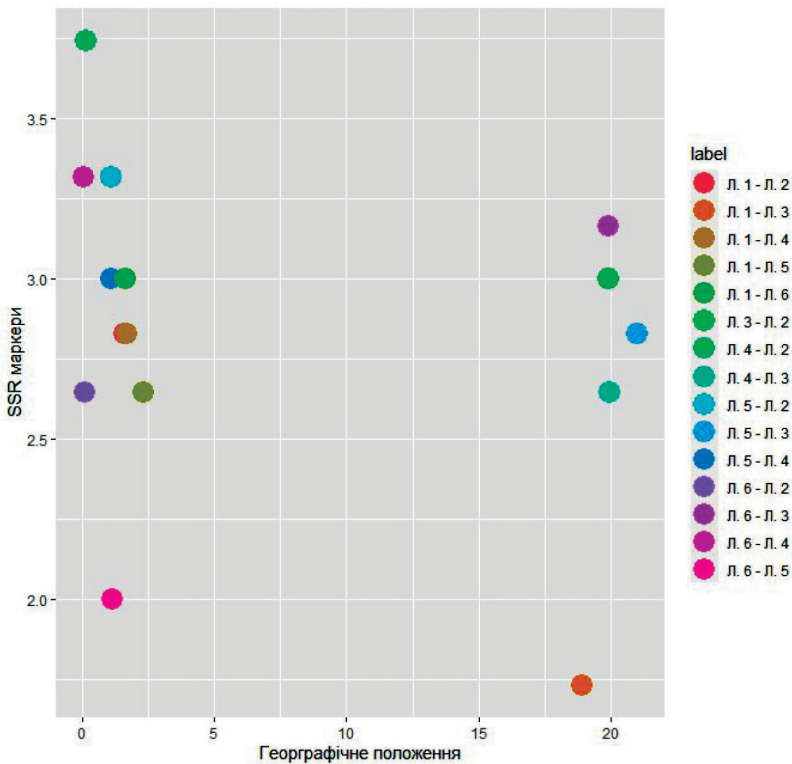


Рис. 5. Взаємозв'язки між генетичними дистанціями зразків липи дрібнолистої за SSR-маркерами та їхнім географічним розташуванням

ефіцієнт кореляції  $r(AB)$  для теоретичного рівня значущості  $\alpha=0,05$ , які відповідно до інтерпретації тесту дають змогу прийняти одну із висунутих гіпотез аналізу про наявність ( $H_a$ ) або відсутність кореляції ( $H_0$ ).

За результатами аналізу генетичних дистанцій зразків липи дрібнолистої обчислене значення  $p$  (0,350) вище, ніж рівень значущості  $\alpha=0,05$ , що свідчить про відсутність кореляційних зв'язків. Коефіцієнт кореляції становить -0,255. Отже, отримані дані свідчать про відсутність кореляційних зв'язків між зразками липи серцелистої та їхнім географічним розташуванням.

У дослідженнях Lobo et al. (2018) показано оцінку генетичного різноманіття *Tilia cordata* в Данії на основі SSR-маркерів і spring phenology. Автори виявили значні відмінності між популяціями за spring phenology та ДНК-маркерами. Проте кореляції між генетичними дистанціями за ДНК-маркерами та географічним розташуванням виявлено не було. Автори вважають це наслідком фрагментації популяцій *Tilia cordata* в Данії, що могло призвести до низького потоку генів між ізольованими популяціями (Lobo et al., 2018).

У дослідження охарактеризовано окремі дерева липи дрібнолистої різного віку з різних регіонів України, проте відсутність кореляції між генетичними дистанціями та географічним розташуванням може бути також пов'язана з ізоляцією популяцій, а також значними відмінностями за віком (від 200 до 1000 років) (Hutchinson & Templeton, 1999; Mylett, 2016).

**Висновки і перспективи.** За результатами досліджень шести зразків липи

серцелистої за SSR-маркерами визначено молекулярно-генетичний поліморфізм у всіх цих зразках. Для досліджуваних зразків липи серцелистої найвищий рівень поліморфізму було виявлено за маркером Tc920 (PIC 0,72). За результатами кластерного аналізу встановлено, що найнижче значення генетичних дистанцій (1,73) за SSR-маркерами серед досліджуваних зразків липи дрібнолистої було зауважено між липою Т. Г. Шевченка та липою преподобного Феодосія Печерського. Найбільш віддаленими виявились зразки липи П. Могили та багатовікової липи парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Феофанія», значення генетичних дистанцій становить 3,74. Отже, для оцінки молекулярно-генетичного поліморфізму багатовікових дерев липи серцелистої можна рекомендувати застосування SSR-маркерів як ефективної системи визначення генетичного різноманіття.

Отримані результати є основою для вивчення генетичного поліморфізму й створення ДНК-паспортів історично-цінних, багатовікових та заповідних дерев.

Визначено, що між досліджуваними зразками липи серцелистої та їхнім географічним розташуванням немає кореляційного зв'язку. Заважаючи на невелику кількість зразків і низький рівень поліморфізму частини використаних маркерів, для визначення достовірного кореляційного зв'язку та отримання повної характеристики не тільки окремих зразків, а й популяцій багатовікових дерев необхідно продовжити дослідження із залученням більшої кількості маркерів та досліджуваних зразків.

## Список літератури

Barreneche, T., Bодenes, C., Lexer, C., Trontin, J. F., Fluch, S., Streiff, R., ... & Favre, J. M. (1998). A genetic linkage map of *Quercus robur* L. (pedunculate oak) based on RAPD,

SCAR, microsatellite, minisatellite, isozyme and 5S rDNA markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 97 (7), 1090–1103. <https://doi.org/10.1007/s001220050996>

- Bilous, A., Matsala, M., Radchenko, V., Ma-tiashuk, R., Boyko, S., & Bilous, S. (2019). Coarse Woody Debris in Mature Oak Stands of Ukraine: Carbon Stock and decomposition features. *Forest Ideas*, 25. 1 (57), 196–219.
- Chornobrov, O., Bilous, S., Chornobrov, O., & Manko, M. (2019). Peculiarities of morphogenesis of the endangered species of willow (*Salix* spp.) *in vitro*. *Biologyja*, 65 (1), 48–55.
- Chokheli, V., Kozlovsky, B., Sereda, M., Lysenko, V., Fesenko, I., Varduny, T., ... & Bondarenko, E. (2016). Preliminary comparative analysis of phenological varieties of *Quercus robur* by ISSR-markers. *Journal of Botany*. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7910451>
- Craciunesc, I., Ciocîrlan, E., Sofletea, N., & Curtu, A. L. (2011). Genetic diversity of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in Prejmer Natural Reserve. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. *Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering, Series II*, 4(1), 15.
- Cvrčková, H., Komárková, M., Trčková, O., & Máchová, P. (2018). Micropropagation of *Tilia cordata* Mill. and verification of genetic diversity of donor trees. Clonal Trees in the Bioeconomy Age: Opportunities and Challenges. The 5th International Conference (September 10-15, 2018), Coimbra, Portugal, 43–46.
- Diniz-Filho, J. A. F., Soares, T. N., Lima, J. S., Dobrovolski, R., Landeiro, V. L., Telles, M. P. D. C., ... & Bini, L. M. (2013). Mantel test in population genetics. *Genetics and molecular biology*, 36 (4), 475–485. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572013000400002>
- Drozdo, V. I. (2010). Instructions for using the Statistica 6.0. [in Russian].
- Erichsen, E. O., Wolff, K., & Hansen, O. K. (2019). Genetic and clonal structures of the tree species *Tilia cordata* mill. in remnants of ancient forests in Denmark. *Population Ecology*, 61 (3), 243–255. <https://doi.org/10.1002/1438-390X.12002>
- Ermanttraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statistical analysis of agronomic study data in the software suite Statistica 6.0. Kyiv [in Ukrainian].
- Galkin, S. I., Dragan, N. V., & Doiko, N. M. (2013). Experience the conservation of ancient trees and historical compositions in arboretum Olexandria of the NAS of Ukraine. *Plant Introduction*, 4, 42–50 [in Ukrainian].
- Hutchison, D. W., & Templeton, A. R. (1999). Correlation of pairwise genetic and geographic distance measures: inferring the relative influences of gene flow and drift on the distribution of genetic variability. *Evolution*, 53 (6), 1898–1914. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1999.tb04571.x>
- Kampfer, S., Lexer, C., Glossl, J., & Steinkellner, H. (1998). Brief report characterization of (GA) n microsatellite loci from *Quercus robur*. *Hereditas*, 129 (183), 1–86.
- Klyachenko, O., & Prysiazhniuk, L. (2018). Polymorphism in sugar beet varieties and hybrids in cell selection for resistance to abiotic factors. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, (6), 602. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2018.7.6.602-606>
- Kushnir, A. I., & Vakulyk, I. I. (2018). Value of unique old trees - a natural monument. *Biological Resources and Nature Management*, 10 (3–4), 176–182 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/bio2018.03.023>
- Lefèvre, F., Alia, R., Bakkebo Fjellstad, K., Graudal, L., Oggioni, S. D., Rusanen, M., Vendramin, G. G., & Bozzano, M. (2020). Dynamic conservation and utilization of forest tree genetic resources: indicators for in situ and ex situ genetic conservation and forest reproductive material. European Forest Genetic Resources Programme (EU-FORGEN), European Forest Institute.
- Legendre, P., & Fortin, M. J. (2010). Comparison of the Mantel test and alternative approaches for detecting complex multivariate relationships in the spatial analysis of genetic data. *Molecular ecology resources*, 10 (5), 831–844. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02866.x>
- Lobo, A., Hansen, O. K., Hansen, J. K., Erichsen, E. O., Jacobsen, B., & Kjær, E. D. (2018). Local adaptation through genetic differentiation in highly fragmented *Tilia cordata* populations. *Ecology and evolution*, 8 (12), 5968–5976. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02866.x>
- Logan, S. A., Phuekvilai, P., & Wolff, K. (2015). Ancient woodlands in the limelight: delineation and genetic structure of ancient woodland species *Tilia cordata* and *Tilia platyphyllos* (Tiliaceae) in the UK. *Tree Genetics & Genomes*, 11 (3), 52. <https://doi.org/10.1007/s11295-015-0872-z>
- Masalskyi, V. P. (2015). Longevity and their preservation in Ukraine. *Scientific journal of NULES of Ukraine. Series: Forestry and ornamental gardening*, 229, 271–277 [in Ukrainian].
- Mohammad-Panah, N., Shabanian, N., Khadivi, A., Rahmani, M. S., & Emami, A. (2017). Genetic structure of gall oak (*Quercus infectoria*) characterized by nuclear and chloroplast SSR markers. *Tree Genetics & Genomes*, 13 (3), 70. <https://doi.org/10.1007/s11295-017-1146-8>
- Müller, M., & Gailing, O. (2018). Characterization of 20 new EST-SSR markers for northern red oak (*Quercus rubra* L.) and their transferability to *Fagus sylvatica* L. and six oak species of section *Lobatae* and *Quer-*

- cus. *Annals of Forest Research*, 61 (2), 211–222. <https://doi.org/10.15287/afr.2018.1191>
- Mylett, A. J. (2016). Genetic diversity and regenerative potential of *Tilia cordata* Miller in the Lincolnshire limewoods. (Doctoral dissertation, University of Lincoln).
- Oleksiichenko, N., & Pidkhovna, S. (2018). The old-age trees of the parks-monuments as park and garden art objects a in Ternopil region. *Proceedings of the forestry academy of sciences of Ukraine*, 16, 41–49 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/411805>
- Phuekvilai, P., & Wolff, K. (2013). Characterization of microsatellite loci in *Tilia platyphyllos* (Malvaceae) and cross-amplification in related species. *Applications in plant sciences*, 1 (4), 1200386. <https://doi.org/10.3732/apps.1200386>
- Pohjanmies, T., Elshibli, S., Pulkkinen, P., Rusanen, M., Vakkari, P., Korpelainen, H., & Roslin, T. (2016). Fragmentation-related patterns of genetic differentiation in pedunculate oak (*Quercus robur*) at two hierarchical scales. <https://doi.org/10.14214/sf.1510>
- Popovych, S. Yu., Stepanenko, N. P., Ustymenko, P. M., Diachenko Y. M., & Korinko, O. M. (2011). Dendrosozologichnyi katalog pryrodno-zapovidnoho fondu Lisostepu Ukrainy. NULES of Ukraine. Kyiv: Ahrar Media Hrup [in Ukrainian].
- Popovych, S. Yu., Vlasenko, A. S., Beruta, E. I., Diachenko, Yu. M., Stepanenko, N. P. (2014). Dendrososological catalog of the nature reserve fund of the Steppe of Ukraine. Kyiv: Komprynt [in Ukrainian].
- Popovych, S. Yu. Savoskina, A. M., Ustymenko, P. M., et al. (2017). Dendrososological catalog of the nature reserve fund of Ukrainian Polissia. NULES of Ukraine. Kyiv: Komprynt [in Ukrainian].
- Prysiazhniuk, L., Shytikova, Y., Dikhtiar, I., & Mizerna, N. (2019). Evaluation of genetic and morphological distances between soybean (*Glycine max* L.) cultivars. *Zemdirbyste-Agriculture*, 106 (2), 117–122. <https://doi.org/10.13080/z-a.2019.106.015>
- Sandurska, E., Ulaszewski, B., & Burczyk, J. (2017). Genetic insights into ecological succession from oak-(*Quercus robur* L.) to beech-(*Fagus sylvatica* L.) dominated forest stands. *Acta Biologica Cracoviensia s. Botanica*, 59 (1), 23–33. <https://doi.org/10.1515/abcsb-2017-0002>
- Sivolap, Yu. M., Kalendar, R. N., & Verbitskaya, T. G. (1998). The use of PCR analysis in genetic selection studies. Scientific guidance.. Kiev: Agrarna nauka [in Russian].
- Sliusar, S. I., & Kushnir, A. I. (2015). Modern socio-ecological aspects of the development of the methodology of research of centuries-old trees. *Scientific journal of NULES of Ukraine. Series: Forestry and ornamental gardening*, 229, 323–333 [in Ukrainian].
- Sovakova, M. O., & Sovakov, O. V. (2015). Age limes in Kyiv. *Scientific journal of NULES of Ukraine. Series: Forestry and ornamental gardening*, 229, 333–339 [in Ukrainian].
- Steinkellner, H., Lexer, C., Turetschek, E., & Glössl, J. (1997). Conservation of (GA)n microsatellite loci between *Quercus* species. *Molecular Ecology*, 6 (12), 1189–1194. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.1997.00288.x>
- Streiff, R., Labbé, T., Bacillieri, R., Steinkellner, H., Glössl, J., & Kremer, A. (1998). Within-population genetic structure in *Quercus robur* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. assessed with isozymes and microsatellites. *Molecular Ecology*, 7 (3), 317–328. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.1998.00360.x>
- Tkachyk, S. O. (Ed.). (2015). Regulations on the procedure and the conduct of qualification tests for suitability of crop varieties for dissemination in Ukraine. Methods of determining quality indices of crop products. Vinnytsia: Nilan-LTD [in Ukrainian].
- Tommasini, L., Batley, J., Arnold, G., Cooke, R., Donini, P., Lee, D., ... & Edwards, K. (2003). The development of multiplex simple sequence repeat (SSR) markers to complement distinctness, uniformity and stability testing of rape (*Brassica napus* L.) varieties. *Theoretical and Applied Genetics*, 106 (6), 1091–1101. <https://doi.org/10.1007/s00122-002-1125-8>
- Yücedağ, C., & Gailing, O. (2013). Morphological and genetic variation within and among four *Quercus petraea* and *Q. robur* natural populations. *Turkish Journal of Botany*, 37 (4), 619–629. <https://doi.org/10.3906/bot-1205-18>

**Bilous, S. Yu., Prysiazhniuk, L. M. (2020). DNA analysis of centuries-old Linden trees using SSR-markers. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 4–14. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.001>**

*Centuries-old trees are not only natural monuments, but also objects of biological, genetic and ecological research. The most numerous group of perennial trees in Ukraine, along with members*

of the genus *Quercus* L. is *Tilia* L. Genetic analysis of perennial linden trees will assess genetic polymorphism between different members of the same species, search for reference communities, and create genetic maps within a species. DNA markers have become widespread among molecular DNA labeling methods, in particular SSR markers.

To assess the polymorphism of ancient *Tilia cordata* L. in research were used 6 SSR markers (Tc5, Tc915, Tc920, Tc927, Tc937, Tc963).

The main stages and results of PCR technique for genetic analysis of perennial linden trees using SSR markers and determination of genetic polymorphism between them are highlighted. Our own universal SSR-PCR test system for DNA identification of genotypes of perennial lindens has been developed.

According to the results of SSR genotyping, DNA profiles were obtained for 6 samples of historically valuable and centuries-old trees of *Tilia cordata* L. aged 400-1000 years. Based on microsatellite analysis, genetic relationships and the level of genetic diversity of selected genotypes were assessed.

As a result of PCR, alleles of the expected size were obtained. According to the calculated value of the half-morphology index of the locus (RIC), the most polymorphic marker Tc920 PIC was 0.72, the lowest value of genetic distances (1.73).

According to the results of studies of 6 samples of small-leaved linden by molecular SSR markers, molecular genetic polymorphism was determined in all studied samples.

The analysis showed that the sample was characterized by a low level of genetic polymorphism, which may be due to the use of a limited number of parental forms in the selection process or genetically related forms.

**Keywords:** polymorphism, *Tilia cordata* L., old value trees, DNA markers.

---

Отримано: 2020-11-10

## ХІД РОСТУ МОДАЛЬНИХ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ

**Р. Д. ВАСИЛИШИН**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
<https://orcid.org/0000-0002-7268-8911>, e-mail: R.Vasylyshyn@nubip.edu.ua

**О. А. СЛИВА**, здобувач\*  
e-mail: sashaslyva@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В умовах зони відчуження Чорнобильської АЕС соснові деревостани, які займають площу понад 80 тис. га, виконують важливу середовищотвірну функцію, зокрема слугують вагомим природним чинником впливу на регіональний вуглецевий баланс лісових екосистем регіону. Ефективність продукування згаданої функції значно залежить від виваженості прийнятих управлінських рішень щодо ведення лісового господарства та раціонального використання лісових ресурсів у межах радіаційно забруднених територій. Інформаційною базою для забезпечення сталого ведення лісового господарства, зокрема й моніторингу міграції радіонуклідів у лісових екосистемах зони відчуження, слугує комплекс нормативно-інформаційного забезпечення, важливою складовою якого є таблиці ходу росту модальних деревостанів. Із метою доповнення цього нормативно-го комплексу інформацією про особливості росту соснових деревостанів, у межах цієї роботи запропоновано математичні моделі динаміки таксаційних показників та розроблено таблиці ходу росту модальних соснових деревостанів зони відчуження Чорнобильської АЕС на типологічній основі.

Інформаційною базою дослідження слугувала інформація з бази даних ВО «Укрдержліспроєкт», що містить повидільну таксаційну характеристику соснових деревостанів досліджуваного регіону, а також дані з 18 тимчасових пробних площ. У процесі моделювання у роботі використано ростову функцію та степеневі й експоненціальні залежності. Як результат запропоновано математичні моделі середньої висоти, середнього діаметра, суми площ поперечного перерізу, запасу та загальної продуктивності соснових деревостанів досліджуваного регіону. Ці математичні залежності були основою для розроблення таблиць ходу росту модальних соснових деревостанів на типологічній основі. Зокрема запропоновано таблиці ходу росту для модальних соснових деревостанів, які ростуть у сухому сосновому бору, свіжому сосновому бору, свіжому дубово-сосновому суборі, вологому дубово-сосновому суборі та вологому грабово-дубово-сосновому сугруді.

Подані математичні моделі описують динаміку таксаційних показників на понад 90 % площ соснових деревостанів досліджуваного регіону.

**Ключові слова:** динаміка таксаційних показників, зона відчуження, моделювання, особливості росту, тип лісу, сосна звичайна.

**Актуальність.** Модальні соснові деревостани зони відчуження Чорнобильської АЕС слугують важливим чинником у системі забезпечення екологічної рівноваги радіаційно забруднених екосистем. Вони також є об'єктом лісгосподарського виробництва, який виконує вагомий ресурсну функцію. У регіоні до-

слідження соснові деревостани займають площу понад 80 тис. га вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, на яких акумульовано понад 24 млн м<sup>3</sup> стовбурового запасу (Borsuk, 2019).

Враховуючи екологічні обмеження щодо використання цього ресурсу деревини, через його забруднення радіо-

\* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор Р. Д. Васишлин.



нуклідами, для лісових фітоценозів досліджуваного регіону визначено пріоритетну середовищевірну та екостабілізаційну роль, однією з функцій якої є їхня вуглецедепонувальна здатність. Максимізація виконання цієї ролі залежатиме від прийняття ефективних лісогосподарських управлінських рішень, які, своєю чергою, потребують наукового підґрунтя у вигляді адекватного інструментарію для забезпечення об'єктивного оцінювання та прогнозування стану лісів Чорнобильської зони відчуження. Складовою цього інструментарію слугують регіональні таблиці ходу росту модальних деревостанів, які відображають наявний стан насаджень і є інформаційним базисом для оцінювання окремих екосистемних функцій лісових фітоценозів (Vasylyshyn, 2018).

Серед переваг використання саме регіональних таблиць ходу росту модальних деревостанів вітчизняні та закордонні дослідники (Lakyda & Aleksiiuk, 2017; Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012; Shvidenko, Schepaschenko, Nilson & Boului, 2003, 2008; Vasylyshyn, 2016) акцентують увагу на їхній здатності враховувати особливості динамічних процесів у лісових насадженнях конкретного регіону, в процесі прогнозування їхнього росту й розвитку.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Лісотаксаційний науковий доробок характеризується наявністю значної кількості нормативно-довідкових матеріалів, що напрацьовані за понад півстолітній період і нині слугують базовим науково-виробничим інструментарієм для прогнозування динаміки таксаційних показників соснових деревостанів Українського Полісся. Серед згаданих нормативів потрібно назвати таблиці ходу росту повних соснових деревостанів природного походження, розроблені О. В. Тюрнім, а також таблиці ходу росту повних штучних соснових деревостанів, складені Ю. М. Савичем та П. І. Ла-

кидою (Shvidenko et al., 1987). Згадані таблиці росту, як і таблиці ходу росту оптимальних соснових деревостанів (Strochinskiy, Shvidenko & Lakyda, 1992), були складені на бонітетній основі, тобто відображали динаміку таксаційних показників сосняків у межах класів бонітету.

Бонітетну класифікаційну основу у процесі моделювання росту насаджень застосовували також В. В. Антанайтіс, М. В. Давидов, В. В. Загреєв, П. І. Лакида, К. Є. Нікітін, А. З. Швиденко та ін. (Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012).

На початку XXI ст. бонітетну класифікаційну основу було використано й для розроблення таблиць ходу росту модальних насаджень, які відображали динамічні ростові процеси в наявних деревостанах. Серед таких нормативів потрібно виокремити таблиці ходу росту штучних модальних соснових деревостанів Полісся України (Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012) і таблиці ходу росту природних модальних соснових деревостанів Полісся України (Lakyda & Aleksiiuk, 2017). Аналогічний методологічний підхід до моделювання динаміки таксаційних показників модальних деревостанів використовували й інші дослідники (Bala, 2019; Bilous et al., 2017; Blyshchuk, 2014; Lakyda & Atamanchuk, 2014; Vasylyshyn, 2016).

Оригінальний підхід до моделювання росту модальних букових деревостанів рівнинної частини України запропонував С. І. Миклуш – таблиці ходу росту модальних деревостанів на типологічній основі. Зокрема, вчений обґрунтовує вагомий вплив лісорослинних умов, які зумовлені багатством та вологістю ґрунту, макро- і мікрокліматичними особливостями, на інтенсивність біопродукційного процесу, формування взаємозв'язку між різними компонентами лісового фітоценозу та становлення фітоценотичної рівноваги в деревостанах (Myklush,

2011). Типологічну основу використано як класифікаційний базис для моделювання динаміки таксаційних показників модальних соснових деревостанів у межах цієї наукової роботи.

**Мета дослідження** – здійснити моделювання динаміки таксаційних показників модальних соснових деревостанів у межах панівних типів лісу в умовах Чорнобильської зони відчуження.

**Матеріали і методика дослідження.** Інформаційним підґрунтям дослідження слугувала інформація з бази даних ВО «Укрдержліспроєкт», що містить повидільну таксаційну характеристику соснових деревостанів досліджуваного регіону, а також дані тимчасових пробних площ (ТПП), взяті з міжнародної бази даних «Biomass plot data base» (Schepaschenko et al., 2017).

Загалом у роботі використано інформацію з 18 тимчасових пробних площ (табл. 1), що характеризують модальні соснові деревостани досліджуваного регіону, а також дані понад 20 тис. лісових ділянок, які у сукупності дали змогу встановити динамічні тренди таксаційних показників у межах п'яти типів лісу: у сухому сосновому бору, свіжому сосновому бору, свіжому дубово-сосновому субору, вологому дубово-сосновому субору та вологому грабово-дубово-сосновому сугруді.

Моделювання динаміки таксаційних показників та статистичну перевірку одержаних результатів проведено із використанням регресійного аналізу за допомогою статистичного пакета StatSoft

STATISTICA. Для порівняння теоретичних і емпіричних даних та аналізу отриманих результатів застосовано статистичні та графічні методи.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Таблиці ходу росту являють собою нормативно-довідковий базис інформаційного забезпечення ведення лісового господарства, обліку та прогнозування обсягів лісових ресурсів.

На думку С. І. Миклуша, для побудови таблиць ходу росту на типологічній основі обґрунтованою основою можуть слугувати матеріали бази даних «Повидільна таксаційна характеристика лісових ділянок і додаткові відомості про них» у поєднанні з даними тимчасових пробних площ, які характеризують ростові процеси у досліджуваних насадженнях (Myklush, 2011).

Аналіз численних математичних залежностей, які використовують для опису динаміки висоти насадження, дав змогу виокремити для цього ростові функції (Kiviste, 1988). Такі залежності детально описані та часто використовувалися у дослідженнях особливостей росту лісових насаджень (Shvidenko, Schepaschenko, Nilson & Boului, 2008; Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012; Blyshchuk, 2014; Vasylyshyn, 2016; Lakyda & Aleksiiuk, 2017; Bala, 2019). Отже, для моделювання середньої висоти соснових деревостанів Чорнобильської зони відчуження використано функцію Чапмана–Річардса (Shvidenko, Schepaschenko, Nilson & Boului, 2008), яка базується на моделях Мітчерліха

### 1. Розподіл кількості тимчасових пробних площ за класами бонітету та панівними типами лісорослинних умов, шт.

ТЛУ	Клас бонітету				Усього
	I <sup>a</sup>	I	II	III	
A <sub>1</sub>	–	–	–	3	3
A <sub>2</sub>	–	2	3	–	5
B <sub>2</sub>	3	2	1	–	6
B <sub>3</sub>	1	3	–	–	4
Разом	4	7	4	3	18

(G. Mitscherlich) та Михайлова (I. Michailoff) і має такий вигляд:

$$Y = a \cdot (1 - e^{-bt})^c, \quad (1)$$

де  $t$  – вік, років;

$a$  – параметр, що визначає максимальне значення показника;

$b$  – параметр, що визначає характер нахилу кривої;

$c$  – параметр, що визначає форму кривої.

Ця модель дає змогу охопити широкий спектр кривих росту, а її коефіцієнти мають біологічний зміст, а також вона характеризується значною гнучкістю та здатна описати особливості ростових процесів у досліджуваних соснових деревостанах. Коефіцієнти та статистичну оцінку моделей середньої висоти наведено у табл. 2.

Для моделювання динаміки середнього діаметра використано його залежність від таких таксаційних показників, як вік ( $A$ ) та середня висота ( $H$ ). У результаті одержано математичну модель, яка з високим рівнем опису вихідних дослідних даних ( $R^2 = 0,82-0,86$ ) описує динаміку середнього діаметра модальних соснових деревостанів Чорнобильської зони відчуження. Її загальний вигляд такий:

$$D = a_0 \cdot \exp(H^{a_1}) \cdot (1 - \exp(-a_2 \cdot A))^{a_3}. \quad (2)$$

Оскільки як фактори функції використано вік та середню висоту, ця залеж-

ність слугуватиме для моделювання динаміки середнього діаметра будь-якого типу лісу модальних соснових деревостанів зони відчуження.

Коефіцієнти та статистичну оцінку моделей середнього діаметра подано у табл. 3.

Наведена статистична оцінка свідчить про достатньо високий рівень точності отриманих математичних моделей. Їхній коефіцієнт детермінації ( $R^2$  більше ніж 0,82) вказує на те, що рівняння описують понад 80 % емпіричних даних.

У процесі моделювання суми площ поперечних перерізів модальних насаджень необхідно враховувати поступове зменшення відносної повноти з віком у різних типах лісу, що зумовлено структурними особливостями модальних насаджень.

Оскільки між сумою площ поперечних перерізів та середньою висотою є тісний кореляційний зв'язок, прийнятні результати може забезпечити функція, аргументами якої є вік та середня висота деревостану.

У результаті багатоваріантного пошуку адекватних моделей росту для побудови моделей суми площ поперечного перерізу ( $G$ ) було використано таку математичну залежність:

$$G = a_0 \cdot H^{a_1} \cdot (1 - \exp(-a_2 \cdot A))^{a_3}. \quad (3)$$

## 2. Значення коефіцієнтів функції Бергаланфі для моделей середньої висоти соснових деревостанів у різних типах лісу

Шифр типу лісу	Коефіцієнти рівняння			Коефіцієнт детермінації $R^2$
	$a$	$b$	$c$	
Сухий сосновий бір				
$A_1$ -С	25,896	0,021	1,512	0,80
Свіжий сосновий бір				
$A_2$ -С	26,477	0,027	1,540	0,82
Свіжий дубово-сосновий суббір				
$B_2$ -дС	28,736	0,031	1,688	0,88
Вологий дубово-сосновий суббір				
$B_3$ -дС	28,640	0,031	1,833	0,86
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд				
$C_3$ -гдС	29,748	0,039	2,227	0,83

**3. Значення коефіцієнтів функції (2) для моделей середнього діаметра соснових деревостанів у різних типах лісу**

Шифр типу лісу	Коефіцієнти рівняння				Коефіцієнт детермінації $R^2$
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	
Сухий сосновий бір					
A <sub>1</sub> -С	16,943	0,034	-0,016	1,027	0,82
Свіжий сосновий бір					
A <sub>2</sub> -С	9,559	0,050	-0,025	0,992	0,84
Свіжий дубово-сосновий суббір					
B <sub>2</sub> -дС	7,084	0,060	-0,030	0,915	0,84
Вологий дубово-сосновий суббір					
B <sub>3</sub> -дС	14,195	0,038	-0,028	1,012	0,86
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд					
C <sub>3</sub> -гдС	16,966	0,031	-0,026	1,121	0,83

Статистичну оцінку використаного рівняння (3) для моделювання абсолютної повноти та кількісне значення його коефіцієнтів наведено у табл. 4.

Базовими таксаційними показниками деревостанів, які характеризують їхню продуктивність, є запас та приріст. У лісотаксаційних дослідженнях запас є функцією суми площ поперечних перерізів, середньої висоти та середнього видового числа ( $F$ ). Тому для моделювання запасу соснових деревостанів зони відчуження було використано кількісні показники середньої висоти, відносної повноти ( $P$ ) та коефіцієнта складу насадження ( $Kc$ ). У результаті багатоваріантного пошуку адекватних моделей росту

було вибрано таку математичну залежність:

$$M = a_0 \cdot Kc \cdot P \cdot (1 - \exp(-a_1 \cdot H))^{a_2}, \quad (4)$$

Значення відносної повноти соснових насаджень було встановлено з урахуванням співвідношення між сумами площ поперечних перерізів досліджуваного та нормального (табличного) насадження.

Статистичну оцінку використаного рівняння (4) для моделювання запасу насадження та кількісне значення його коефіцієнтів наведено у табл. 5.

Усі наведені вище змодельовані таксаційні показники описують деревостан у цілому. Однак у модальних соснових насадженнях досліджуваного регіону в

**4. Значення коефіцієнтів функції (3) для моделей суми площ поперечного перерізу соснових деревостанів у різних типах лісу**

Шифр типу лісу	Коефіцієнти рівняння				Коефіцієнт детермінації $R^2$
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	
Сухий сосновий бір					
A <sub>1</sub> -С	7,013	0,523	-0,154	7,094	0,72
Свіжий сосновий бір					
A <sub>2</sub> -С	14,698	0,288	-0,145	8,605	0,74
Свіжий дубово-сосновий суббір					
B <sub>2</sub> -дС	23,929	0,139	-0,147	10,012	0,78
Вологий дубово-сосновий суббір					
B <sub>3</sub> -дС	22,776	0,141	-0,140	9,306	0,76
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд					
C <sub>3</sub> -гдС	19,048	0,214	-0,166	10,013	0,73

### 5. Значення коефіцієнтів функції (4) для моделей запасу соснових деревостанів у різних типах лісу

Шифр типу лісу	Коефіцієнти рівняння			Коефіцієнт детермінації $R^2$
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	
Сухий сосновий бір				
A <sub>1</sub> -С	149,245	-0,032	1,809	0,87
Свіжий сосновий бір				
A <sub>2</sub> -С	169,764	-0,033	1,901	0,94
Свіжий дубово-сосновий суббір				
B <sub>2</sub> -дС	188,236	-0,028	1,774	0,93
Вологий дубово-сосновий суббір				
B <sub>3</sub> -дС	141,602	-0,040	1,845	0,88
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд				
C <sub>3</sub> -гдС	142,395	-0,037	1,788	0,84

окремих випадках формуються мішані деревостани. За матеріалами повидільної бази даних встановлено залежність зміни частки досліджуваного виду у складі деревостану з віком. Згадана залежність, яка є складовою моделі динаміки запасу та загальної продуктивності, має такий вигляд:

$$C = a_0 + a_1 \cdot A + a_2 \cdot A^2, \quad (5)$$

де  $C$  – коефіцієнт складу (частка сосни звичайної) насадження.

Кількісні значення коефіцієнтів рівняння 5 наведено у табл. 6.

У модальних деревостанах досліджуваного регіону частка сосни звичайності зростає від 5–7 одиниць у вологому гра-

бово-дубово-сосновому сугруді до 9–10 одиниць у сухому сосновому бору. При цьому, в інших досліджуваних типах лісу домінують насадження із часткою сосни звичайної у складі на рівні 8–9 одиниць. Зокрема для оліготрофних, ксерофітних і мезоксерофітних умов характерні чисті та умовно чисті соснові деревостани.

Особливе значення для проектування лісгосподарських заходів має моделювання запасу частини дерев, що вибирається у процесі здійснення лісгосподарських заходів. Через недостатню кількість вихідних дослідних даних для моделювання вказаної частини таблиць ходу росту, у роботі здійснено моделю-

### 6. Значення коефіцієнтів залежності (5) для моделей коефіцієнтів складу соснових насаджень у різних типах лісу

Шифр типу лісу	Коефіцієнти рівняння			Коефіцієнт детермінації $R^2$
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	
Сухий сосновий бір				
A <sub>1</sub> -С	8,894	0,016	$-0,008 \cdot 10^{-2}$	0,37
Свіжий сосновий бір				
A <sub>2</sub> -С	7,782	0,044	$-0,022 \cdot 10^{-2}$	0,71
Свіжий дубово-сосновий суббір				
B <sub>2</sub> -дС	6,473	0,063	$-0,003 \cdot 10^{-1}$	0,81
Вологий дубово-сосновий суббір				
B <sub>3</sub> -дС	4,333	0,088	$-0,004 \cdot 10^{-1}$	0,74
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд				
C <sub>3</sub> -гдС	4,421	0,048	$-0,002 \cdot 10^{-1}$	0,52

### 7. Значення коефіцієнтів регресії математичної моделі динаміки загальної продуктивності соснових насаджень у різних типах лісу

Шифр типу лісу	Коефіцієнти рівняння			Коефіцієнт детермінації $R^2$
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	
Сухий сосновий бір				
A <sub>1</sub> -С	244,873	-0,033	2,112	0,94
Свіжий сосновий бір				
A <sub>2</sub> -С	303,952	-0,032	2,220	0,95
Свіжий дубово-сосновий суббір				
B <sub>2</sub> -дС	273,334	-0,037	2,452	0,94
Вологий дубово-сосновий суббір				
B <sub>3</sub> -дС	332,817	-0,029	2,063	0,84
Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд				
C <sub>3</sub> -гдС	250,617	-0,036	2,209	0,83

вання загальної продуктивності деревостану на основі інформації щодо відповідних співвідношень для соснових деревостанів Українського Полісся (Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012; Lakyda & Aleksiiuk, 2017).

Для моделювання загальної продуктивності соснових деревостанів зони відчуження було застосовано кількісні показники середньої висоти, відносної повноти та коефіцієнта складу насадження, у вигляді математичної залежності, яку використано для моделювання динаміки запасу.

Кількісні значення відповідних коефіцієнтів регресії наведено у табл. 7.

Загальна продуктивність є одним із найважливіших показників у побудові таблиць ходу росту для визначення середнього та поточного приросту. Загальна продуктивність враховує не тільки дійсний запас, а й той, який відпав або був вибраний унаслідок господарського втручання людини. Загальну продуктивність визначено як суму запасу насадження, що росте, та нагромадження запасів відпаду.

Одержані математичні моделі динаміки основних таксаційних показників модальних соснових деревостанів Чорнобильської зони відчуження є основою для складання відповідних таблиць ходу росту. Фрагмент цих нормативів для так-

сації модальних соснових деревостанів у свіжому сосновому бору подано у табл. 8.

Аналіз та оцінювання адекватності розроблених нормативів є важливим етапом науково-дослідної роботи. За результатами цього етапу приймають рішення про можливість практичного застосування новостворених нормативів. Як базовий метод здійснення такої оцінки слугує порівняльний аналіз розроблених таблиць з наявним подібним інформаційним забезпеченням.

Із метою верифікації отриманих результатів дослідження здійснено порівняння росту за основними таксаційними показниками соснових деревостанів із наявними таблицями ходу росту (ТХР), розробленими для Поліського регіону (Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012; Lakyda & Aleksiiuk, 2017). Для порівняння використано природні та штучні модальні соснові деревостани I класу бонітету (табл. 9).

Із наведених даних простежується незначне відставання у рості порівняно з штучними сосновими деревостанами Українського Полісся (Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012) I класу бонітету, водночас сосняки у вологому дубово-сосновому суборі переважають за своїм ростом природні соснові деревостани Українського Полісся (Lakyda &

## 8. Хід росту модальних соснових деревостанів у свіжому сосновому бору

Вік, років	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Кількість дерев, шт.	Сума площ поперечних перерізів, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>	Зміна запасу, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> ·рік <sup>-1</sup>		Загальна продуктивність, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>	Загальний приріст, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup> ·рік <sup>-1</sup>	
						середня	поточна		середній	поточний
10	2,9	2,5	7622	3,6	13	1,3	2,1	15	1,5	2,5
20	7,0	5,3	7091	15,8	50	2,5	6,3	55	2,8	6,8
30	10,9	8,7	4442	26,1	122	4,1	7,3	141	4,7	9,7
40	14,2	12,2	2619	30,7	191	4,8	6,4	237	5,9	9,2
50	16,9	15,8	1683	33,0	250	5,0	5,3	323	6,5	8,0
60	19,0	19,2	1189	34,3	297	5,0	4,3	397	6,6	6,7
70	20,7	22,2	909	35,2	336	4,8	3,4	458	6,5	5,5
80	22,1	24,8	739	35,8	366	4,6	2,7	507	6,3	4,3
90	23,1	27,1	631	36,3	389	4,3	2,0	545	6,1	3,3
100	23,9	28,9	558	36,7	406	4,1	1,4	573	5,7	2,4
110	24,5	30,4	508	36,9	417	3,8	0,9	592	5,4	1,5
120	25,0	31,6	473	37,1	424	3,5	0,4	604	5,0	0,8

## 9. Порівняння ходу росту за висотою модальних соснових деревостанів

Вік, роки	Динаміка середньої висоти у межах джерел інформації, м			
	Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012	Lakyda & Aleksiiuk, 2017	деревостани у свіжому сосновому бору	деревостани у вологому дубово-сосновому суббору
20	8,2	6,6	7,0	7,8
40	16,3	14,4	14,2	16,1
60	21,9	20,9	19,0	21,6
80	25,9	25,6	22,1	24,8
100	28,9	28,8	23,9	26,6

Aleksiiuk, 2017). Наведені тренди росту у висоту досліджуваних деревостанів підтверджують необхідність розроблення окремих ТХР для врахування регіональних особливостей.

Згадані раніше тенденції динаміки складу соснових насаджень досліджуваного регіону та кількісні значення їх сум площ поперечного перерізу значною мірою визначають особливості формування загального запасу. У цьому контексті сосняки Чорнобильської зони відчуження у віці понад 60 років випереджають за продуктивністю соснові деревостани Українського Полісся загалом (табл. 10).

Кількісні значення запасу модальних деревостанів, як і їхні суми площ поперечних перерізів, є мірилом інтенсивності ведення лісового господарства у тому чи тому регіоні. Ця особливість чітко простежується з даних табл. 10, відображаючи особливий режим використання лісових ресурсів у межах радіаційно забрудненої території.

Узагальнюючи, потрібно зазначити, що запропоновані таблиці ходу росту цілком відображають особливості формування модальних соснових деревостанів в умовах Чорнобильської зони відчуження та слугуватимуть науковою основою для прийняття ефективних

## 10. Порівняння ходу росту за запасом модальних соснових деревостанів

Вік, роки	Динаміка запасу у межах джерел інформації, м <sup>3</sup>			
	Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012	Lakyda & Aleksiiuk, 2017	деревостани у свіжому сосновому бору	деревостани у вологому дубово-сосновому суборі
20	74	76	50	57
40	204	189	191	285
60	289	283	297	335
80	340	347	366	405
100	373	383	406	444

управлінських рішень у напрямі організації сталого управління лісовими ресурсами з урахуванням екологічних радіаційних обмежень.

**Висновки і перспективи.** За результатами проведених досліджень запропоновано математичні моделі динаміки основних таксаційних показників, які характеризуються високим ступенем опису дослідних даних. Згідно з ними розроблено таблиці ходу росту модальних соснових деревостанів Чорнобильської

зони відчуження на типологічній основі, які відображають регіональні особливості росту та розвитку соснових насаджень у межах п'яти найпоширеніших типів лісу: сухого соснового бору, свіжого соснового бору, свіжого дубово-соснового суборі, вологого дубово-соснового суборі та вологого грабово-дубово-соснового сугруді. Ці нормативи слугуватимуть базисом для оцінювання біопродуктивності та особливостей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах регіону.

## Список літератури

- Bala, O. P. (2019). *Modelling growth and yield of hardwood broadleaved stands in Ukraine*. Kyiv: LLC "KOMPRINT" [in Ukrainian].
- Bilous, A. M., et al. (2017). *Regulatory reference materials for the evaluation of ecosystem services of softwood forests of the Ukrainian Polissya*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Blyshchuk, V. I. (2014). Production of alder stands in Ukrainian Polissya. (Abstract of PhD dissertation for Agricultural Science, 06.03.02 – Forest Inventory and Forest Measurement). Kyiv.
- Borsuk, O. A. (2019). Comprehensive assessment of the fire danger of forests in the exclusion zone. (Abstract of PhD dissertation for Agricultural Science, 06.03.02 – Forest Inventory and Forest Measurement). Kyiv.
- Kiviste, A. K. (1988). *The funcon of growth of forest*. Tartu [in Russian].
- Lakyda, P. I., & Aleksiiuk, I. L. (2017). *Natural pine forest stands of Ukrainian Polissya: growth and productivity forecast*. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Atamanchuk, R. V. (2014). *Forecast and productivity of modal birch stands in Ukrainian Polissya*. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Havryshenko V. M. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., Terentiev, A. Yu., & Vasylyshyn, R. D. (2012). *Scots pine stands of artificial origin in Ukrainian Polissya – growth and productivity forecast*. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Myklush, S. I. (2011). *Plain beech forests of Ukraine: productivity and organizaon of a sustainable economy*. Lviv: ZUCTS [in Ukrainian].
- Schepaschenko, D., et al. (2017). Biomass plot data base. *PANGAEA*. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.871465>.
- Shvidenko, A. Z., et al. (1987). *Reference materials for forest mensuration in Ukraine and Moldova: regulatory and industrial publication*. Kyiv: Urozhai [in Russian].
- Shvidenko, A. Z., Schepaschenko, D. G., Nilsson, S., & Boului, Yu. I. (2003). The system of growth models and the dynamics of forest productivity in Russia (yield tables). *Forestry*, 6, 34–38.
- Shvidenko, A. Z., Schepaschenko, D. G., Nilsson, S., & Bouluy, Yu. I. (2008). *Tables and models of the growth and productivity of plantaons of the main forest-forming species of Northern Eurasia*. Moscow [in Russian].



- Strochinskiy, A. A., Shvidenko, A. Z., & Lakyda, P. I. (1992). *Models of growth and productivity of opmal stands*. Kyiv: Publishing house USHA [in Russian].
- Vasylyshyn, R. D. (2016). *Forests of Ukrainian Carpathians – features of growth, biological and energy producvtvy*. Kyiv: LLC “KOMPRINT” [in Ukrainian].
- Vasylyshyn, R. D. (2018). *Environmental and energy potential of forests in Ukrainian Carpathians and its sustainable use*. Kyiv: LLC “KOMPRINT” [in Ukrainian].
- 

**Vasylyshyn, R. D., Slyva, O. A. (2020). Growth and yield of modal scots pine stands in the Chernobyl exclusion zone. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 15–24. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.002>**

*In the Chernobyl Exclusion Zone, Scots pine stands, which cover an area of over 80,000 hectares, perform an important environmental function, in particular, they serve as a significant natural factor influencing the regional carbon balance of the region's forest ecosystems. The efficiency of production of this function significantly depends on the balance of management decisions regarding forest management and rational use of forest resources within radiation-contaminated areas. The information base for ensuring sustainable forest management, including monitoring of radionuclide migration in forest ecosystems of the Exclusion zone, is represented by a set of reference and information support, an important component of which are yield tables for modal stands. In order to supplement this complex with information on the peculiarities of Scots pine stands growth, mathematical models of dynamics of biometric indices are proposed and forest typology-based yield tables of modal pine stands of Chernobyl Exclusion Zone are developed within this work.*

*The information basis of the research is presented by information from the database of IA “Ukrderzhlisproekt”, which contains the biometric assessment characteristics of Scots pine stands in the study region, as well as data from 18 temporary sample plots. In course of modelling, power and exponential growth functions were used. As a result, mathematical models of mean height, mean diameter, sum of basal area, growing stock and total productivity of pine stands of the studied region are proposed. These mathematical dependences serve as a basis for the development of forest typology-based yield tables for modal Scots pine stands. In particular, yield tables for modal pine stands growing in dry infertile pine sites, fresh infertile pine sites, fresh fairly infertile pine-oak sites, moist fairly infertile pine-oak sites and moist fairly fertile hornbeam-oak-pine sites are proposed.*

*The developed mathematical models describe the dynamics of biometric indices for more than 90 % of the area of Scots pine stands in the study region.*

**Keywords:** *dynamics of biometric indices, Chernobyl exclusion zone, modeling, growth peculiarities, forest type, Scots pine.*

---

Отримано: 2020-10-12

## ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ У ЛІСОВПОРЯДНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ

**І. П. ЛАКИДА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
<http://orcid.org/0000-0002-1565-8329>, e-mail: [ivan.lakyda@nubip.edu.ua](mailto:ivan.lakyda@nubip.edu.ua)

**В. О. КУЦКИЙ**, слухач магістратури\*

e-mail: [vadimkytskyiy1302@gmail.com](mailto:vadimkytskyiy1302@gmail.com)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

На сьогодні безпілотні літальні апарати дедалі ширше застосовують у різних галузях народного господарства, зокрема й у лісовому господарстві. У зв'язку з цим виникає необхідність здійснення нормування та економічного оцінювання цих видів робіт. Технічне нормування праці є важливим етапом упровадження інноваційних підходів, технологій і техніки у всіх сферах суспільного виробництва. Це дослідження має на меті оцінювання економічних показників використання безпілотних літальних апаратів при здійсненні аерофотознімальних польових робіт під час лісовпорядної діяльності. Базовим підприємством було визначено відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція». Базовим технічним засобом у межах цього дослідження слугував безпілотний літальний апарат коптерного типу DJI Phantom 4. На основі даних фотохронометражу робочої зміни оператора квадрокоптера було розраховано раціональний баланс робочого часу зміни, а також нормативні показники продуктивності праці при здійсненні знімальних робіт. Передбачено можливість коригування норми виробітку залежно від загальної відстані переїздів протягом зміни. На основі розроблених нормативів продуктивності праці визначено повну собівартість окреслених робіт, після чого розраховано вартість знімання 1 гектара площі. Здійснено порівняння вартості знімання за допомогою безпілотного літального апарату з вартістю проведення лісовпорядних і лісосертифікаційних робіт. Результати дослідження та їх аналіз дають змогу стверджувати, що за умови забезпечення порівнюваних якісних та кількісних показників отримуваних даних, використання безпілотних літальних апаратів з метою локального уточнення обстановки є менш витратним, порівняно з натурними обмеженнями польовими бригадами.

**Ключові слова:** квадрокоптер, фотохронометраж, баланс робочого часу зміни, лісовпорядкування.

**Актуальність.** Упровадження безпілотних літальних апаратів у різноманітні сфери виробничої діяльності людства розпочалося нещодавно, проте вирізняється значною інтенсивністю. Безпілотники застосовують з різною метою: від примітивних ігор дітей і відеозйомок масштабних заходів і до порятунку потопальників на морі та військової розвідки. Ці компактні механізми на сьогодні є добрим доповненням у багатьох галузях:

аграрії використовують дрони для хімічного догляду за посівами та поливу, служби порятунку – для пошуку людей, військові – для розвідки (Anderson & Gaston, 2013). У лісовому господарстві безпілотні літальні апарати теж мають досить широке застосування: картографування, оцінка обсягів пошкоджень від пожеж та шкідників, облік мисливської фауни, спостереження за станом розвитку і збереження новостворених лісових культур чи

\* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент І. П. Лакида.

підросту, висів лісового насіння в важкодоступних місцях та багато іншого (Getzin et al., 2014). Ця стаття присвячена дослідженню економічного аспекту використання БПЛА у лісовпорядкуванні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Безпілотні літальні апарати довгий період були надбанням військових, але останнім часом їх дедалі ширше застосовують у цивільних сферах життя. Прикладом можуть слугувати уряди США, Малайзії та Індонезії, які використовують БПЛА для здійснення моніторингу захисту біологічних видів, наявних на їхній території (Anderson & Gaston, 2013). БПЛА, обладнані тепловізорами, дають можливість виявити людей і тварин на певній території (Merino et al., 2012), наприклад, під час рятувальних робіт, коли люди потрапили у полон пожежі або стали жертвою інших катастроф, а польові загани не можуть зібрати потрібну інформацію через особливі умови й пов'язані з ними ризики (Alotaibi et al., 2019).

Безпілотники з 2010 р. знаходять найрізноманітніше застосування в лісовому господарстві ("Forestry Applications", 2016), зокрема, для боротьби з браконсьерами, ідентифікації пожеж та задимлень, картографування лісів, здійснення лісозахисних та лісовпорядних робіт, моніторингу і обліку тварин, пошуку та інспектування вирубок, знеліснення і вітровалів; виявлення незаконної забудови, незаконних звалищ (Schiefer et al., 2020). Одним із найсміливіших рішень щодо використання БПЛА у лісовому господарстві є висівання насіння у важкодоступних місцях. У січні 2019 р. дослідницька група ННІ лісового і садово-паркового господарства здійснила першу апробацію методичних підходів та випробовування можливостей квадрокоптерів для обліку лося на базі Міжречинського регіонального ландшафтного парку ("How elks", 2019).

**Об'єкт досліджень** – перспективи використання безпілотних літальних апаратів у лісовому господарстві України.

**Предмет дослідження** – організаційно-технічні та економічні показники використання БПЛА при здійсненні лісовпорядної діяльності.

**Мета дослідження** полягає у здійсненні економічного обґрунтування використання БПЛА у лісовпорядкуванні.

**Матеріали і методи дослідження** – загальнонаукові (аналіз, синтез, порівняння, індукція, дедукція) та специфічні (фотохронометраж, економічний експеримент, статистичний аналіз).

Для технічного нормування праці було використано метод фотохронометражних рядів. Фотохронометраж – комбінований метод спостереження, який поєднує методику проведення фотографії робочої зміни та хронометражу. При цьому для непрямих затрат часу та перерв використовують фотографію (розраховують баланс і раціональну організацію), а для прямих затрат часу – хронометраж, за допомогою якого визначають норми (Senko, 2012). Під час фотохронометражу визначено середні тривалості типових операцій, які оператор квадрокоптера регулярно виконує у своїй повсякденній роботі.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Для найоб'єктивнішого оцінювання роботи літального апарату використано сценарій, який найбільш реалістичний до зйомочних робіт у лісовому господарстві. Він являє собою ситуацію, коли ведеться зйомка на ділянках, які розташовані в різних місцях лісового масиву, і при цьому кількість батарей є лімітованою (стандартний комплект із трьох батарей). Було виділено такі групи операцій:  $T_{пз}$  – час початково-заключних робіт;  $T_{осн}$  – час основної роботи;  $T_{доп}$  – час допоміжної роботи;  $T_{орм}$  – час обслуговування робочого місця;  $T_{воп}$  – час на відпочинок й особисті потреби;  $T_{пнд}$  – втрати часу через порушення трудової дисципліни. Для зручності розрахунків отримані дані наведено в кількісному вираженні (табл. 1).

Можемо стверджувати, що в табл. 1 найбільшу частку в розподілі часу за-

**1. Середні показники тривалості операцій у натуральних величинах**

Індекс	Спостережний листок № 1	Спостережний листок № 2	Спостережний листок № 3	Середнє значення
$T_{пз}$	20 хв 0 с	20 хв 0 с	20 хв 0 с	20 хв 0 с
$T_{осн}$	191 хв 31 с	196 хв 17 с	199 хв 23 с	195 хв 44 с
$T_{доп}$	67 хв 43 с	69 хв 1 с	77 хв 0 с	71 хв 15 с
$T_{орм}$	8 хв 36 с	9 хв 42 с	8 хв 37 с	8 хв 58 с
$T_{воп}$	25 хв 0 с	25 хв 0 с	25 хв 0 с	25 хв 0 с
$T_{птд}$	5 хв 0 с	5 хв 0 с	5 хв 0 с	5 хв 0 с
Разом	317 хв 50 с	325 хв 0 с	335 хв 0 с	325 хв 57 с

ймають  $T_{осн}$  і  $T_{доп}$ , тобто операція «Зйомка» та комплекс допоміжних операцій, які циклічно повторюються. Пояснити це можна тим, що середня тривалість операції «Зйомка» – 22 хв, а комплекс допоміжних операцій – близько 9 хв.

Приведення фактичної тривалості зміни до нормальної, що складає при 8-годинній робочій зміні 480 хв, здійснюється для сумісного наступного оброблення спостережних листків. Для встановлення часу підготовчо-заклучної роботи за нормальної тривалості керуємось тим, що цей елемент виконується на початку і наприкінці зміни і майже не залежить від того, скільки часу працюватиме обладнання. Тому вважають, що нормальна тривалість цього елемента дорівнює фактичній.

Визначення нормальної тривалості решти елементів зміни здійснено за допомогою коригуючого (перевідного) коефіцієнта. Розраховано нормальну тривалість часу основної, допоміжної роботи, обслуговування робочого місця, відпочинку, власних потреб.

Отже, нормальна тривалість зміни для наступних видів робіт має такий вигляд (табл. 2):

**2. Нормальна тривалість зміни**

Індекс	Час
$T_{пз}$	20 хв 0 с
$T_{осн}$	295 хв 55 с
$T_{доп}$	107 хв 43 с
$T_{орм}$	13 хв 34 с
$T_{воп}$	37 хв 48 с

Констатуємо, що після приведення тривалості зміни до нормальної час операцій прямо пропорційно збільшився, за винятком  $T_{пз}$  та  $T_{птд}$ . Подальше оброблення даних фотохронометражу полягає у визначенні стійкості і доброякісності хронометражних рядів. Визначенню цих показників передують усунування нетипових значень. Отримані дані свідчать про правильну методику проведення досліджень.

Стійкість визначено як відношення максимальної величини часу ( $t$ ) до мінімальної, отримане значення звіряють з його допустимою величиною. Коефіцієнти стійкості фотохронорядів залежать від тривалості елементів робочого часу та виду робіт. Доброякісність обчислено за допомогою середнього арифметичного значення тривалості елемента ( $\bar{t}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\sigma$ ) і помилки середнього значення ( $m$ ) (табл. 3).

Величина помилки середнього значення значно менша, ніж 20 % середньоарифметичної величини часу основної та допоміжної роботи, отже, фотохронометражні ряди є доброякісними (Yakovlev et al., 2016).

Наступним кроком є проектування раціонального балансу зміни на основі середньоарифметичного нормального (табл. 4). Розраховано значення елементів витрат робочого часу спостережних листів, підсумовуючи загальний час кожного із елементів. Час нерегламентованих перерв ( $T_{птд}$ ) у раціональному балансі не передбачено.

## 3. Показники доброякісності

Показник	Спостережний лист № 1		Спостережний лист № 2		Спостережний лист № 3	
	Основна робота	Допоміжна робота	Основна робота	Допоміжна робота	Основна робота	Допоміжна робота
Середнє арифметичне значення тривалості елемента, хв	21,28	7,52	4,36	8,63	22,15	9,63
Середнє квадратичне відхилення	1,28	1,51	0,91	0,87	0,94	0,91
Помилка середнього значення	0,43	0,50	0,30	0,31	0,31	0,32

## 4. Зведення фактичних витрат робочого часу при зйомці та проектування раціонального балансу зміни

Індекс	Спостережний листок № 1	Спостережний листок № 2	Спостережний листок № 3	Середньо-арифметичні значення	Проектований баланс зміни	
					хв	%
T <sub>пз</sub>	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	4
T <sub>осн</sub>	191,52	196,28	199,38	195,73	299,17	62
T <sub>доп</sub>	67,72	69,02	77,00	71,25	108,91	23
T <sub>орм</sub>	8,60	9,70	8,62	8,97	13,71	3
T <sub>воп</sub>	25,00	25,00	25,00	25,00	38,21	8
T <sub>пзд</sub>	5,00	5,00	5,00	5,00	-	-
Разом:	317,84	325,00	335,00	325,95	480	100

Проаналізувавши табл. 4, можна зробити висновок, що час підготовчо-заключних робіт залишився незмінним, адже ці операції постійно виконують перед початком та після закінчення робіт. Втрати часу через порушення трудової дисципліни усунено для нормалізації та підвищення продуктивності зміни. Частка часу основної та допоміжної роботи залишилась такою самою, 62 % і 23 % відповідно, що вказує на високий рівень продуктивності праці.

Норму виробітку у ділянках, які опрацюються за зміну, визначено як відношення проектного оперативного часу до середнього оперативного часу за даними оброблення хронометражного ряду:

$$N_{\text{вир}} = \frac{T_{\text{осн}} + T_{\text{доп}}}{t_{\text{осн}} + t_{\text{доп}}} \quad (1)$$

Потрібно наголосити, що норму виробітку у гектарах представлено з

розрахунку середньої площі знімання за 1 виліт у 40 гектарів. Отже, норма виробітку за максимальної продуктивності на зйомках квадрокоптером становить 13,45 ділянки за зміну, або 538 га.

Проведемо коригування норми виробітку на відстань переїзду. Для цього пропонують здійснювати перерахунок залежно від загальної відстані переїздів (табл. 5). За фотохронометражними листами середній час, що витрачається на переїзди, становить – 154,06 хв. Середня швидкість автомобіля у реальних умовах дорівнювала 21 км·год<sup>-1</sup>, а темп становив 2,86 хв·км<sup>-1</sup>.

Проаналізувавши табл. 5, можна помітити логічну закономірність, що зі збільшенням загальної відстані переїздів за зміну коригувальний коефіцієнт зменшується, тобто продуктивність праці зменшується.

**5. Коригувальний коефіцієнт на відстань переїздів**

Загальна відстань переїздів за зміну, км	Коригувальний коефіцієнт	Середина класу відстані
0–5	0,99	2,5
5–10	0,96	7,5
10–15	0,93	12,5
15–20	0,90	17,5
20–25	0,87	22,5
25–30	0,84	27,5
30–35	0,81	32,5
35–40	0,78	37,5
40–45	0,75	42,5
45–50	0,72	47,5
50–55	0,69	52,5
55–60	0,66	57,5
60–65	0,63	62,5
65–70	0,60	67,5
70–75	0,57	72,5
75–80	0,54	77,5
80–85	0,51	82,5
85–90	0,48	87,5
90–95	0,45	92,5
95–100	0,42	97,5

Отже, пройдена відстань становила:

$$\frac{154,06}{60} \times 21 = 53,9 \text{ км.} \quad (2)$$

Тоді скоригована норма виробітку дорівнюватиме:

$$N_{\text{вир}} = 13,45 \times 0,69 = 9,28 \text{ діл.} \quad (3)$$

$$N_{\text{вир}} = 9,28 \times 40,0 = 371,2 \text{ га.} \quad (4)$$

Отже, скоригована норма виробітку на зйомках квадрокоптером становитиме 9,28 діл., або 371,2 га.

Для розрахунку заробітної плати оператора БПЛА його працю прирівняно до посади провідного інженера-технолога через їхню спорідненість. Тому, згідно з Додатком 4 чинної галузевої угоди «Мінімальні коефіцієнти співвідношень посадових окладів керівників, професіоналів та фахівців Українського державного проектного лісовпорядного виробничого

об'єднання до місячної тарифної ставки робітника I розряду на лісокультурних (лісогосподарських) роботах» (“Industrial agreement”, 2016) використано коефіцієнт співвідношення 2,62.

Згідно з наведеними даними, відрядна розцінка дорівнюватиме 39,16 грн·діл.<sup>-1</sup>, що в перерахунку на 1 га становитиме 0,98 грн·га<sup>-1</sup>. За визначеної норми виробітку заробітна плата становитиме 526,72 грн за зміну.

Амортизаційні відрахування розраховано на 10 років прямолінійним методом, для розміру вартості, що амортизується, – 56 070 грн. Щорічні амортизаційні відрахування становлять 5607 грн, щомісячні – 467,25 грн, і, відповідно, щоденні – 22,51 грн.

Вартість сервісних послуг за зміну сягає 43,35 грн, сюди входять запасні частини, які необхідні для нормального функціонування квадрокоптера протягом одного року, а також послуги сторонніх організацій із ремонту. Вартість електроенергії, потрібної для повного заряджання усіх використаних батарей упродовж зміни для максимальної продуктивності, складає 3,92 грн.

Для розрахунку повної собівартості визначено серію показників, серед яких: додаткова заробітна плата, нарахування на заробітну плату, прямі витрати, загальновиробничі витрати, виробнича собівартість та адміністративні витрати. Додаткову заробітну плату обчислено як 10 % основної заробітної плати (згідно з довідковими даними Боярської ЛДС), тому вона дорівнює 52,67 грн·день<sup>-1</sup>. Нарахування на заробітну плату розраховано як 22 % загального обсягу заробітної плати – 127,47 грн·день<sup>-1</sup>. Прямі витрати є сумою витрат на основну заробітну плату, додаткову заробітну плату, нарахувань на заробітну плату, амортизаційних відрахувань, вартості енергії на технологічні цілі, вартості запасних частин та вартості сервісу і в підсумку становлять 812,09 грн·день<sup>-1</sup>.

Загальновиробничі витрати обчислено як 20 % прямих витрат (згідно з довідковими даними, отриманими у ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»), вони становлять 162,42 грн·день<sup>-1</sup>. Виробничу собівартість розраховано як суму прямих і загальновиробничих витрат, вона дорівнюватиме 974,51 грн·день<sup>-1</sup>. Адміністративні витрати встановлено як частку від прямих витрат у розмірі 15 % (за довідковими даними, отриманими у ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»), що дорівнює 121,81 грн·день<sup>-1</sup>. Повну собівартість визначено як суму виробничої собівартості та адміністративних витрат, яка становить 1096,33 грн·день<sup>-1</sup>.

Здійснивши розрахунки для знаходження значень показників, зазначених вище, встановлено загальні річні та місячні витрати, шляхом урахування середньої кількості робочих днів та місяців у році. Отже, сукупні витрати протягом місяця становлять 23 022,93 грн·міс.<sup>-1</sup>, а сукупні річні витрати – 276 275,16 грн·рік<sup>-1</sup>.

Маючи дані щодо повної собівартості, обчислено вартість зйомки одного гектара квадрокоптером:

$$VZ_k = \frac{PC}{O_b} = \frac{1096,33}{538} = 2,04 \text{ грн} \cdot \text{га}^{-1}, \quad (5)$$

де  $VZ_k$  – вартість зйомки одного гектара квадрокоптером, грн·га<sup>-1</sup>.

Згідно з даними щодо останніх лісовпорядних робіт, які проводили у ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція», їхня вартість становила 23,20 грн·га<sup>-1</sup> для польових робіт та 10,23 грн·га<sup>-1</sup> для камеральних робіт. Базове підприємство також є сертифікованим за схемою FSC, тому вдалося встановити вартість лісосертифікаційних робіт, яка дорівнює 6,84 грн·га<sup>-1</sup>.

Як можна помітити, зйомка дроном у 5 разів дешевша, аніж комплекс лісовпорядних і сертифікаційних робіт. Потрібно зауважити, що зйомка квадрокоптером не може замінити жоден із цих видів робіт, натомість вона може бути доповненням

до них, а сам БПЛА є високоефективним, багатоцільовим інноваційним інструментом, здатним істотно розширити можливості лісогосподарських підприємств у сфері збирання, оброблення та інтерпретації даних про лісовий фонд.

**Висновки і перспективи.** В епоху новітніх технологій та автоматизації інновації посідають важливе місце в житті людини, спрощуючи та вдосконалюючи технічну роботу. Лісове господарство не є винятком, у цій галузі теж поступово впроваджують новітні методи роботи та зразки обладнання. Одним із них є застосування безпілотних літальних апаратів у лісовпорядних роботах. За допомогою квадрокоптерів можна оперативної та мобільно здійснювати різноманітні види діяльності, спрямовані на збирання даних і безпосереднє виконання лісогосподарських робіт.

У процесі досліджень проведено технічне нормування праці на основі сформованих фотохронометражних рядів, у результаті яких визначено норму виробітку, яка становить 13,4 ділянки, або 538 га за зміну з можливістю коригування на відстань переїздів. Для розрахунку повної собівартості встановлено прями, загальновиробничі та адміністративні витрати. Відповідно отримано значення повної собівартості у 1096,33 грн за зміну. Порівняння вартості аерофотознімання за допомогою БПЛА з сукупною вартістю польових і камеральних окомірних вимірювальних робіт, пов'язаних із плануванням лісогосподарського виробництва, на площі 1 га свідчить про істотно менші витрати у разі використанні дрона (2,04 грн·га<sup>-1</sup> та 10,18 грн·га<sup>-1</sup> відповідно). Подальші дослідження у цій сфері мають спрямовуватися на вирішення питань щодо технічного нормування праці різних видів польових і камеральних робіт на основі БПЛА та комплексу спеціалізованого програмного забезпечення, що дасть можливість підвищити коректність врахування цієї діяльності у витратах лісогосподарських підприємств.

Список літератури

- Anderson, K., & Gaston, K. J. (2013). Light-weight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11 (3), 138–146. <https://doi.org/10.1890/120150>
- Alotaibi, E. T., Alqefari, S. S., & Koubaa, A. (2019). LSAR: Multi-UAV Collaboration for Search and Rescue Missions. *IEEE Access*, 7, 55817–55832. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2912306>
- Getzin, S., Nuske, R. S., & Wiegand, K. (2014). Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) to Quantify Spatial Gap Patterns in Forests. *Remote Sensing*, 6 (8), 6988–7004. <https://doi.org/10.3390/rs6086988>
- Forestry applications of UAVs in Europe. (2016). *A review: International Journal of Remote Sensing*, 38 (8–10). Available at <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431161.2016.1252477>.
- How elks were counted using a drone. (2019, March 5). BBC News Ukraine. Available at <https://www.bbc.com/ukrainian/media-47456748> [in Ukrainian]
- Industrial agreement between the State Forest Resources Agency and the Trade Union of forestry employees of Ukraine for 2016–2020. (2016). Available at [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article;jsessionid=F8963447B55C11E4BE262437F0105001.app1?art\\_id=174824&cat\\_id=32888](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article;jsessionid=F8963447B55C11E4BE262437F0105001.app1?art_id=174824&cat_id=32888) [in Ukrainian].
- Merino, L., Caballero, F., Martínez-de-Dios, J. R., Maza, I., & Ollero, A. (2012). An Unmanned Aircraft System for Automatic Forest Fire Monitoring and Measurement. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 65 (1), 533–548. <https://doi.org/10.1007/s10846-011-9560-x>
- Senko, Ye. I. (2012). *Organization, planning and management at forestry and landscape-park management enterprises*. Kyiv: Znan-nya. Available at <http://194.44.152.155/elib/local/sk771587.pdf> [in Ukrainian].
- Schiefer, F., Kattenborn, T., Frick, A., Frey, J., Schall, P., Koch, B., & Schmidlein, S. (2020). Mapping forest tree species in high resolution UAV-based RGB-imagery by means of convolutional neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 170, 205–215. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.10.015>
- Yakovlev, A. I., Sudarkina, S. P., Larka, M. I., Kobelev, V. M., Hluchkova, S. V., Maistro, R. H., Litvinenko, M. V., Shutko, L. B., Vlasova, H. I., Filipov, V. P., & Litvinova, Yu. S. (2016). *Organization of production*. NTU “KhPI”. Available at <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/28324> [in Ukrainian].

Lakyda, I. P., Kutsyki, V. O. (2020). Economic evaluation of use of unmanned aerial vehicles in Ukraine's forest management planning. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 25–31. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.003>

Today, unmanned aerial vehicles are increasingly used in various sectors of economy, including forestry. Therefore, there is a need for rationing and economic evaluation of these types of activity. Technical standardization of labor is an important stage in the implementation of innovative approaches, technologies, techniques, engineering samples and appliances in all spheres of production. This study serves the purpose of assessing the economic performance of unmanned aerial vehicles at aerial field work during forest management planning activities. The separate unit of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine “Boiarka Forest Research Station” was identified as the base enterprise. The main analyzed means of technics within the scope of this research is the copter type unmanned aerial vehicle DJI Phantom 4. Based on the data of motion and time study of a quadcopter operator's shifts, a rational balance of working time of a shift alongside with the normative indicators of labor productivity during aerial photographing activity were calculated. It is possible to adjust the production rate depending on the total travelled distance during a working shift. On the basis of the developed standards of labor productivity, the full prime cost of carrying out aerial photography on an area of 1 ha has been calculated. A comparison of the cost of carrying out aerial photography by means of an unmanned aerial vehicle with the cost of forest management planning and forest certification fieldwork has also been carried out. The results of the study suggest that provided the comparable qualitative and quantitative indicators of the collected data, the use of unmanned aerial vehicles for local clarification of the situation is less expensive compared to surveys by field teams.

**Keywords:** quadcopter, motion and time study, balance of shift working time, forest management planning.

Отримано: 2020-10-17



---

## ФУНКЦІОНАЛЬНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА КРИТЕРІЯМИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

---

**П. І. ЛАКИДА**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
<https://orcid.org/0000-0003-3639-2969>, e-mail: [lakyda@nubip.edu.ua](mailto:lakyda@nubip.edu.ua)

**С. А. СИТНИК**, кандидат біологічних наук, доцент  
<https://orcid.org/0000-0002-7646-6347>, e-mail: [sytnyk.s.a@dsau.dp.ua](mailto:sytnyk.s.a@dsau.dp.ua)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

**О. О. КРАВЧЕНКО**, начальник управління  
e-mail: [dnoulg\\_office@ukr.net](mailto:dnoulg_office@ukr.net)

Дніпропетровське обласне управління лісового та мисливського господарства

Формування комплексної стратегії управління лісами в Україні має відбуватись відповідно до принципів і критеріїв, що створюють передумови досягнення паритету екологічних, економічних і соціальних аспектів сталого розвитку. У державі встановлення відповідності системи ведення лісового господарства визначеним міжнародним вимогам має бути реалізовано через впровадження Гельсінських критеріїв сталого розвитку лісів. Метою роботи було проаналізувати за Гельсінськими критеріями й індикаторами збалансоване управління стану лісів та фактичні показники господарської діяльності лісогосподарських підприємств, які функціонують у степовій природній зоні України. Вихідними даними слугували матеріали галузевої звітності та державної статистичної інформації. У статті зазначено розподіл площі лісів адміністративної Дніпропетровської області за лісокористувачами. Проаналізовано розподіл площі лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України за функціональними категоріями. Оцінено структуру природно-заповідного фонду об'єктів і територій лісового фонду. Розглянуто забезпечення лісового господарства трудовими ресурсами. Наведено площі ділянок, вкритих лісовою рослинністю, за панівними лісотвірними видами з розподілом за групами віку. Розраховано загальну фітомасу та її тренд для лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України в Дніпропетровській області.

Наведено розподіл загальної фітомаси за структурними компонентами насаджень – деревина і кора стовбурів, деревина і кора гілок, листя, корені, піднаметова рослинність. Розглянуто динаміку середніх значень запасу стовбурової деревини, щільності фітомаси й делюванованого вуглецю у фітомасі лісів. Оцінено дію біотичних чинників на лісові насадження, встановлено видовий склад шкідників і фітопатогенів та площі їхніх осередків. Подано перелік основних лісогосподарських заходів, пов'язаних із заготівлею деревини. Охарактеризовано видовий склад та розподіл площі ділянок, вкритих лісовою рослинністю, за лісотвірними видами й групами віку у лісах захисної функціональної групи, які запобігають ерозії ґрунтів.

**Ключові слова:** лісові насадження, зона степу, лісогосподарська діяльність, Гельсінські критерії та індикатори, сталий розвиток лісового господарства, фітомаса лісів.

---

**Актуальність.** Успіх у вирішенні проблем екологічного стану довкілля можливий за умови розуміння фактичного стану лісів. Це передбачає формування комплексної стратегії управління

лісами відповідно до принципів і критеріїв, що створюють передумови оптимізації національної лісової політики, сприяння міжнародним процесам збереження лісів, збалансованого використан-

ня лісоресурсного потенціалу та відтворення лісових ресурсів для досягнення паритету екологічних, економічних і соціальних аспектів сталого розвитку (Ibatullin, Stepenko & Sakal, 2012).

Пріоритетом ведення лісгосподарської діяльності в Україні має бути еколого-економічна та соціальна ефективність і наукове обґрунтування й упровадження новітніх форм управління. Розвиток управління лісового господарства у державі має передбачати розроблення й імплементацію інноваційних методів екологічно та соціально орієнтованого лісівництва, ведення лісового господарства й лісозаготівель, формування привабливого для споживача іміджу лісгосподарських підприємств, наближення рівня економічних, екологічних та соціальних стандартів лісового господарства до європейського рівня, набуття конкурентних переваг і довготермінове партнерство з покупцями сертифікованої лісопродукції за кордоном, доступ до нових ринків збуту, зокрема тих, що висувають високі екологічні вимоги до лісової продукції (Mishenin & Yarova, 2014).

У державі встановлення відповідності системи ведення лісового господарства визначеним міжнародним вимогам має бути реалізовано через упровадження Гельсінських критеріїв сталого розвитку лісів для оцінювання фактичної діяльності лісгосподарських підприємств Державного агентства лісових ресурсів України. Зазначене зумовлює актуальність проведення аналізу фактичних показників діяльності державних лісгосподарських підприємств, які функціонують у степовій природній зоні України, принципам збалансованого управління лісами за базовими критеріями сталого розвитку.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням удосконалення системи управління лісами присвячено багато наукових робіт, зокрема запропоно-

вано: теоретико-методологічні засади модернізації і розвитку лісоресурсного комплексу держави та адаптації його до реформування економіки у форматі еколого-економічної безпеки (Antonenko, 2008); проаналізовано еколого-економічні проблеми просторової організації лісового комплексу України (Litsur, 2010); здійснено порівняльний аналіз лісового законодавства України та пов'язаних із ним правових актів на відповідність до законодавчої бази Європейського Союзу з питань сталого управління лісами здійснено у (Storozhuk, 2010). Комплексне використання лісоресурсного потенціалу та механізми стимулювання, інституціонального та інноваційно-інвестиційного забезпечення висвітлено у роботі (Khvesik, Shubaliy, Vasilik & Khvesyk, 2011). Mishenin & Yarova (2014) запропонували змістовне тлумачення поняття «лісгосподарювання» з позиції наявної соціально-екологічної парадигми переходу від природокористування до природогосподарювання у лісовому комплексі.

Результати дослідження теоретико-методологічних засад управління суспільними відносинами щодо лісових ресурсів із метою виявлення перспектив розвитку та потенційних небезпек у економічній, екологічній та соціальній сферах, для формування стратегічної моделі управління лісовими ресурсами із застосуванням методу SWOT-аналізу наведено у роботі (Ibatullin, Stepenko & Sakal, 2012). Для реалізації системного підходу до формування моделі управління лісами та оптимізації процесу прийняття управлінських рішень автори запропонували структурно-логічну схему вдосконалення менеджменту лісгосподарськими підприємствами.

Спектр актуальних наукових завдань, які стосуються розроблення принципів, методів та інституціональних передумов реформування системи управління лісами на засадах екологічної безпеки, роз-

глянуто у роботі (Yarema, 2019). На думку автора, головним завданням збалансованого лісокористування є пошук компромісу між задоволенням економічних інтересів та збереженням лісових екосистем і природного біорізноманіття. Для визначення ключових чинників посилення еколого-економічної ефективності управлінських рішень у лісгосподарській діяльності запропоновано застосувати SWOT-аналіз, що сприятиме підвищенню ефективності організаційно-економічних заходів для реалізації регіональної екологоорієнтованої лісової політики у частині інтенсифікації використання та відтворення лісових екосистем, покращення їх охорони, створення передумов участі громадян у прийнятті рішень у сфері лісових відносин, збереження екологічного потенціалу лісів, підвищення продуктивності й поліпшення біорізноманіття лісових екосистем.

У роботі (Kravets & Lakyda, 2002) запропоновано проект критеріїв та індикаторів для управління лісами в Україні, визначено принцип дії для процесу оцінювання інформативного списку індикаторів. Багатовекторне обговорення питання удосконалення системи інформаційного забезпечення лісоуправління на принципах сталого розвитку, зокрема розроблення і впровадження системи критеріїв та індикаторів сталого управління лісами, є запорукою формування ефективних механізмів та інструментів лісової політики в умовах реформування лісового сектора України (Kravets, Lakyda & Kremenetska, 2009).

**Мета дослідження** – проаналізувати стан лісів та фактичні показники господарської діяльності лісгосподарських підприємств, які функціонують у степовій природній зоні України, за Гельсінськими критеріями й індикаторами збалансованого управління лісами.

**Матеріали і методи дослідження.** Управління лісами має визначені критерії та індикатори, які характеризують

рівень сталості при веденні лісового господарства (Resolution H1. General Guidelines for the Sustainable Management of Forests in Europe; Resolution L2: Pan-European Criteria, Indicators and Operational Level Guidelines for Sustainable Forest Management).

Для визначення ступеня відповідності стану та функціонування лісів на рівні певного регіону вимогам концепції сталого розвитку, науково обґрунтованих напрямів удосконалення системи ведення лісового господарства, лісовий фонд потрібно аналізувати за трьома блоками: фактичний стан лісів; оптимальний, який відповідає парадигмі сталого управління лісами, та потенційно можливий стан лісів, який визначається природними умовами.

Відповідність фактичних функціональних показників лісового господарства у Північному Степу України (лісгосподарські підприємства Дніпропетровського обласного управління лісового та мисливського господарства, ДООЛМГ) принципам сталого управління лісами оцінено за базовими Гельсінськими критеріями (CFCS 1002:2001. Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management; Criteria and indicators for sustainable forest management: international process, current status and the way ahead). Вихідними даними слугували матеріали галузевої звітності та державної статистичної інформації (<http://www.dnestrstat.gov.ua>).

**Результати дослідження та їх обговорення.** Критерій I «Охорона та відновлення лісових ресурсів та їхній внесок у глобальний колообіг вуглецю».

Цей критерій визначається індикаторами, які характеризують площу лісів, лісистість регіону, а також їх динаміку; динаміку загального і середнього запасів стовбурової деревини; загальний запас депонованого у лісових екосистемах вуглецю, обсяги акумульованої у надземній фітомасі енергії та динаміку використан-

**1. Розподіл площі ділянок, укритих лісовою рослинністю, у Дніпропетровській області у розрізі власності**

Балансоутримувачі лісових насаджень	Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га
Державне агентство лісових ресурсів України	65 673,2
Міністерство енергетики та вугільної промисловості України (Міністерство енергетики України)*	42,8
Міністерство оборони України	10 724,0
Міністерство освіти і науки України	664,4
Міністерство охорони здоров'я України	11,4
Міністерство екології та природних ресурсів України (Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України)	129,4
Міністерство аграрної політики та продовольства України	136,2
Міністерство інфраструктури України	8550,2
Державне агентство водних ресурсів України	1494,5
Дніпропетровська обласна державна адміністрація	10 892,6
Землі державної власності, які не надані у користування	78 993,5
Громадяни, яким надані землі у власність і користування	1662,1
Ліси комунальної власності	35,2
Всього	179 009,5

\* – наведено відповідні назви органів виконавчої влади станом на 1 січня 2021 р.

ня енергетичного потенціалу деревної біомаси.

У регіоні дослідження наявний високий рівень (понад 90 %) господарського використання території області, значно порушене співвідношення між природними угіддями, ріллею, агроландшафтами та урбоекосистемами. Лісистість Дніпропетровської області становить 5,6 %. Реалізація програми «Ліси України» передбачала до 2015 р. збільшення площі лісів на 32,3 тис. га, а лісистості – до 8,4 %. Згідно з регіональною програмою «Ліси Дніпропетровщини» на зазначений рік лісистість регіону мала досягти 8–10 %.

Загальна площа лісового фонду Дніпропетровської області становить 198,6 тис. га. Актуальним фактором ефективності управління лісами у регіоні дослідження є визначення їх відомчого підпорядкування. Однією з низки проблем лісового господарства у степовій природній зоні України є значна кількість балансоутримувачів лісових насаджень (табл. 1, рис. 1).

Найбільша площа ділянок, укритих лісовою рослинністю – 78 993,5 га (44,1 %) – належить до земель державної власності, які не надані у користування. З них захисні насадження займають площу лісових ділянок 78 167,6 га (98 %), зокрема полезахисні лісосмуги. За відсутності балансоутримувача у цих насадженнях не здійснюють лісогосподарські заходи (санітарні рубки й рубки догляду) та їх охорону.

Державному агентству лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області належить 90 750,1 га; вкриті лісовою рослинністю ділянки займають площу 65 673,2 га (72,4 %). Ліси, які належать центральному органу виконавчої влади, діяльність якого спрямована на організацію лісового господарства, за походженням є переважно штучними, не мають промислового значення, виконують природоохоронні, санітарні, рекреаційні та захисні функції.

Згідно з положеннями Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку поділу лісів на категорії



Рис. 1. Розподіл площі лісів Дніпропетровської області за лісокористувачами, %

## 2. Вікова структура насаджень ДООУЛМГ за функціональними категоріями

Функціональні категорії лісів	Площа з насадженнями груп віку, га					Всього
	молодняки	середньо-вікові	пристигли	стигли	перестиглі	
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення	706,7	3568,4	1385,0	1316,1	2782,1	9758,3
Рекреаційно-оздоровчі ліси	5307,7	13368,1	929,4	2618,7	9078,6	31 302,5
Захисні ліси	3410,9	9456,0	1464,9	3564,1	6716,5	24 612,4
Загалом	9425,3	26 392,5	3779,3	7498,9	18 577,2	65 673,2

та виділення особливо захисних лісових ділянок» від 16 травня 2007 р. № 733, до природно-заповідного фонду віднесено 12 952,6 га лісів Державного агентства лісових ресурсів України, ліси наукового та історико-культурного призначення займають площу 477,5 га, рекреаційно-оздоровчі ліси – 45 841,5 га, захисні ліси – 31 478,5 га. Відносний розподіл площі лісів Державного агентства лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області за функціональними категоріями наведено на рис. 2.

У табл. 2 наведено площі ділянок, укріплених лісовою рослинністю, лісів наявних функціональних категорій за гру-

пами віку, на рис. 3 – відсотковий розподіл площі ділянок, укріплених лісовою рослинністю, за групами віку.

Аналіз наведених даних дає змогу встановити незбалансованість вікової структури лісів регіону дослідження: наявне двократне переважання площі з перестиглими деревостанами до площі деревостанів вікової групи молодняків.

На підставі наведеного очевидним є нерівномірний розподіл площі насаджень, де площа пристиглих, стиглих і перестиглих деревостанів є майже в 3,2 разу більшою за площу молодняків.

Усю площу лісового фонду ДООУЛМГ вилучено з розрахунку рубок головного користування, тому цей вид рубок на ді-

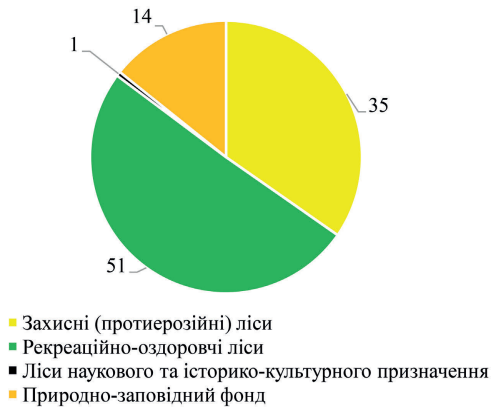


Рис. 2. Розподіл площі лісів ДООУЛМГ за функціональними категоріями, %

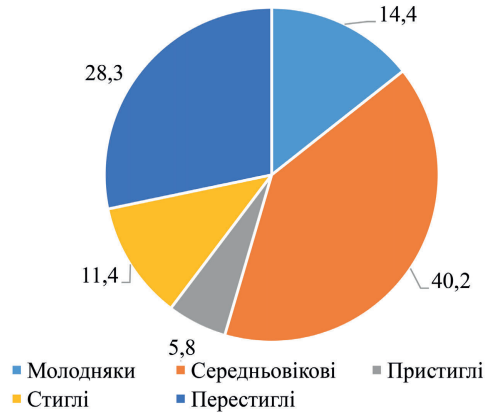


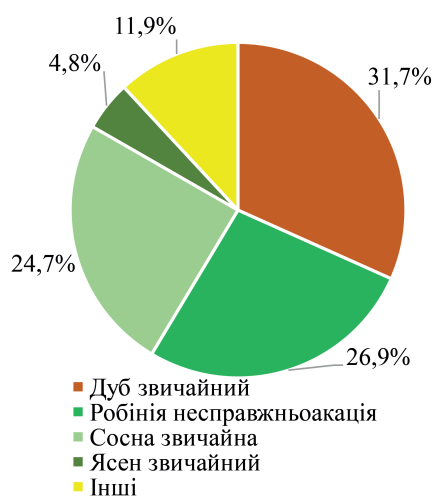
Рис. 3. Розподіл площі ділянок, укритих лісовою рослинністю, ДООУЛМГ за групами віку, %

лянках, укритих лісовою рослинністю, не проектується. Розподіл площі лісових ділянок за видами вилучення з розрахунку рубок головного користування наведено у табл. 3.

Видовий склад деревних рослин, які формують ліси Байрачного степу України, є нечисленний. Розподіл площі лісів досліджуваного регіону за переважними лісотвірними видами наведено на рис. 4.

### 3. Площі ділянок, укритих лісовою рослинністю, у межах категорій лісів та особливо захисних лісових ділянок

Найменування категорій лісів та особливо захисних лісових ділянок	Площа вкритих лісовою рослинністю ділянок, га
<i>Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення</i>	
Природні заповідники	1574,1
Заповідні лісові урочища	33,8
Пам'ятки природи	277,0
Ліси історико-культурного призначення	20,3
Ліси наукового призначення, зокрема генетичні резервати	421,3
Регіональні ландшафтні парки (зона регульованої рекреації)	1768,3
<i>Рекреаційно-оздоровчі ліси</i>	
Ліси у межах населених пунктів	7009,3
Ліси 1 і 2 поясів зон санітарної охорони джерел водопостачання	2885,9
Лісопаркова частина лісів зелених зон	17 559,4
<i>Захисні ліси</i>	
Ліси протиерозійні	56 162,0
<i>Особливо захисні лісові ділянки</i>	
Лісові ділянки на особливо охоронних частинах заказників	5669,0
Лісові ділянки навколо оздоровчих та рекреаційних територій	1063,2
Лісові ділянки на схилах ярів, балок, обривів, осипів і зсувів	2693,6
Лісові ділянки, які мають спеціальне господарське значення	85,4
Разом	65 673,2



**Рис. 4.** Розподіл площі деревостанів панівних лісотвірних видів у Північному Степу України, %

Привертає увагу майже однакова представленість площі деревостанів трьох лісотвірних видів – твердолистяних – дуба звичайного і робінії несправжньоакації та хвойного – сосни звичайної.

Найбільшу площу займають дубові лісонасадження, з переважанням високос-

товбурного дуба (21,8 % загальної площі дубових насаджень). Незначні площі зайняті деревостанами м'яколистяних видів – тополі та деревовидних верб.

За індикатором першого Гельсінського критерію, який характеризує загальний запас депонованого у лісових екосистемах вуглецю, на основі матеріалів базового лісовпорядкування і галузевої звітності Державного агентства лісових ресурсів із використанням калькуляційної програми CARBON, розробленої П. І. Лакидою (2002), розраховано такий показник: загальна фітомаса лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України у Дніпропетровській області.

Розподіл за структурними компонентами надземної та підземної фітомаси, бюджет вуглецю, середня щільність фітомаси й вуглецю наведено в табл. 4. За аналізований період площа ділянок, укритих лісовою рослинністю, збільшилася на 12,6 тис. га, з 51,4 до 64,6 тис. га, що було недостатнім для досягнення науково обґрунтованої оптимальної лісистості регіону.

У період з 2002 до 2011 рр. відбулося незначне зменшення площі, вкритої лісом, – на 0,5 тис. га. У ревізійний пе-

#### 4. Фітомаса й депонований вуглець насаджень ДОУЛМГ

Вкриті лісовою рослинністю ділянки, тис. га	Запас стовбурової деревини, млн м <sup>3</sup>	Компоненти фітомаси, млн т						Вуглець, млн т
		листя (хвоя)	деревина і кора гілок	деревина і кора стовбурів	корені	піднаметова рослинність	разом	
<i>1973 рік</i>								
51,4	2,56	0,0534	0,1734	1,0301	0,3299	0,0794	1,6662	0,826
<i>1978 рік</i>								
60,5	4,31	0,0735	0,3159	1,8071	0,4269	0,1243	2,7478	1,364
<i>1983 рік</i>								
62,1	4,46	0,0770	0,3072	1,8446	0,4784	0,1341	2,8414	1,410
<i>1996 рік</i>								
63,9	7,88	0,1087	0,5864	3,3964	0,7060	0,1751	4,9726	2,472
<i>2002 рік</i>								
64,5	9,27	0,1195	0,7389	3,9981	0,7787	0,1928	5,8279	2,898
<i>2011 рік</i>								
64,0	11,32	0,1288	0,9489	4,9294	0,9585	0,2345	7,2001	3,582

ріод відбувалося збільшення запасу стовбурової деревини від 2,56 до 11,32 млн м<sup>3</sup>.

Розвиток насаджень та зміна вікової структури з домінуванням площі, зайнятої стиглими і перестиглими деревостанами, зумовили поступове збільшення середніх запасів стовбурової деревини за роками (м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>): 1973 – 47,05; 1978 – 71,23; 1983 – 71,81; 1996 – 123,31; 2002 – 143,72; 2011 – 176,88.

Станом на 1 січня 2011 р. фітомаса лісових насаджень регіону дослідження сягала 7,2 млн т. Аналіз динаміки середньої щільності загальної фітомаси лісових насаджень демонструє її значне збільшення. Значення середньої щільності фітомаси у 1973 р. становило 3,24 т·га<sup>-1</sup>, у 2011 р. цей показник досяг 11,25 т·га<sup>-1</sup>. У зазначений період обліку збільшення площі лісів було незначним, тому збільшення щільності можна пояснити зростанням і розвитком лісових насаджень і перерозподілом фітомаси за деревостанами різних вікових груп, що й позначилося на збільшенні загальної фітомаси насаджень на одиницю площі.

Розподіл загальної фітомаси за структурними компонентами у ревізійний період подано на рис. 5. Дані, наведені на діаграмі, демонструють збереження тенденції розподілу загальної фітомаси насаджень за фракціями протягом усього періоду спостереження: найбільшу частку у загальній фітомасі лісів становила фітомаса деревини й кори стовбурів, найменшою часткою характеризувалася піднаметова рослинність. Із ростом насаджень і накопиченням фітомаси упродовж трьох десятиріч відбувався перерозподіл часток фітомаси між структурними складовими. Частка фітомаси надземної частини деревостанів, а саме фітомаси деревини та кори стовбурів, збільшилася на 7,4 %, деревини і кори гілок – 2,8 %.

Збільшення часток зазначених фракцій фітомаси відбувалося на тлі зменшення асимілюючих органів (1,5 %) та піднаметової рослинності (1,5 %). Вуглець, акумульований у фітомасі лісів Байрачного степу України, становив 0,8265 (1973 р.) – 3,5819 млн т (2011 р.). Змінювання середньої щільності вугле-

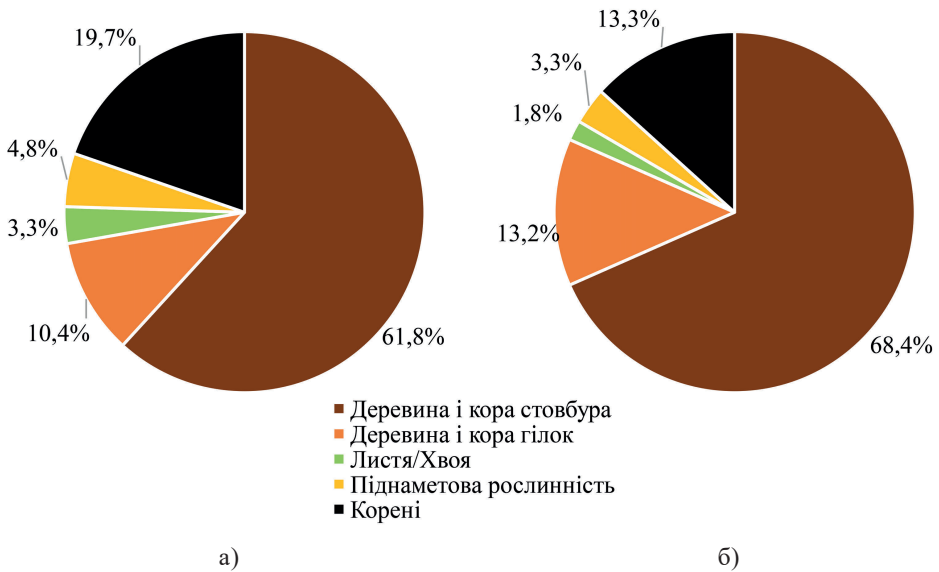


Рис. 5. Розподіл загальної фітомаси лісів Байрачного степу України за структурними компонентами насаджень у 1973 (а) та 2011 (б) рр.



цю для вкритих лісовою рослинністю ділянок у період обліку становило ( $\text{кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ ): 1973 – 1,60; 1978 – 3,30; 1983 – 3,91; 1996 – 4,41; 2002 – 5,39; 2011 – 5,56. За середньорічних значень об'єму викидів діоксиду вуглецю у атмосферне повітря Дніпропетровської області 27,7 млн т (<http://www.dnprstat.gov.ua/statinfo%202015/ns/>) та річного збільшення щільності вуглецю до 0,07 млн т, депонування техногенного вуглецю лісами регіону дослідження (площа 64,0 тис. га) може становити до 4,48 млн т, що складає незначну частку емісії – 16,2 % загального обсягу викидів діоксиду вуглецю.

Критерій II «*Підтримання життєздатності та нормального функціонування лісових екосистем*».

Цей критерій описується такими індикаторами: об'єми та динаміка атмосферних токсичних опадів, площа лісів, пошкоджених біотичними та абіотичними чинниками.

Найбільш ефективним і раціональним користуванням лісовими ресурсами є охорона лісу, його захист від несприятливої дії чинників навколишнього природного середовища різної етіології.

Згідно з даними Головного управління статистики у Дніпропетровській області викиди забруднювальних речовин у атмосферне повітря від стаціонарних і пересувних джерел за останні 30 років спостереження, у середньому становили ( $\text{тис. т} \cdot \text{рік}^{-1}$ ) – 1147,4, з максимальним значенням 2528,2 (1990 р.) і мінімальним 876,6 (2015 р.) (<http://www.dnprstat.gov.ua/statinfo%202015/ns/>). Речовинами, які переважають за масою у складі викидів є ( $\text{тис. т}$ ): оксид вуглецю (II) – 317,8; метан – 128,7; тверді суспендовані частки – 75,9; діоксид сірки – 52,7; діоксид азоту – 52,0 (аналізування номенклатури викидів не враховувало емісії діоксиду вуглецю). Дві останні речовини, за умови наявності у атмосферному повітрі крапельної вологи, хімічно взаємодіють

із нею з утворенням сульфатної і нітратної кислоти відповідно. Зазначені неорганічні речовини є невід'ємними складовими кислотних опадів, які спричиняють пошкодження – хлорози або некрози асиміляційних органів рослин. Проте у разі фіксації пошкоджень вегетативних і генеративних органів деревних рослин у лісовому насадженні, якщо немає діагностованих фітопатогенів або шкідників, визначити абіотичний чинник, який спричинив зміну нормальної морфології рослини, не є можливим.

Пошкодження деревостанів синергетичною дією забруднювальних речовин у лісах Байрачного степу України має такі тенденції:

- пошкодження насаджень інтенсифікується з наближенням до джерела викидів;
- найбільше пошкоджуються деревостани, розташовані у напрямку панівних вітрів, перш за все на узліссях лісових масивів;
- пошкодження деревостанів збільшується зі зниженням зімкнутості намету, під впливом токсикантів найбільше пошкоджуються дерева верхньої частини намету;
- гостре пошкодження призводить до різкого припинення росту та всихання деревостанів, наслідки гострого пошкодження є більш катастрофічними, ніж хронічного;
- за однакового рівня аеротехногенного навантаження сильніше пошкоджуються деревостани у вегетаційний період та, особливо, на початкових фазах розвитку (формування листя, початок росту пагонів);
- ступінь пошкодження дерев одного виду залежить від хімічної природи забруднювача і зростає зі збільшенням віку.

Інші індикатори другого Гельсінського критерію – оцінювання дії біотичних чинників. Видовий склад та площі лісових насаджень, які уражені ентомошкід-

никами і фітопатогенами у 2019 р., наведено у табл. 5.

У лісах регіону дослідження виявлено осередків шкідників і хвороб на площі майже 9,0 тис. га (13,8 % площі ділянок, укритих лісовою рослинністю). Найбільш поширеними є вогнища рудого соснового пильщика, які були зафіксовані на площі 5,8 тис. га (92,1 % площі деревостанів, пошкоджених хвоєгризучими шкідниками).

Пошкодження деревостанів лісотвірних видів, які спричинені листогризучими комахами, було діагностовано на площі у 2365 га; найбільше було пошкоджень зеленою дубовою листовійкою. Хвороби лісу переважно викликані кореневою губкою, площа деревостанів із зафіксованим інфікуванням цим фітопатогеном становить 270 га.

Для запобігання розвитку вогнищ шкідників і хвороб лісу важливе значення мають рекогносцирувальний нагляд, визначення видового складу комах і фітопатогенів, площі вогнищ та оцінювання рівня загрози деревостанам. Особливу увагу потрібно приділяти проведенню комплексу профілактичних та запобіжних заходів, упровадженню екобезпеч-

них методів і засобів боротьби зі шкідниками і хворобами лісу.

Критерій III «Підтримання та підвищення продуктивних функцій лісів (деревина та недеревні продукти).

Цей критерій можна проаналізувати за такими індикаторами: співвідношення між приростом та об'ємом рубок деревини; об'єми та динаміка лісогосподарських і лісокультурних заходів; динаміка збору за спеціальне використання лісових ресурсів; обсяги побічного (недеревного) користування лісом.

Важливим резервом підвищення біопродуктивності, стійкості й виконання функцій лісових насаджень є насінництво на генетико-селекційній основі. Основою лісонасінної бази лісових деревних порід є селекційна інвентаризація насаджень і дерев із виділенням плюсових дерев або насаджень. Лісонасінна база представлена постійними лісонасінними ділянками на площі 100,0 га та плюсовими деревами, серед яких: дуб звичайний – 46 шт., сосна звичайна – 69 шт.

Основним способом лісовідновлення у Північному Степу України є створення лісових культур. У середньому за рік створюють близько 2,5 тис. га лісових

### 5. Площі осередків шкідників і хвороб лісів, га

Шкідник/Збудник хвороби	Осередки на початок року	Ліквідовано заходами боротьби	Ліквідовано природними чинниками	Осередки на кінець року
<i>Хвоєгризучі ентомошкідники</i>				
Рудий сосновий пильщик	5799	–	3	7622
Звичайний сосновий пильщик	340	188	144	63
Зеленуватий пильщик	160	–	–	160
<i>Листогризучі ентомошкідники</i>				
Непарний шовкопряд	12	–	1	11
Золотогуз	58	–	50	8
Зелена дубова листовійка	2200	160	229	1811
Дубова широкомінуюча міль	55	–	16	39
П'ядениця обдирало	31	–	–	31
Совка рання	9	–	–	9
<i>Фітопатогени</i>				
Коренева губка	270	79	–	191
Усього	8934	427	443	9945

культур. Площа лісовідновлення і лісорозведення, яка є необхідною для збільшення лісистості регіону до оптимальної науково обґрунтованої у 8–10 %, становить 32,3 тис. га. Збільшення площі лісів не розглядають у контексті формування мікроклімату та як дієвий механізм запобігання наслідкам зміни клімату у площині заходів, спрямованих на реалізацію положень Паризької кліматичної угоди.

Однією з головних вимог ведення лісового господарства у степовій зоні України є забезпечення неперервного, невиснажливого і раціонального використання лісових ресурсів для задоволення потреб населення і виробництва у деревині та іншій лісовій продукції.

Лісові насадження лісогосподарської області Північного Степу України не мають промислового значення, лісів експлуатаційної функціональної категорії немає, проводять лише рубки формування та оздоровлення лісів, які спрямовані на вирощування біологічно стійких насаджень та передбачають періодичне вирубування частини дерев із метою поліпшення росту та розвитку тих, які залишаються.

Обсяг ліквідної та ділової деревини проєктується лісовпорядкуванням під

час проведення санітарних рубок з урахуванням показників фактичного стану насаджень. У лісогосподарських підприємствах ДООУЛМГ здійснюють рубки формування та оздоровлення лісів, а саме рубки догляду, переформування, лісовідновні реконструктивні, вибіркові та суцільні санітарні рубки (табл. 6).

Порівняння щорічних розрахункових і фактично виконаних обсягів рубок догляду дає змогу констатувати, що зазначені лісогосподарські заходи не відповідають нормативним обсягам: фактично вони були виконані на 70,3 % запланованої площі, заготівля ліквідної деревини становила 64,6 % планової.

Недовиконання рубок догляду пояснюється економічними чинниками. Основними проблемами лісокористування є використання застарілих машин і механізмів, брак врегульованої цінової політики на лісопродукцію та дієвої ринкової системи її реалізації.

Лісова промисловість в економіці Дніпропетровської області займає незначне місце. Заготівля ліквідної деревини у лісовому господарстві ДООУЛМГ становила 34,3 тис. м<sup>3</sup>, зокрема: пиломатеріали і заготовки круглі – 2,5 тис. м<sup>3</sup>;

## 6. Лісогосподарські заходи, пов'язані із заготівлею деревини у 2019 р.

Вид рубки	Площа, га	Заготівля деревини, м <sup>3</sup>		
		запас стовбуровий	запас ліквідний	ділова деревина
Вибіркові санітарні рубки	502,0	7341	6445	236
Суцільні санітарні рубки	266,0	37991	30545	4075
Лісовідновні рубки	22,0	1624	1484	388
Освітлення	152,0	180	139	0
Прочищення	15,0	31	2	0
Проріджування	67,0	1271	1061	120
Прохідні	386,0	9233	7801	862
Разом рубок догляду	620,0	10715	9003	982
<i>Діючі розрахункові щорічні обсяги рубок догляду за лісівничими вимогами</i>				
Освітлення	6,4	50	10	0
Прочищення	73,1	510	170	0
Проріджування	543,7	11190	9060	550
Прохідні	258,8	5740	4690	450
Разом рубок догляду	882,0	17490	13930	1000

дров'яна деревина для технологічних потреб – 9,4 тис. м<sup>3</sup>; дрова для опалення – 21,7 тис. м<sup>3</sup>.

Заготівлю сировинних ресурсів побічного лісового користування здійснюють відповідно до нормативного документа «Порядок спеціального використання лісових ресурсів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 23 травня 2007 р. № 761. У лісогосподарських підприємствах Дніпропетровського ОУЛМГ важливими видами побічного користування є: сільгоспокористування – 451 га ріллі; сінокосіння – 514,7 га сіножатей; збирання дикорослих плодів, ягід (аронія чорноплідна, груша, абрикос, шипшина, глід); заготівля лікарських трав (кропива глуха, пажито, чистотіл, деревій, квіти бузини).

На теперішній час промислова заготівля ягід, плодів, лікарських рослин є економічно недоцільною, що пов'язано з незначними обсягами ресурсів та браком сучасних технологій із їх переробки. Проте це має соціальний аспект, місцеве населення проводить заготівлю для задоволення особистих потреб.

Критерій IV «Підтримання, збереження та відповідне примноження біорізноманіття лісових екосистем».

Відповідність цьому критерію може бути оцінено такими показниками: площа природоохоронних лісів; площа, зайнята насадженнями екзотичних та інтродукованих лісових видів; кількість видів флори та фауни у лісах; площа старовікових природних лісів; кількість та площа об'єктів природно-заповідного фонду.

Збереження видового і ландшафтного різноманіття є пріоритетною передумовою сталого розвитку. Сучасний стан мережі об'єктів природно-заповідного фонду Байрачного степу України є неоптимальним і не відповідає європейським нормам щодо кількості об'єктів, їхньої структури та якісного складу.

Дніпропетровська область посідає одне з останніх місць серед адміністра-

тивних областей України за площею заповідних територій. Порівняно із середнім для України відсотком заповідності (5,7 %) цей показник для області на рівні 1,7 % є вкрай незадовільним.

Аналіз структури природно-заповідного фонду (ПЗФ) дав змогу встановити, що у підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України у межах Дніпропетровської області 12515,4 га земель державного лісового фонду перебуває під об'єктами природно-заповідного фонду, що становить 22,7 % загального фонду заповідних об'єктів і територій області.

Структура природно-заповідного фонду є такою:

- природний заповідник – 3766,2 га;
- регіональні ландшафтні парки – 2159,0 га;
- лісові заказники загальнодержавного значення – 2956,0 га;
- ландшафтні заказники загальнодержавного значення – 1360,8 га;
- ботанічні заказники загальнодержавного значення – 207,0 га;
- лісові заказники місцевого значення – 1011,0 га;
- орнітологічні заказники місцевого значення – 643,0 га;
- ботанічні пам'ятки природи місцевого значення – 156,0 га;
- гідрологічні пам'ятки природи місцевого значення – 1,5 га;
- парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва – 221,0 га;
- заповідні урочища – 33,9 га.

На наш погляд, дискусійним є факт наявності значної частки об'єктів та територій природно-заповідного фонду, які перебувають у структурі лісового фонду регіону дослідження у межах степової природної зони. У Байрачному степу України ліс – інтразональна екосистема, переважно має штучне походження, сформований незначною кількістю лісотвірних видів та характеризується найбільшим поширенням перестиглих насаджень із низькою соціологічною цінніс-

тю. Природоохоронний статус об'єктів ПЗФ унеможливує здійснення лісогосподарських заходів, що призводить до формування деревостанів незадовільного фітосанітарного стану і робить сумнівною природоохоронну цінність досліджуваних об'єктів.

Критерій V «Підтримання та розвиток захисних функцій лісів у лісовому господарстві, особливо протиерозійних та водозахисних».

Серед індикаторів цього критерію – площа лісів зі схильними до ерозії ґрунтами та площа захисних лісів.

Одним із головних завдань лісогосподарських підприємств Дніпропетровської області є розвиток кліматорегулюючих, рекреаційних та, найголовніше, захисних властивостей штучних лісових насаджень. Ліси мають зменшувати негативні наслідки природних явищ, захищати ґрунти від ерозії та сприяти регулюванню стоку поверхневих вод. Тому ведення лісового господарства потребує впровадження природоохоронних сучасних технологічних процесів та устаткування.

Удосконалення управління меліоративними властивостями лісів має базуватися на принципах розміщення різних категорій захисних насаджень на ландшафтно-екологічних та водозбірних засадах, які викладено у «Рекомендаціях щодо принципів застосування лісових меліорацій на ландшафтно-екологічній основі», розроблених фахівцями УкрНДЛГА.

Більшість лісів, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України (24,6 тис. га, або 37,4 % площі ділянок, укріплених лісовою рослинністю державних лісогосподарських підприємств), у регіоні дослідження віднесено до функціональної категорії захисних лісів, які запобігають ерозії ґрунту та затримують твердий стік. У сфері захисного лісорозведення регіональною програмою «Ліси України» до 2015 р. передбачалося створення нових лісових насаджень на 32,3 тис. га площі, проте реалізацію про-

грами здійснено не було. На рис. 6 наведено розподіл площі, яка зайнята захисними насадженнями, за групами лісотвірних видів. Хвойні види представлені сосною звичайною, деревостани якої займають до 20 % площі захисних лісів. Три чверті площі ділянок, укріплених лісовою рослинністю у захисних лісах, перебувають під деревостанами твердолистяних видів, переважно дуба високоствовбурного та робінії несправжньоакації, питома частка площі протиерозійних лісів у регіоні дослідження (35,1 %) вкрита лісовими робінієвими деревостанами.

Дані вікової структури деревостанів захисних лісів станом на 1 січня 2020 р. наведено у табл. 7.

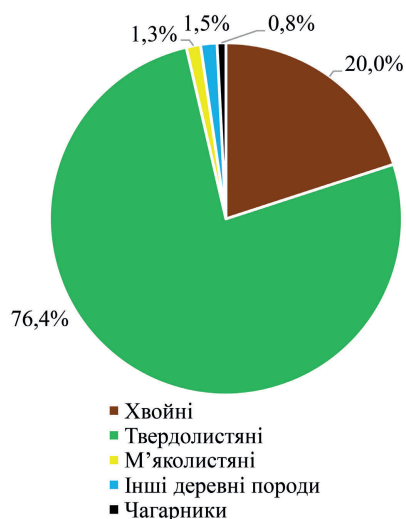


Рис. 6. Розподіл площі вкріплених лісовою рослинністю ділянок захисних лісів за групами лісотвірних видів, %

Деревостани робінії несправжньоакації мають такий розподіл площі за групами віку, га: молодняки – 217,2 (6,4 % площі молодняків захисних лісів); середньовікові – 230,2 (3,1 %); пристиглі – 131,5 (9,0 %); стиглі – 1713,5 (48,1 %); перестиглі – 6282,9 (93,5 %), тобто у захисних лісах переважають перестиглі деревостани робінії. Санітарний стан

### 7. Площа ділянок, укритих лісовою рослинністю у захисних лісах, га

Групи лісотвірних видів	Групи віку				
	молодняки	середньовікові	пристигли	стигли	перестиглі
Хвойні	1702,3	3208,2	6,5	–	–
Твердолистяні	1628,1	5952,2	1333,0	3347,4	6562,4
М'яколистяні	0,6	80,9	45,7	87,1	103,9
Інші деревні види	62,1	182,4	45,3	35,9	32,1
Чагарники	17,8	32,3	34,4	93,7	18,1
Загалом	3410,9	9456,0	1464,9	3564,1	6716,5

перестиглих деревостанів може знижувати захисний потенціал лісів та потребувати значних вкладень у їх догляд.

Критерій VI «Підтримання соціально-економічних функцій лісів».

Індикаторами оцінювання підтримання соціально-економічних функцій є: внесок лісової галузі у регіональний соціокультурний розвиток; частка лісової продукції у валовому національному продукті; внесок лісової галузі в економіку регіону; динаміка зайнятості та відсоток людей, які працюють у лісовій галузі, участь громадськості у лісоуправлінні.

Кваліфікованими трудовими ресурсами для ведення лісового господарства підприємства Дніпропетровського обласного управління лісового та мисливського господарства забезпечені на 79 %. Станом на 1 січні 2020 р. чисельність працівників підприємств на посадах згідно з класифікатором професій за штатним розписом – 537, ті, що фактично працюють, – 424. Нині бракує інженерних працівників із лісових культур, охорони й

захисту лісу. Соціально-економічними проблемами лісівників є недостатнє (або взагалі відсутнє) бюджетне фінансування для реалізації програм розвитку галузі та недостатній рівень упровадження сучасних засобів виробництва.

**Висновки і перспективи.** Отже, аналіз відповідності функціональних показників підприємств лісового господарства Північного Степу України критеріям збалансованого розвитку свідчить про наявність достатньої кількості проблемних питань. Забезпечення сталого управління й ефективного вирішення проблем господарювання у лісах степової природної зони потребує конструктивного діалогу на загальнодержавному і регіональному рівнях між органами державного управління у лісовій галузі, об'єднаними територіальними громадами, громадськими природоохоронними організаціями задля розроблення і прийняття виважених доцільних управлінських рішень та їх реалізації у діяльності лісгосподарських підприємств.

### Список літератури

- Antonenko, I. Ya. (2008). *Ecological and economic priorities modernization of the forest resource complex of Ukraine: macroeconomic levers*. Kyiv: KUTEP-Inform [in Ukrainian].
- Deyneka, A. M. (2009). *Forestry: ecological and economic principles of development*. Kyiv: Knowledge.
- CFCS 1002:2001. *Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management*. Available at <http://www.uhul.cz/ncs/edefault.htm>.
- Criteria and indicators for sustainable forest management: international process, current status and he way ahead*. Available at [http://www.fao.org/DOCREP/X8080e/x8080e06.htm#P0\\_0](http://www.fao.org/DOCREP/X8080e/x8080e06.htm#P0_0).
- Ibatullin, S. I., Sakal, O. V., & Bokoch, V. V. (2013). Prospective Directions of Improvement of Management of Forest Resources within the Spatial SocioEconomic Development of Ukraine. *Businessinform*, 8, 174–179 [in Ukrainian].
- Forest code of Ukraine*. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>.
- Kravets, P. V., & Lakyda, P. I. (2002). Criteria and indicators of sustainable forest man-

- agement in Ukraine. *Scientific bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 12.7, 146–159 [in Ukrainian].
- Kravets, P. V., Lakyda, P. I. & Kremenetska, Ye. O. (2009). *Institutional development of forest certification in Ukraine*. Kyiv: NNC IAE.
- Khvesik, M. A., Shubaliy, O. M., Vasilik, N. M., & Khvesyk, M. A. (2011). *Complex use of forest resource potential: incentive mechanism, institutional and innovation-investment support*. Kyiv: DKS.
- Litsur, I. M. (2010). *Ecological and economic problems of spatial organization of the forest complex of Ukraine*. Kyiv: BV.
- Mishenin E., & Yarova, I. (2014). Forestry as a modern paradigm of the forest complex sustainable development. *Proceedings of the Forestry academy of sciences of Ukraine*, 12, 221–226 [in Ukrainian].
- Resolution H1. General Guidelines for the Sustainable Management of Forests in Europe. Second Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Available at [http://www.foresteurope.org/docs/MC/MC\\_helsinki\\_resolutionH1.pdf](http://www.foresteurope.org/docs/MC/MC_helsinki_resolutionH1.pdf).
- Resolution L2: Pan-European Criteria, Indicators and Operational Level Guidelines for Sustainable Forest Management. Third Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Available at <http://www.minconf-forests.net/MCPFE-Resolutions/MCPFE-Resolutions-Third.html>.
- Storozhuk, V. F. (2010). Comparative analysis of forest legislation of Ukraine and related legal acts in accordance with the legislative framework of the European Union on sustainable forest management. Available at [http://www.fleg.org.ua/.../4.02.02.Comparative Analysis of Forest\\_](http://www.fleg.org.ua/.../4.02.02.Comparative%20Analysis_of_Forest_).
- Yarema, I. I. (2019). Environmental and economic priorities for optimization of forestry activities (on the example of the Lviv Regional Department of Forestry and Hunting). *Protection of Environmental*, 3, 96–108. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2019.185893>

**Lakyda, P. I., Sytnyk, S. A., Kravchenko, O. O. (2020). Functional activity of forestry enterprises of the Northern Steppe of Ukraine according to the criteria of sustainable development. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 32–46. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.004>**

*The formation of a comprehensive forest management strategy in Ukraine should in accordance with the criteria that create the preconditions for achieving parity of environmental, economic and social aspects of sustainable development. In the country, the establishment of compliance of the forest management system with certain international requirements should be realized through the implementation of the Helsinki Criteria for Sustainable Forest Development.*

*The purpose of the work was analyzed the state of forests and the actual indicators of economic activity of forestry enterprises operating in the Steppe Zone of Ukraine according to the Helsinki Criteria.*

*The source data were the materials of sectoral reporting and state statistical information. The article shows the distribution of the forest area within administrative Dnipropetrovsk region by forest users. The distribution of the area of forest subordinated to the State Agency of Forest Resources of Ukraine by functional categories is analyzed. The structure of nature reserve fund of objects and territories of the forest fund was estimated.*

*The provision of forestry with labor resources is indicated. The areas covered with forest vegetation by dominant forest-forming species with distribution by age group was given. The total forest phytomass and its trend for forestry enterprise which subordinated to the State Agency of Forest Resources of Ukraine in Dnipropetrovsk region was calculated.*

*The distribution of the total phytomass by structural components of plantations – wood and bark of trunks, wood and bark of branches, leaves, roots and subtent are given. The dynamics of the average values of the total stock of trunk wood for stand forest, the density of phytomass and the deposited carbon in the forest phytomass are described. The effect of biotic factors on forest plantations had been assessed – the species composition of pests and phytopathogenes and the area of their foci had been established.*

*The list of the main forestry measures connected with timber harvesting was given. The species composition and distribution of area covered vegetation by forest-forming species and age groups in forests of the protective functional categories which prevent soil erosion was characterized.*

**Keywords:** forest plantations, Steppe Zone of Ukraine, forestry activity, Helsinki criteria and indicators, sustainable forestry development, phytomass of forest stands.

Отримано: 2020-10-21

## ПОКАЗНИК НАПРУЖЕНОСТІ ЖИТТЄВОГО ПРОСТОРУ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ

**В. М. МАЛЮГА**, доктор сільськогосподарських наук, доцент  
<https://orcid.org/0000-0002-9786-0239>, e-mail: [malyuga@nubip.edu.ua](mailto:malyuga@nubip.edu.ua)

**В. В. МІНДЕР**, кандидат сільськогосподарських наук  
<https://orcid.org/0000-0002-5213-2078>, e-mail: [vikaminder@nubip.edu.ua](mailto:vikaminder@nubip.edu.ua) Національний  
університет біоресурсів і природокористування України

Густота насаджень залишається донині дискусійним питанням, яке потребує практичного вирішення у частині оптимального зрідження насаджень без значної втрати кількісної продуктивності стовбурового запасу деревини та стійкості лісостанів. Лише в результаті цілеспрямованих зусиль можуть бути досягнуті закономірності природного зрідження або процесу саморегуляції складних біологічних систем, до яких належить ліс. Природне зрідження деревостанів – надзвичайно складний багатofакторний процес, до прояву якого долучаються кліматичні, ґрунтові, біологічні умови та безліч іншого взаємовпливу. У лісових біогеоценозах едифікаторна роль належить основному деревному намету. Цей ярус уособлює групу видів дерев у фітоценозі, яка визначає його структуру та певною мірою склад. У цьому дослідженні функціональне навантаження запропоновано оцінювати показником напруженості життєвого простору насаджень. Оскільки сосна звичайна – це один із поширених едифікаторів, який широко використовують під час створення протилерозійних насаджень на ґрунтах різного ступеня змитості, обґрунтування показника напруженості здійснено на її прикладі. Наведено формулу розрахунку показника напруженості життєвого простору, що характеризує умови місцезростання насаджень. Показник напруженості життєвого простору являє собою відношення середньої висоти насаджень до їхньої абсолютної повноти. Перевірку цього показника здійснено з використанням таблиць ходу росту, які висвітлюють закономірності будови деревостанів. Проведено графічну інтерпретацію статичного дослідження деревостанів. Якщо значення показників напруженості збігаються із кривою розподілу, яку отримано за стандартними таблицями сум площ поперечних перерізів деревних стовбурів повнотою 1,0, це свідчить про оптимальне використання насаджень життєвого простору. Значення показників, розміщених над кривою, вказують на напружене використання життєвого простору. Значення показників розміщені під кривою – на неповне використання життєвого простору. Для успішного вирощування протилерозійних насаджень досить високої продуктивності та зручності здійснення контролю за їхнім станом у пригоді може стати застосування запропонованого показника.

**Ключові слова:** оцінка стану насаджень, лісове середовище, біологічна стійкість, зрідження деревостану, хід росту, середня висота, абсолютна повнота.

**Актуальність.** Деревина, що ростуть у складі насаджень, досягають найбільшої продуктивності за порівняно великих розмірів асимілюючої поверхні – крони і кореневої системи. Однак для їхнього росту потрібен достатній простір в атмосфері та ґрунті. Крони можуть рости в ширину лише у разі випадання сусідніх дерев або штучного зрідження насаджень. За таких обставин поширю-

ються і кореневі системи, які засвоюють звільнений ґрунтовий простір. Однак дерево не може нескінченно збільшувати свою площу живлення. Досліджено мінімальну площу живлення, за якої деревостан оптимально використовує життєвий простір в умовах конкуренції серед дерев одного виду. На її основі побудовано таблиці ходу росту нормальних насаджень, що зростають зімкнутими змо-



лodu до старості (Regulatory and Reference Materials, 1987).

За визначенням Orlov (1925) та доповненням Poliakov (1997), нормальним є насадження, яке повною мірою використало всі можливості певної ділянки. Обмеженість факторів життєзабезпечення не дає змоги рости на цій площі наявній кількості дерев без зріджування. При цьому залишаються недостатньо вивченими оптимуми та максимуми площ живлення (Pogrebnyak, 1968), які безпосередньо залежать від густоти створюваних лісових культур. Густота культур є надзвичайно важливим показником, проте його оптимальне значення досить дискусійне і повністю не вирішене.

Ще складніша ситуація має місце в мішаних деревостанах штучного походження. На думку Danilov (2016), який вивчав особливості формування мішаних деревостанів сосни і ялини, досить достовірний і менш трудомісткий метод визначення міжвидової конкуренції у деревних видів рослин може здійснюватися на підставі загально-біологічного принципу Р. Мак-Артура. Він встановив, що угруповання видів, які конкурують за життєвий простір, еволюціонує до стану з максимально щільним упаковуванням видів, причому в процесі еволюції щільність упаковування завжди зростає, досягаючи в рівноважному стані максимально можливого для цього середовища значення. Процес упаковування ніш (так звана диференціація екологічних ніш) – один з основних процесів, що веде до зниження конкуренції у рослинному угрупованні під час сукцесії, яка полягає у розділі ресурсів, простору, спеціалізації біотичних факторів.

Густі й рідкі деревостани мають свої переваги та недоліки. У густих позитивними є: наявність підгону, взаємодопомога між сусідніми особинами, порівняно швидке зімкнення крон і витіснення злакової рослинності, добре очищення від сучків і якість стовбурів тощо. Недоліком є велика напруженість боротьби за

життєвий простір, яка може призвести до формування слабких і недостатньо розвинених дерев, що виявляється у пізнішому віці, особливо якщо не проводили рубки догляду. В густих деревостанах самозрідження починається рано і відбувається бурхливо, із витратами значних продуктивних сил у цьому процесу порівняно з рідкими чи середньої густоти насадженнями.

Серед переваг рідкого садіння – вільний розвиток окремих дерев, їхніх крон та, особливо, кореневих систем, які використовують від самого початку росту більшу площу живлення. Така перевага може повною мірою проявитися у продуктивності насаджень після їхнього зімкнення, коли дерева почнуть підганяти одне одного у висоту і цілеспрямовано використовувати весь життєвий простір.

У лісівничій літературі найповніше проаналізовано роль простору та світла. Існує навіть поняття лісівничої повноти – за ступенем зімкнутості крон дерев (Poliakov, 1997). У зв'язку з цим М. М. Орлов вважав насадження нормальними тоді, коли їхні намети повністю зникаються між собою і, прикриваючи ґрунт, не дають змоги рости на цій площі більшій кількості дерев певного виду і віку (Orlov, 1925). Окрім лісівничої визначають таксаційну повноту деревостану – показник щільності стояння стовбурів на одиниці площі, що характеризує ступінь (частку) використання ними зайнятого простору.

Повнота і густина деревостану слугують важливими лісівничими характеристиками, які визначають його структуру, продуктивність і застосовуються у лісівництві (Svyrydenko, Babich & Kyrychok, 2004). Вони впливають на чинники формування нижніх ярусів лісостанів, зокрема живий надґрунтовий покрив і підстилку: інсоляцію, зволоження, швидкість переміщення повітряних мас тощо. Повноту насаджень вважають одним із центральних понять лісівництва, що широко використовують у лісовпорядному

проектуванні та лісгосподарській практиці (Poliakov, 1997).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Пошуки дослідниками кількісних показників «нормальності» насаджень тривають давно. Ще 1910 р. Я. С. Медведєв, російський лісівник-ботанік, фахівець із рослинності Кавказу в роботі «Опыт исследования группы леса» як критерій нормальності деревостанів пропонував використати їхню відносну висоту (Pogrebnyak, 1968). Він встановив, що ценотичні особливості росту дерев і формування стовбурів добре відображає такий показник, як відносна висота, що пов'язує параметри висоти  $h$  і діаметра  $d$  відношенням  $h : d$ . Для окремого дерева чим більша величина відношення  $h : d$ , тим більше приріст у висоту переважає над приростом у товщину, а отже більша частина поживних речовин спрямовується деревом на утворення верхівкового пагона. Denisov & Glushkova (2011) розглядають напруженість конкурентних відношень  $h : d$  у деревостанах, що є основою для оцінки зрідження.

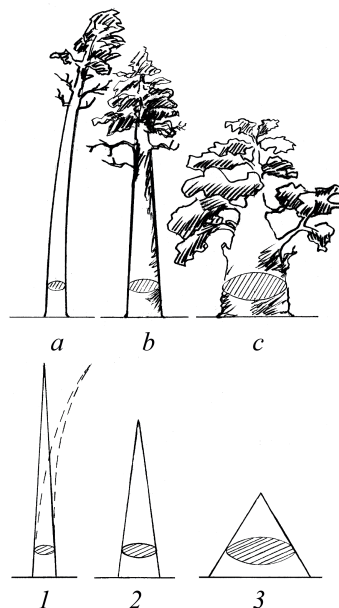
Під час досліджень використовують кількісні дані обліку діаметрів на висоті 1,3 м основних деревних видів рослин на пробних площах за ступенями товщини деревостану, оскільки вони відображають розмір споживаного ресурсу. Вибір цього таксаційного показника для подальших розрахунків пов'язаний із тим, що діаметр більш чутливий щодо зміни умов середовища, ніж висота стовбура, і його більш точно можна визначити у польових умовах.

Shul'ga (2007), Terekhina (2009), Dancheva & Zalesov (2016), Vakhtin & Vavin (2018) у своїх дослідженнях використовували комплексний оціночний показник, або коефіцієнт напруженості середнього дерева в деревостані. Зазначено, що окрім характеристики стану дерев, він є важливим критерієм оцінки достатності зрідження. Цей показник запропонував Vysoczkij (1962) під час вивчення будови мішаних деревостанів. Як

основний і вихідний показник для аналізу міжвидових взаємин автор прийняв комбінований показник росту дерев за висотою і діаметром, виражений відносним приростом за висотою на одиницю площі перерізу таксаційного діаметра ( $h : g$ ), де  $h$  – висота дерев, а  $g$  – площа їх перерізу в  $\text{см}^2$  на висоті 1,3 м.

За даними Vysoczkij (1962), прийнятий показник не лише об'єктивно характеризує ріст окремих стовбурів у насадженнях і ріст цілих деревостанів, а й показує деякі біологічні особливості насаджень. Зокрема виявляє зв'язки лісоствірних видів рослин і насаджень із середовищем, бо  $h : g$  обернено пропорційний якості лісорослинних умов, а також є показником ступеня напруженості росту окремих дерев у насажденні.

На рис. 1 наведено графічну ілюстрацію напруженості, яка виникає у протистоянні окремої рослини дії вітру.



**Рис. 1.** Схематичне зображення зовнішнього вигляду дерев:

$a, b$  – формове різноманіття дерев, які вирости у лісі (більш і менш густому);  $c$  – на відкритій ділянці; 1, 2, 3 – відповідна графічна ілюстрація напруженості

За густого розміщення дерев відбувається інтенсивний ріст у висоту для забезпечення надійної інсоляції, а стійкість протидії вітру гарантує гуртове їхнє розміщення на площі. На просторі інсоляції вистачає, рослині немає потреби надмірно тягнутися вгору, а для особистого протистояння вітру окремому дереву необхідно забезпечити стійкість, змінивши співвідношення  $h : d$  на प्रतिлежне – приріст у товщину.

Більше напруження росту щодо деревостанів пов'язана зі скороченням тривалості циклів їхнього розвитку. Чим більше значення показника  $h : g$ , тим більше напруження росту деревостану, тим коротші цикли розвитку, тобто часу, який потрібний для проходження ним стадій від виникнення до природного руйнування (Vysoczki, 1962).

Початкові умови багато в чому визначають подальший розвиток деревостану. Лише в результаті цілеспрямованих зусиль можна досягти закономірностей природного зрідження, або процесу саморегуляції складних біологічних систем, до яких належить ліс, що дасть теоретичні основи для управління процесами його росту.

Природне зрідження деревостанів – надзвичайно складний процес через його багатofакторність, що потребує значних витрат енергії біоценозу (Poliakov, 1997). У невластивих для деревних рослин умовах еродованих земель чи рекультивції (Brovko, 2009) витрати спрямовуються на подолання напруженості за життєвий простір. Долаючи напруженість, що виникає у період формування лісового середовища, насадження отримує належну біологічну стійкість. Природне поновлення деревних видів рослин в агроландшафтах має свої особливості в частині енерговитрат і подолання напруженості порівняно з лісокультурною діяльністю (Khryk, Maliuha, Kimeichuk, Khakhula & Yukhnovskyi, 2020; Forman, 1995; Fries, Carlsson, Danhil, Lamas & Salinas, 1998).

### Матеріали і методи дослідження.

Об'єктами дослідження слугували протиерозійні лісові насадження сосни звичайної та для порівняння дуба звичайного і робінії псевдоакації, що створені Канівською гідролісомеліоративною станцією (нині ДП «Канівське лісове господарство») на еродованих яружно-балкових землях.

Для оцінки стану протиерозійних насаджень штучного походження застосовано показник напруженості життєвого простору, який визначено за формулою

$$P_n = H_{cp} \cdot G, \quad (1)$$

де  $P_n$  – показник напруженості життєвого простору;

$H_{cp}$  – середня висота насаджень;

$G$  – абсолютна повнота. Розмірність становить  $(\text{м} \cdot (\text{м}^2)^{-1})$ .

Цей показник має у своєму складі середню висоту насаджень, що з урахуванням віку відображає бонітет (визначний показник якісної продуктивності), а також суму площ перерізів стовбурів на висоті 1,3 м (абсолютну повноту), що детально характеризує умови місцезростання.

Визначення показника напруженості життєвого простору збігається із комплексним оціночним показником, або коефіцієнтом напруженості росту, що стосується середнього дерева в насадженні. Однак у практичній діяльності, на нашу думку, для чистих насаджень важливо використовувати показник, який враховує суму площ перерізів насадження, а не середнього дерева. Важлива різниця полягає у його застосуванні. Показник, який ми запропонували, дає змогу під час проведення безперервного лісовпорядкування в режимі реального часу здійснювати моніторинг стану насаджень – використання життєвого простору.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Перевірку показника напруженості здійснено з використанням таблиць

**1. Зміна показника напруженості залежно від ходу росту повних соснових деревостанів**

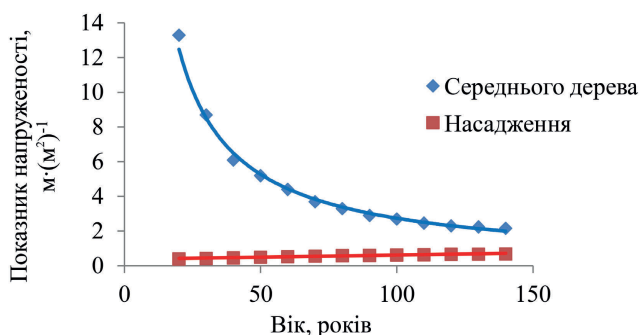
Вік, років	Середні		Сума площ перерізів, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>	Показник напруженості ( $P_n$ )	
	висота, м	діаметр, см		H/g	H/G
20	9,6	9,6	24,3	1330	0,395
30	14,3	14,5	33,8	870	0,423
40	18,4	19,6	40,6	610	0,453
50	22,2	23,3	45,0	520	0,493
60	25,3	27,2	47,9	440	0,528
70	27,9	30,8	50,0	370	0,558
80	30,0	34,1	51,4	330	0,584
90	31,9	37,2	52,6	290	0,606
100	33,6	40,0	53,3	270	0,630
110	34,8	42,4	54,2	246	0,642
120	36,0	44,5	54,6	231	0,659
130	36,8	46,0	55,0	224	0,669
140	37,5	47,0	55,0	216	0,682

ходу росту, які висвітлюють закономірності будови деревостанів (Wenk, Romich & Gerold, 1985; Wenk & Watzig, 1979). Для порівняння обрано повні соснові деревостани I<sup>a</sup> класу бонітету (Regulatory and Reference Materials, 1987; Kashpor & Stochynskyi, 2012), дані з яких наведено в табл. 1.

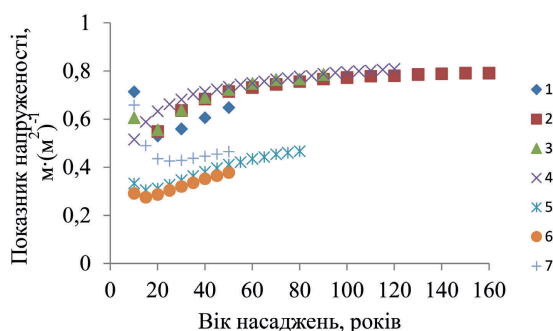
Для середнього дерева показник напруженості життєвого простору зменшується, оскільки його діаметр із віком постійно зростає, а висота має асимптотичну наближеність до певної, генетично визначеної межі. Зрідження деревостанів забезпечує життєвий простір для дерев, які продовжують рости. Це позначається на їхньому прирості у товщину.

Упродовж життя деревних рослин, починаючи зі стадії зімкнутого молодняку до настання моменту природного старіння, у процесі боротьби за існування відмирає понад 95 % особин. Конкуренція на певних відрізках росту й розвитку буває надзвичайно гострою, проте не призводить до зникнення виду (Morozov, 1971). Для насадження показник напруженості має тенденцію до зростання (рис. 2).

Порівняння динаміки показників напруженості здійснено також для дубових насаджень I класу бонітету за таблицями ходу росту. Аналізу підлягали масивні та смугові насадження (Regulatory and Reference Materials, 1987; Kashpor &



**Рис. 2.** Порівняння зміни показника напруженості для окремого дерева і насадження



**Рис. 3.** Зміна показника напруженості від віку дубових насаджень I класу бонітету за даними різних авторів:

1 – штучних оптимальних (С. М. Кашпор, І. В. Шаблій); 2 – насінневих природного походження, 3 – штучного походження, 4 – повних порослевих природного походження (М. В. Давидов); 5 – рядових і 6 – гніздових смугових (С. М. Кашпор, В. Ю. Юхновський); 7 – рядових смугових (О. І. Пилипенко)

Strochynskyi, 2012; Pylypenko, 1992), що відображено на рис. 3.

У масивних і смугових насадженнях штучного походження помітна чітка спільна тенденція. Первинне значення показника напруженості на момент приживлення лісових культур було спочатку відносно високим, а потім знижувалося. Після двадцяти років розпочинається період інтенсивної взаємодії та конкуренції. Насадження природного походження не мають спадного характеру показника напруженості, оскільки в них вчасно відбувається природний відбір рослин.

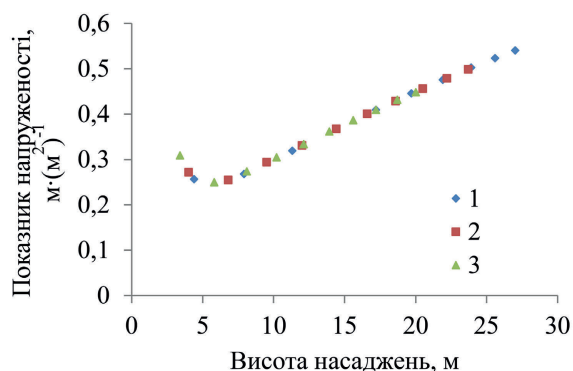
Для встановлення динаміки показника напруженості від віку насаджень потрібні таблиці ходу росту. Щодо всіх видів деревних рослин для різних лісорослинних умов таких таблиць не складено, зокрема для чистих і мішаних насаджень. Тому таксатори у виробничій діяльності використовують таблиці сум поперечних перерізів і запасів насаджень за повноти 1,0.

Особливості росту соснових культур у свіжих суборах Полісся і Лісостепу України вивчав Savich (1965). Зокрема він досліджував чисті соснові насадження, які зростали у багатому різновиді

свіжого субору (I<sup>б</sup> клас бонітету), середньому за показником родючості ґрунту різновиді свіжого субору (I<sup>а</sup> клас бонітету) і бідному різновиді свіжого субору (I клас бонітету). За його даними ми здійснили розрахунки показників напруженості життєвого простору з урахуванням табличних значень сум поперечних перерізів і запасів насаджень за повноти 1,0.

Незалежно від різновиду свіжого субору, який позначився на продуктивності (I<sup>б</sup>, I<sup>а</sup>, I класи бонітету), всі насадження повноцінно, оптимально використали лісорослинні умови за повноти 1,0 (рис. 4).

На практиці, під час вирощування особливо густих штучних насаджень спостерігалися раптові, непередбачувані, так звані залпові відпади значної кількості дерев (Savich & Strochynskyi, 1991). Науковці та виробничники довгий час шукали шляхи підвищення продуктивності лісів лісівничими методами, зокрема за допомогою формування необхідної просторово-параметричної структури сосняків, застосування способів доглядових рубок у молодяках (Anuchin, 1991; Bilous, 2016; Vakuliuk & Samoplavskyi, 1998; Yavorovskiy et al.,



**Рис. 4.** Зміна показників напруженості штучних соснових деревостанів: 1 – багатий різновид свіжого субору ( $I^b$  клас бонітету); 2 – середній, за показником родючості ґрунту, різновид свіжого субору ( $I^a$  клас бонітету); 3 – бідний різновид свіжого субору ( $I$  клас бонітету)

2019; Logginov, 1977; Svyrydenko, Babich & Kurychok, 2004).

Графічна інтерпретація показує, що статичне дослідження деревостанів необхідно для того, щоб із більшої різноманітності стовбурів отримати в даний момент середнє значення показників їхнього росту. Однак і отримане одне середнє значення, без зв'язку його із загальною системою (загальним ходом росту) виявляється недостатнім для класифікації деревостанів. Іншими словами, диференціація стовбурів (штатика деревостану) через середнє «зв'язується» з динамікою деревостану і навпаки (Vysoczkij, 1962).

Отже, для вирішення питання про подібність за циклом розвитку якого-небудь конкретного деревостану з іншим, потрібно один із порівнюваних деревостанів нанести на графік у динамічному вираженні, із зображенням його лініями розвитку. Для цього, користуючись даними таблиць сум площ поперечних перерізів і запасів насаджень за повноти 1,0 розраховуємо показник напруженості життєвого простору  $H_{cp} : G$  у динамічному вираженні. Далі відкладаємо по осі абсцис висоти дерев, які вони можуть досягти у певному віці, а по осі ординат

визначений показник напруженості  $H_{cp} : G$ .

Тоді для іншого деревостану достатньо із його статичних рядів визначити лише середнє значення  $H_{cp} : G$  і висоту, щоб далі шляхом порівняння  $H_{cp} : G$  за відповідної висоти вже вирішити, чи є він подібним. У цьому випадку можна дати позитивну відповідь тільки тоді, коли показник зростання досліджуваного нами другого деревостану, виражений на графіку точкою, суміститься з лінією розвитку першого деревостану.

Показник напруженості дає змогу оцінити використання насадженнями життєвого простору. У насаджень штучного походження воно може бути нормальне (оптимальне), ненапружене і напружене. Якщо значення показників напруженості збігаються із кривою розподілу, що отримана за стандартними таблицями сум площ поперечних перерізів деревних стовбурів за повноти 1,0, це свідчить про нормальне (оптимальне) використання насадженнями життєвого простору. Значення показників, розміщених під кривою, вказують на неповне використання життєвого простору, а отже на те, що немає напруженості зростання насаджень, що за надмірного

зрідження може призвести до зниження продуктивності – запасу стовбурової деревини. Якщо значення показників розміщені над кривою, це свідчить про напружене використання життєвого простору, а зростання таких насаджень межує із можливими так званими залповими відпадами рослин у лісових культурах.

Для оцінки деревостанів недостатньо мати лише одну лінію їхнього розвитку, оскільки, визначаючи спорідненість із нею серії пробних площ, матимемо деяке розсіювання точок навколо цієї однієї лінії, що ускладнює вирішення питання про подібність або відмінність у зростанні досліджуваних деревостанів.

Звідси випливає, що одну лінію треба замінити смугою – певною площею, обмеженою з двох сторін лініями. Такими лініями можуть бути межі практичного застосування сум площ поперечних перерізів і запасів насаджень за повноти 1,0 та 0,7, як допустимих для подальшого розвитку деревостанів.

Наведено фрагменти досліджень оцінки використання протиерозійними насадженнями сосни звичайної, дуба звичайного та робінії псевдоакації життєвого простору за показником напруженості.

Характеристику тимчасових пробних площ чистих насаджень сосни звичайної та показників напруженості систематизовано в табл. 2.

Аналіз для поданих у таблиці даних показників напруженості доцільніше здійснити, застосувавши графічне порівняння з даними, отриманими за стандартними таблицями сум площ поперечних перерізів стовбурів (рис. 5).

Як показало виконане порівняння, у напруженні зростають насадження на ТПП № 91067, 91073, 93002, 97033 і 99023, перебуваючи у дещо загущеному стані. Оптимально ростуть насадження на ТПП № 93001. Насадження на ТПП № 97031 зростають без напруження. Найбільшим ступінь напруженості життєвого простору серед представлених насаджень виявився для ТПП № 91067 у 13 років і ТПП № 99023 у віці 72 роки.

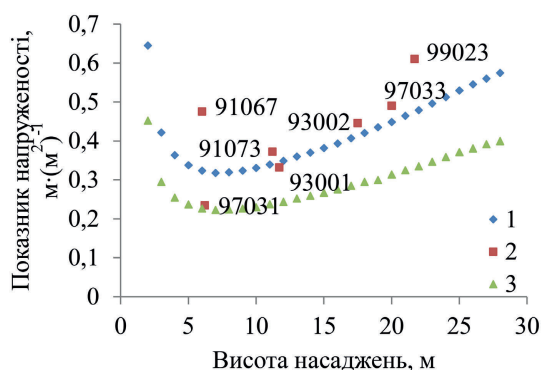
Подібний аналіз використання життєвого простору за показником напруженості здійснено для насаджень дуба звичайного. Фрагмент порівняння отриманих даних щодо використання чистими насадженнями дуба звичайного життєвого простору наведено в табл. 3.

Значення показників напруженості чистих дубових насаджень цієї таблиці ускладнюють сприйняття інформації в частині аналізу отриманих результатів, тоді як графічне порівняння з даними, отриманими за стандартними таблицями сум площ поперечних перерізів стовбурів, спрощує таку процедуру (рис. 6).

Результати аналізу отриманих даних щодо дубових насаджень свідчать про

## 2. Характеристика тимчасових пробних площ чистих насаджень сосни звичайної

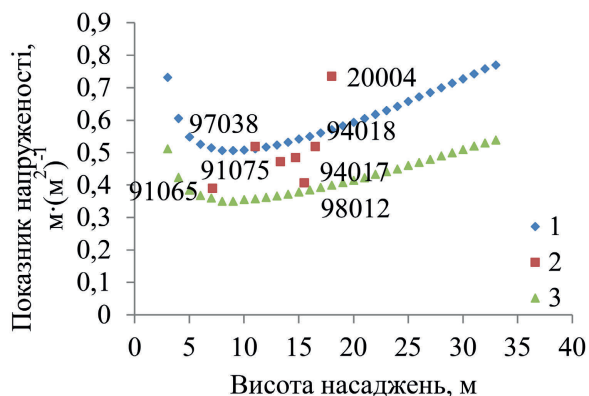
Шифр пробної площі	Вік, років	Середні		Кількість дерев, шт.·га <sup>-1</sup>	Сума площ перерізу, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>	Показник напруженості, м·(м <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>
		діаметр, см	висота, м				
91067	13	6,1	6,0	4314	12,6	0,476	47
97031	15	9,8	6,2	3508	26,4	0,235	100
91073	25	10,4	11,2	3567	30,0	0,373	173
93001	25	16,0	11,7	1590	35,2	0,332	214
93002	40	19,6	17,5	1300	39,2	0,446	351
99023	72	26,6	21,7	637	35,5	0,611	370
97033	55	20,0	20,0	1300	40,8	0,490	395



**Рис. 5.** Зміна показників напруженості чистих насаджень сосни звичайної: 1 – дані за таблицями сум площ поперечних перерізів (повнотою 1,0); 2 – експериментальні дані тимчасових пробних площ; 3 – дані за таблицями сум площ поперечних перерізів (повнотою 0,7)

### 3. Характеристика тимчасових пробних площ чистих насаджень дуба звичайного

Шифр пробної площі	Вік, років	Середні		Кількість дерев, шт.·га <sup>-1</sup>	Сума площ перерізу, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>	Показник напруженості, м <sup>3</sup> (м <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>
		діаметр, см	висота, м				
91065	17	9,2	7,1	2750	18,2	0,390	84
97038	29	12,0	11,0	1875	21,2	0,519	126
91075	40	13,4	13,3	2000	28,1	0,473	212
94017	40	19,1	14,7	1053	30,3	0,485	227
98012	40	16,2	16,5	1533	31,8	0,519	240
94018	45	26,2	15,5	708	38,1	0,407	270
20004	60	20,4	18,0	750	24,5	0,735	215



**Рис. 6.** Зміна показників напруженості чистих насаджень дуба звичайного: 1 – дані за таблицями сум площ поперечних перерізів (повнотою 1,0); 2 – експериментальні дані тимчасових пробних площ; 3 – дані за таблицями сум площ поперечних перерізів (повнотою 0,7)



#### 4. Характеристика тимчасових пробних площ чистих насаджень робінії псевдоакації

Шифр пробної площі	Вік, років	Середні		Кількість дерев, шт.га <sup>-1</sup>	Сума площ перерізу, м <sup>2</sup> ·га <sup>-1</sup>	Показник напруженості, м·(м <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	Запас, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>
		діаметр, см	висота, м				
92012	30	17,3	16,2	1300	27,5	0,589	162
93019	55	29,3	21,2	430	28,9	0,733	258
94021	8	6,7	5,1	3570	12,6	0,405	32
94031	26	14,8	13,4	908	15,6	0,859	122
95002	8	6,7	5,1	3625	14,1	0,362	35
95003	15	10,0	7,4	2285	18,1	0,409	53
95026	29	18,3	16,4	657	17,2	0,953	132
95031	50	29,3	21,2	384	25,6	0,828	222

неповне використання життєвого простору на ТПП № 91065, 91075, 94017, 98012. Близька до нормальної ситуація на ТПП № 94018. Оптимальні умови зростання простежуються в насадженнях на ТПП № 97038.

На момент досліджень зауважено напружене (надмірне) використання життєвого простору в насадженні на ТПП № 20004, де вік становить 60 років, а стовбуровий запас деревини – 215 м<sup>3</sup>·га<sup>-1</sup>, що потребує проведення рубок догляду.

Успішним досвідом вирощування протиерозійних насаджень доведено, що за дотримання технологічних вимог можливо досягти досить високої продук-

тивності насаджень, забезпечуючи при цьому захист земель і відновлюючи ґрунтоутворювальні процеси. Проте для одержання таких результатів необхідний постійний моніторинг за станом насаджень. Нині, коли проводять безперервне лісовпорядкування, нескладно здійснювати контроль за їхнім станом, застосовуючи запропонований показник напруженості.

Аналогічний підхід здійснено для оцінки використання життєвого простору чистих насаджень робінії псевдоакації (табл. 4).

Зміну показників напруженості чистих насаджень робінії псевдоакації наведено на рис. 7.

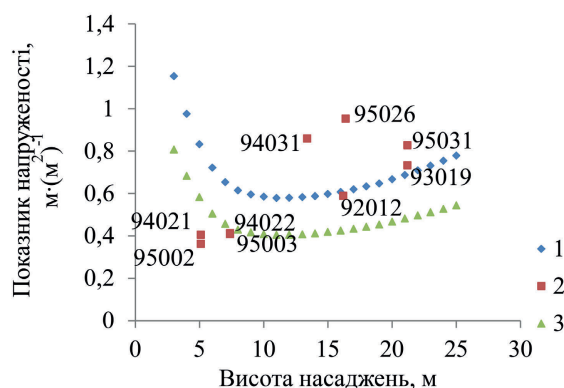


Рис. 7. Зміна показників напруженості чистих насаджень робінії псевдоакації:

1 – дані за таблицями сум площ поперечних перерізів (повнотою 1,0); 2 – експериментальні дані тимчасових пробних площ; 3 – дані за таблицями сум площ поперечних перерізів (повнотою 0,7)

Графічне зображення вказує на повноцінне (оптимальне) використання життєвого простору на ТПП № 92012 і близьке на ТПП № 93019. Різним ступенем зрідження вирізняються насадження на ТПП № 94021, 95002, 95003. Стосовно частини насаджень ТПП № 94031, 95026, 95031 на момент досліджень зауважено напружене використання життєвого простору, що потребувало проведення рубок догляду.

**Висновки і перспективи.** Показник напруженості дає змогу оцінити використання насаджень життєвого простору. У насаджень штучного походження воно може бути нормальним (оптимальним), ненапруженим і напруженим.

Якщо значення показників напруженості збігаються із кривою розподілу, що отримана за стандартними таблицями сум площ поперечних перерізів деревних стовбурів повнотою 1,0, це свідчить про нормальне (оптимальне) використання насаджень життєвого простору.

Значення показників, розміщених над кривою, вказують на напружене використання життєвого простору, а подальше зростання таких насаджень межує із можливим масовим груповим відпадом дерев у лісових культурах. Якщо значення по-

казників розміщені під кривою – неповне використання життєвого простору, а отже немає напруженості зростання насаджень, що за надмірного зрідження може призвести до зниження продуктивності – запасу стовбурової деревини.

Запропонований показник напруженості життєвого простору за його визначенням ідентичний комплексному оціночному показнику, або коефіцієнту напруженості росту, що стосується середнього дерева в насажденні. Та в практичній діяльності, на нашу думку, для чистих насаджень важливо використовувати показник, який враховує суму площ перерізів насадження, а не середнього дерева.

Успішним досвідом вирощування протиерозійних насаджень доведено, що за дотримання технологічних вимог можливо досягти досить високої продуктивності насаджень, забезпечуючи при цьому захист земель і відновлюючи ґрунтоутворювальні процеси. Для одержання таких результатів необхідний постійний моніторинг за станом насаджень. Під час безперервного лісовпорядкування нескладно здійснювати контроль за їхнім станом, застосовуючи запропонований показник напруженості.

## Список літератури

- Anuchin, N. P. (1991). *Forest management*. Moscow: Ecology [in Russian].
- Bilous, A. M. (2016). *Biological productivity and ecosystem functions of softwood deciduous forests in the Ukrainian Polissya*. Kyiv [in Ukrainian].
- Brovko, F. M. (2009). *Forest reclamation of dump landscapes of the Dnieper Upland of Ukraine*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
- Dancheva, A. V., & Zalesov, S. V. (2016). The use of comprehensive evaluation index for assessing the condition of pine stands the State Forest Natural Reserve "Semey Orman". *Bulletin of the St. Petersburg Forestry Academy*, 215, 41–54. <http://dx.doi.org/10.21266/2079-4304.2016.215.41-54>
- Danilov, D. A. (2016). *Features of the formation of mixed pine and spruce stands and their influence on the commodity structure and density of wood*. St. Petersburg [in Russian].
- Denisov, S. A., & Glushkova, Yu. P. (2011). Features of the growth of spruce plantation crops when growing pulpwood in connection with silvicultural care. *Bulletin of MarSTU*, 1, 31–38 [in Russian].
- Forman, R. T. (1995). Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape ecology*, 10 (3), 133–142. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00133027>
- Fries, C., Carlsson, M., Danhil, B., Lamas, T., & Salinas, T. (1998). A review of conceptual landscape planning models for multiobjective forestry in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 28 (2), 159–167. <https://doi.org/10.1139/x97-204>

- Kashpor, S. M., & Stochynskyi, A. A. (2012). *Forest Mensuration Handbook*. Kyiv [in Ukrainian].
- Khryk, V. M., Maliuha, V. M., Kimeichuk, I. V., Khakhula, V. S., & Yukhnovskyi, V. Yu. (2020). Natural regeneration of ravine-gally systems and former arable lands in Ovruch region. *Modern Scientific Researches*, 3 (13), 28–37. <https://doi.org/10.30889/2523-4692.2020-13-03-024>
- Lakyda, P. I. (2002). *Phytomass of forests of Ukraine*. Ternopil: Zbruch [in Ukrainian].
- Logginov, B. I. (1977). *Forest crops*. Kyiv: Goskomizdat USSR [in Ukrainian].
- Maliuha, V. M. (2001). Estimation of normality of growth of protective plantings and their biological stability. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 39, 201–208.
- Morozov, G. F. (1971). *Selected Works*, 2. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [in Russian].
- Orlov, M. M. (1925). *Forest taxation*, 2. Leningrad: Izd-vo Leningradskogo lesnogo in-ta [in Russian].
- Pylypenko, A. I. (1992). *Silvicultural peculiarities and ameliorative influence of field-protective forest belts in the conditions of the black-earth Steppe of Ukraine (Theoretical and experimental substantiation of the optimal design of forest belts)*. Kyiv: USKhA [in Ukrainian].
- Pogrebnyak, P. S. (1968). *General forestry*, 2. Moscow: Kolos [in Russian].
- Poliakov, O. V. (1997). Forestry and economic significance of the completeness of plantations. *Scientific Bulletin of the National Agrarian University*, 8, 41–49 [in Ukrainian].
- Regulatory and reference materials for forest taxation of Ukraine and Moldova* (1987). Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
- Savich, Yu. N. (1965). *Features of the growth of pine crops in fresh subors of Polesie and Forest-steppe of the Ukrainian SSR*. Kyiv [in Ukrainian].
- Savich, Yu. N., & Stochynskyi, A. A. (1991). *Unique research facility*. Kyiv: USKhA [in Ukrainian].
- Shul'ga, V. D. (2007). To substantiate the methods of creating known sustainable forest stands in the steppe. *Forest Journal*, 5, 21–28 [in Russian].
- Svyrydenko, V. Ye., Babich, O. H., Kyrychok, L. S. (2004). *Forestry*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
- Terekhina, D. K. (2009). *Methods for increasing the resistance of coniferous reclamation stands of the arid zone (on the example of the Volgograd region)*. Volgograd [in Russian].
- Vakhtin, A. I., & Vavin, V. S. (2018). Study of current state of the old-aged ravine forest belts of "Stone steppe". *Agricultural sciences*, 10 (76), 52–55 <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.76.10.010>
- Vakuliuk, P. H., & Samoplavskyi, V. I. (1998). *Reforestation and afforestation in the plains of Ukraine*. Fastiv: Polifast [in Ukrainian].
- Vysoczkij, K. K. (1962). *Regularities of the structure of mixed forest stands*. Moscow: Goslesbumizdat [in Russian].
- Wenk, G., Romich, K., & Gerold, D. (1985). *DDR-Fichtenertragstafel 1984*. Tharandt: TU Dresden.
- Wenk, G., & Watzig, H. (1979). *Dieneue Fichtenertragstafel fur die Mittelgebirge der DDR*. Dresden-Karl-Marx-Stadt, 52.
- Yavorovskyi, P. P., Maurer, V. M., Zibtsev, S. V., Maliuha, V. M., Kaidyk, O. Yu., & Sendonin, S. Ye. (2019). *Ecologically oriented forestry*. Kyiv: Naukova stolitsia [in Ukrainian].

---

**Maliuha, V. M., Minder, V. V. (2020). Indicator of tension in the living space of protective forest stands. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 47–59. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.005>**

*The density of stands remains a controversial issue to this day, requiring a practical solution in terms of the optimal liquefaction of plantings without a significant loss of the quantitative productivity of the trunk stock of wood and the stability of forest stands. Only as a result of focused efforts can the patterns of natural liquefaction or the process of self-regulation of complex biological systems, to which the forest belong, be achieved. Natural liquefaction of forest stands is an extremely complex process due to its multifactorial nature, to the manifestation of which climatic, soil, biological conditions and many other mutual influences are involved. In forest biogeocenoses, the edificatory role belongs to the main stand. This tier represents a group of tree species in a phytocenosis, which determines its structure and, to a certain extent, composition. In this study, it is proposed to evaluate the functional load by an indicator of the tension of the living space of the plantation. Since Scotch pine is one of the most common edificators, widely used in the creation of anti-erosion plantations on soils of varying*

degrees of washout, substantiation of the indicator of tension is carried out on its example. The formula for calculating the tension indicator of the living space, characterizing the growing conditions of the plantation, is given. The indicator of the tension of living space is the ratio of the average height of plantings to their absolute completeness. The verification of the proposed indicator was carried out using tables of the course of growth, highlighting the patterns of the structure of tree stands. A graphic interpretation of the static research of forest stands is carried out. If the values of the tension indicators coincide with the distribution curve obtained from the standard tables of the sum of the cross-sectional areas of tree trunks with a completeness of 1.0, this indicates the optimal use of living space by plantations. The values of the indicators placed above the curve indicate the intensive use of living space. If the values of the indicators are located under the curve - it is incomplete use of living space. Since there is continuous forest management in Ukraine, and for timely forestry measures, it is necessary to constantly monitor the state of plantations. For successful cultivation of anti-erosion plantings of sufficiently high productivity and convenience of monitoring their condition, the proposed indicator can be used.

**Keywords:** assessment of the state of plantings, forest environment, biological sustainability, liquefaction of the stand, growth rate, average height, absolute completeness.

---

Отримано: 2020-11-02

## АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЙ ЩОДО ОДЕРЖАННЯ ВИСОКОЯКІСНОГО САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ РОСЛИН РОДИНИ *SALICACEAE* MIRB. *IN VITRO* ДЛЯ СТВОРЕННЯ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ

**О. Ю. ЧОРНОБРОВ**, кандидат сільськогосподарських наук  
<https://orcid.org/0000-0002-1330-8878>, e-mail: [oksana\\_chornobrov@ukr.net](mailto:oksana_chornobrov@ukr.net)  
ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»

В умовах різкого скорочення запасів традиційних видів палива актуальним є пошук нових ефективних і відновлювальних вуглецево-нейтральних джерел енергії. Одним із найперспективніших серед таких джерел є біомаса деревних рослин, зокрема родини Вербові (*Salicaceae* Mirb.). Традиційно рослини *Salicaceae* розмножують генеративним і вегетативним способами. Мікроклональне розмноження на протизау традиційним способом дає змогу одержувати упродовж року генетично однорідний оздоровлений садивний матеріал. Значну кількість біотехнологічних публікацій зосереджено на розробленні оптимальних протоколів розмноження рослин родини *Salicaceae*, дослідженні морфогенетичного потенціалу тканин та оптимізації їх росту. Разом з тим, автори зазначають про індивідуально зумовлену регенераційну здатність рослинного матеріалу в умовах *in vitro*, яка залежить від низки чинників. Мета дослідження – аналіз результатів біотехнологічних досліджень щодо одержання високоякісного садивного матеріалу рослин родини *Salicaceae* методом тканин *in vitro*. Для цього використовували результати біотехнологічних досліджень тканин рослин родини *Salicaceae* *in vitro* зарубіжних і вітчизняних авторів опублікованих у фахових виданнях упродовж 2010–2020 рр. Методи дослідження – аналіз, порівняння, синтез, узагальнення. У результаті проведеного аналізу з'ясовано, що режим стерилізації рослинного матеріалу *Salicaceae* залежить від типу експлантату, фенологічної фази й віку рослини-донора. Ефективно знешкоджує екзогенну біоту здерев'янілих експлантатів ступінчата стерилізація з використанням хлориду ртуті, гіпохлориду натрію та нітрату срібла. Стадія активної вегетації – оптимальний період ізоляції експлантатів. Для одержання безвірусних рослин-регенерантів доцільно застосовувати апікальні меристеми, калюсної тканини – листові пластинки, активної регенерації – мікропагони. Стійка система регенерації, її тип, коефіцієнт мультиплікації рослин *Salicaceae* є генетично зумовленими. Для введення рослин в умови *in vitro*, активної проліферації, ризогенезу, масового мікроклонального розмноження доцільно використовувати живильні середовища за прописом WPM (McCown & Lloyd, 1981) та MS (Murashige & Skoog, 1962). Для регенерації рослин шляхом прямого морфогенезу й активації росту наявних меристем експлантату потрібно застосовувати середовище із цитокінінами (БАП (6-бензиламінопурін), кінетин, 2-ІП (N-ізопентеніламінопурін), для ризогенезу – із ауксинами (НОК (α-нафтилоцтова кислота), ІМК (3-індолілмасляна кислота) та ІОК (β-індоліл-3-оцтова кислота). Подальші дослідження спрямовані на оптимізацію протоколів розмноження окремих генотипів рослин *Salicaceae* в умовах *in vitro*.

**Ключові слова:** Вербові, культура тканин рослин *in vitro*, експлантати, стерилізація, живильне середовище, регенераційна здатність, мікроклональне розмноження.

**Актуальність.** Для України надзвичайно гострою є проблема енергетичної безпеки – один із вирішальних чинників

її конкурентоспроможності на міжнародному рівні. В умовах різкого скорочення запасів традиційних видів палива акту-

альним є пошук нових ефективних і відновлювальних вуглецево-нейтральних джерел енергії (Energy strategy, 2013). Одним із найперспективніших серед таких джерел є біомаса деревних рослин, зокрема родини Вербові (*Salicaceae* Mirb.). Окрім створення біоенергетичних плантацій рослини *Salicaceae* використовують для озеленення населених пунктів, агролісомеліорації та фітореMediaції ґрунтів. Вони є джерелом деревини та лікарської сировини, чудові медоноси й кормові рослини, матеріал для селекційних і гібридизаційних робіт тощо. Традиційно рослини *Salicaceae* розмножують генеративним і вегетативним способами. Мікроклональне розмноження, на противагу вегетативному, дає змогу масово одержувати оздоровлені генетично однорідні рослини упродовж року з мінімальною кількістю донорного матеріалу. Рослини, одержані таким методом, більш продуктивніші порівняно із рослинами, вирощеними традиційним розмноженням (Smith, 2012). Окрім того, культура тканини рослин *in vitro* – вихідний матеріал для одержання рослин із необхідними параметрами якості з поліпшеними господарськи цінними ознаками і властивостями (стійкі до біотичних та абіотичних чинників, зокрема хвороб та шкідників, солестійкі) (Kalinin et al., 1980; Kataeva & Butenko, 1983).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Доволі значна різноманітність і важлива господарська цінність рослин родини Вербові зумовили проведення низки наукових досліджень біотехнологічного спрямування вітчизняними та зарубіжними авторами. Дослідження зосереджені на вивченні морфогенетичного потенціалу рослин родини *Salicaceae*; розробленні технології мікроклонального розмноження; визначенні впливу компонентів живильного середовища, генетичних, фізичних та фізіологічних чинників на регенерацію рослин *in vitro*. Нині розроблено технології збереження

зародкової плазми *in vitro* (Chou & De-li, 2010) та створено генетично модифіковані рослини тополі берлінської шляхом внесення гену дегідрину *TaWCS120* із пшениці м'якої сорту Іркутська для збільшення морозо- і/або холодостійкості (Zolotovskaya et al., 2018).

Відібрано 10 найбільш інформативних поліморфних локусів (PMGC2060, PMGC2571, PMGS2679, WPMS12, WPMS14, WPMS20, PMGC433, PMGC2852, WPMS5, ORPM344) для ідентифікації і генотипування внутрішньовидових (гібриди тополі білої) і міжвидових (тополя сіріюча, тополя біла × гібрид (біла × осика), тополя дельтовидна × тополя бальзамічна) відмінностей; генетичної паспортизації індивідуальних генотипів і клонів. Здійснено мікросателітний і хромосомний аналіз; оцінено внутрішньоклонову генетичну однорідність і ідентичність клонів, розмножених *in vitro*, донорам. Отримано алотриплоїдні тополі ( $2n=3x=57$ ) з використанням мікросателітних маркерів (Mashkina et al., 2016).

Нині розроблено й апробовано технології мікроклонального розмноження для окремих генотипів *Salicaceae*. Автори для введення в культуру *in vitro* рослин роду *Salix* L. використовують різні типи експлантатів, зокрема частини пагона, міжвузля, адвентивні пагони, листки тощо (Sant, 1980; Shuang-Xiu & Yuan-Gang 2006; Skálová et al., 2012).

Для поверхневої стерилізації експлантатів деревних рослин застосовують низку стерилізуючих речовин, зокрема хлорид ртуті, мертіолят, гіпохлорид натрію, хлорамін (Shabanova & Mashkina, 2015). Для збільшення відсотка ефективності стерилізації використовують двоступеневу стерилізацію (Kärkönen et al., 2011; Skálová et al., 2012; Shi, 2014).

Автори також вивчали регенераційну здатність рослинного матеріалу залежно від фенологічної фази рослини-донора (Shabanova & Mashkina, 2015).

Для культивування рослинного матеріалу деревних рослин *in vitro* використовують живильні середовища за прописом MS (Murashige & Skoog, 1962), WPM (McCown & Lloyd, 1981), DKW (Driver & Kuniyuki, 1984) та Сміта і МакКоуна (Sant, 1980; Azarova et al., 2010; Sergeev et al., 2010; Khan et al., 2011; Kärkönen et al., 2011; Khattab, 2011; Skálová et al., 2012; Khan et al., 2011; Khan & Anis, 2012; Erst & Bakulin, 2012; Shi, 2014; Shabanova & Mashkina, 2015; Kakimzhanova et al., 2019).

Для стеблової регенерації експлантів *Salix* автори використовували регулятори росту цитокінінового типу дії у різних концентраціях і комбінаціях, зокрема БАП (6-бензиламінопурин), кінетик, 2-іП (N-ізопентеніламінопурин) (Sant, 1980; Azarova et al., 2010; Skálová et al., Khan et al., 2011; Kärkönen et al., 2011; Khattab, 2011; Khan & Anis, 2012).

Для посилення ростових процесів застосовують гіберелову кислоту (ГК); коренеутворення – живильне середовище із половинним складом мінеральних сполук та ауксинами ( $\beta$ -індоліл – 3-оцтова кислота (ІОК), індоліл-3-масляна кислота (ІМК),  $\alpha$ -нафтилоцтова кислота (НОК) (Kärkönen et al., 2011; Khan et al., 2011; Khan, Anis, 2012; Kakimzhanova et al., 2019). На регенераційну здатність експлантів деревних рослин в умовах *in vitro* діє низка чинників, що визначає необхідність ретельного підбору умов культивування для розроблення ефективного протоколу мікроклонального розмноження з урахуванням індивідуальних особливостей.

**Мета дослідження** – аналіз результатів біотехнологічних досліджень щодо одержання високоякісного садивного матеріалу рослин родини *Salicaceae* методом тканин *in vitro*. Дослідженнями передбачалося виконання таких завдань: 1) з'ясувати найбільш доцільний режим стерилізації рослинного матеріалу; 2) визначити оптимальні умови введення ек-

плантатів у культуру *in vitro*; 3) виокремити чинники, які чинять значний вплив на мікроклональне розмноження рослин; 4) добрати оптимальні живильні середовища та умови культивування для реалізації морфогенетичного потенціалу рослин.

**Матеріали і методи дослідження.** Використовували результати біотехнологічних досліджень тканин рослин родини *Salicaceae in vitro* зарубіжних і вітчизняних авторів, опублікованих у фахових виданнях упродовж 2010–2020 рр. У досліджуваних публікаціях автори застосовували біотехнологічні методи (культура тканин рослин *in vitro*, мікроклональне розмноження, калюсна культура). Для опрацювання даних автори використовували середнє арифметичне, стандартну помилку та дисперсійний аналіз. Для аналізу результатів досліджень окремих авторів було використано загальні методи теоретичного рівня (аналіз, порівняння, синтез, узагальнення).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Режим стерилізації автори підбирали експериментально під кожний об'єкт із урахуванням індивідуальних особливостей рослинного матеріалу, типу експлантату, фенофази та віку рослини-донора. Для цього використовували широкий спектр стерилізуючих речовин із різними експозиціями оброблення експлантів. Стерилізація рослинного матеріалу полягала у попередній підготовці рослинного матеріалу у нестерильних умовах з наступним витриманням в умовах ламінарного боксу у стерилізуючих речовинах та промиванні у стерильній дистильованій воді. Найпоширеніші режими стерилізації рослинного матеріалу відображено у таблиці.

За результатами досліджень, найбільш доцільною є ступінчаста стерилізація кількома речовинами із використанням для нейтралізації екзогенної біоти хлориду ртуті, гіпохлориду натрію та нітрату срібла. Для експлантів, ізольо-

Режими стерилізації експлантатів рослин *Salicaceae in vitro*

Вид, культивар, сорт, гібрид	Експлантат	Режим стерилізації	Інше	Джерело
<i>Salix Matsudana</i> × <i>Alba</i> NZ-1002	частини пагонів (2–3 см)	70 % етанол – 30 с, 20 % «Janola» (3 % NaClO) – 15–20 хв	середовище для культивування MS	Sant S. Bhojwani, 1980
Алотриплоїдний гібрид Е.с. (Воронезький гігант), Болід (гібрид Тополя біла × Болле)	частини пагонів, ізольовані у зимовий період	попереднє оброблення у нестерильних умовах у 2 % «Domestos» (10 хв), витримування у суміші розчинів 0,025 % мертіолята (10 хв) і 7 % «Білизни» (10 хв)	середовище для культивування ½ MS, ½ WPM; ефективність стерилізації 73,3 ± 3,3 %	Shabanova & Mashkina, 2015
	частини пагонів, ізольовані у літній період	попереднє оброблення у нестерильних умовах у 2 % «Domestos» (7 хв), витримування у суміші розчинів 0,025 % мертіолята (10 хв) і 7 % «Білизни» (10 хв)	ефективність стерилізації 82,8 ± 3,6 %	
<i>Populus nigra</i> L. × <i>Populus balsamifera</i> L.	частини пагонів (10–15 мм), період опадання листків у донорів	70 етиловий спирт (60 с), 0,1 % HgCl <sub>2</sub> (20 хв)	ефективність стерилізації 87,8 ± 2,0 %	Chornobrov et al., 2016
<i>Populus maximowiczii</i> Henry	пазушні бруньки	70 % етиловий спирт (1 хв), NaClO (2 % активний хлор) (10–18 хв)	середовище для культивування MS	Kärkönen et al., 2011
<i>Salix retusa</i> L., <i>Salix alpine</i> Scop.	частини пагонів (5–10 см), із 3–4 річних донорів, вересень місяць	70 етиловий спирт (30–60 с), 0,1 % HgCl <sub>2</sub> (5–6 хв), 1,0 % AgNO <sub>3</sub> (5–6 хв) та 2,5 % NaClO (5–6 хв)	ефективність стерилізації 85,0 ± 6,5 %	Chornobrov et al., 2019
<i>Salix viminalis</i> L.	частини пагонів (10–15 мм), стадія активної вегетації донорів	70 етиловий спирт (30 с), 0,1 % HgCl <sub>2</sub> (10 хв)	ефективність стерилізації 86,7 ± 1,7 %	Chornobrov et al., 2016

ваних у зимовий період, тривалість витримування у стерилізуючій речовині потрібно збільшити, порівняно з експлантатами у літній період (таблиця).

На регенераційну здатність рослин *Salicaceae in vitro* значний вплив має фенологічна фаза рослини-донора. Травень–червень – оптимальний строк для ізоляції експлантатів тополі (Shabanova & Mashkina, 2015).

Для введення у культуру *in vitro* рослин досліджуваної родини використовують різні типи експлантатів. Зокрема, автори в роботі (Shuang-Xiu & Yuan-Gang, 2006) фіксували високу регенераційну здатність адвентивних бруньок *Populus spp.*, які починали відразу ж рости і розмножуватися на живильному середовищі. Для введення рослин гібриду *Salix matsudana* × *alba* доцільно викорис-



товувати фрагменти пагонів завдовжки 2–3 см (Sant, 1980). Зазначено, що для введення рослин *Salix tetrasperma* Roxb потрібно використовувати вузлові фрагменти (Khan & Anis, 2012).

Живильне середовище – основний фактор успішного культивування тканин рослин *in vitro*. Компоненти живильного середовища й умови культивування добирають індивідуально; вони, значною мірою, залежать від генотипу вихідної рослини. Найбільшої ефективності пагоноутворення у експлантатів тополі досягнуто за використання  $\frac{1}{2}$  WPM. Інтенсивне пагоноутворення фіксували на середовищі WPM із додаванням 0,2 мг·л<sup>-1</sup> БАП. Тривалість та інтенсивність проходження етапів мікрклонального розмноження рослин достовірно залежить від генотипу донора (Shabanova & Mashkina, 2015).

Зазначено, що для культивування вузлових фрагментів *S. tetrasperma* доцільно використовувати середовище WPM із 2,5  $\mu$ М ТДЗ або 1,0  $\mu$ М БАП і 0,5  $\mu$ М НОК (прямий морфогенез), для коренеутворення –  $\frac{1}{2}$  MS /  $\frac{1}{2}$  WPM із 0,5  $\mu$ М ІМК. Середовище WPM є більш достовірно ефективним, ніж MS (Khan & Anis, 2012).

Мікрклональне розмноження тополі сибірської сріблястої проводили шляхом активації росту пазушних меристем із використанням середовища MS та додаванням 0,25 мг·л<sup>-1</sup> кінетину і ІОК. Ефективним для укорінення мікропагонів було безгормональне  $\frac{1}{2}$  MS (Erst & Vakulin, 2012).

Автори визначили умови значної регенерації основних пазушних пагонів тополі сріблястої і тополі Болле: живильне середовище WPM із додаванням 0,5 мг·л<sup>-1</sup> БАП і 0,2 мг·л<sup>-1</sup> ГК. Для достовірного збільшення кількості мікропагонів доцільно використовувати WPM із додаванням 0,2 мг·л<sup>-1</sup> БАП і ГК. Для подальшого росту мікропагонів та їх

укорінення необхідно використовувати WPM із додаванням 0,01 мг·л<sup>-1</sup> ІМК (Kakimzhanova et al., 2019).

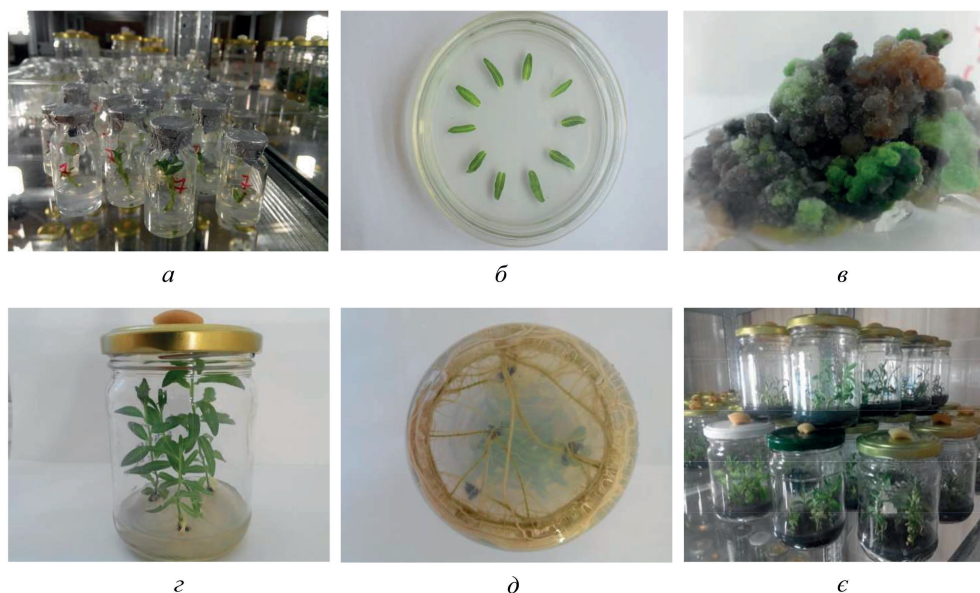
Для введення експлантатів *P. maximowiczii* потрібно використовувати середовище WPM з 0,2 мг·л<sup>-1</sup> БАП; для мікропагоноутворення – MS із половиною концентрацією NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> та із додаванням 0,1 мг·л<sup>-1</sup> БАП; для укорінення мікропагонів – середовище  $\frac{1}{2}$  Сміта і МакКоуна з 0,2 мг·л<sup>-1</sup> ІМК (Kärkönen et al., 2011).

Розроблено ефективну технологію мікрклонального розмноження клону W52 (*P. tremula*), чоловічого дерева *P. alba* і клону Т89 гібриду осики (*P. tremula* × *P. tremuloides* Michx.) за використання прямого морфогенезу. Мікророзмноження експлантатів *P. tremula* і *P. tremula* × *P. tremuloides* індукували на WPM із 0,1 мг·л<sup>-1</sup>/0,2 мг·л<sup>-1</sup> БАП; *P. alba* – MS із 0,2 мг·л<sup>-1</sup> БАП (Khattab, 2011).

На етапі введення в культуру *in vitro* експлантати цінних видів і гібридів *Salix* культивували на MS або WPM із 0,2–1,0 мг·л<sup>-1</sup> БАП. Використання 0,5–1,0 мг·л<sup>-1</sup> ГК та 0,5 г·л<sup>-1</sup> глутаміну достовірно посилювало регенерацію експлантатів та зменшило довжину міжвузлів (Azarova et al., 2010).

Для мікрклонального розмноження рослин *S. tetrasperma* та укорінення мікропагонів *in vitro* доцільно їх культивувати на WPM із 5,0  $\mu$ М БАП та  $\frac{1}{2}$  WPM із 0,5  $\mu$ М ІМК (Khan et al., 2011).

На інтенсивність калусоутворення експлантатів, окрім регуляторів росту, сильно впливає мінеральний склад середовища. Дослідження Сергеева показали, що культивування експлантатів на середовищах із 2,0 мг·л<sup>-1</sup> НОК, ІМК та ІОК, а також у контролі (без ауксинів) не індукувало утворення калусної тканини, натомість на середовищі з 2,4-Д (2,4-дихлорфеноксиоцтова кислота) інтенсивне калусоутворення починалося з



**Рис. 1.** Одержання рослин *Salix* (e) із фрагментів пагона (a) і листових пластинок (b) шляхом прямого (z, d) і непрямого (v) морфогенезу *in vitro*

другого тижня культивування. На 21 добу культивування індекс росту калусної тканини на середовищі з 2,4-Д склав 384,1. На середовищі MS спостерігалося відмирання калусної тканини у 20–25 % експлантатів (Sergeev et al., 2010).

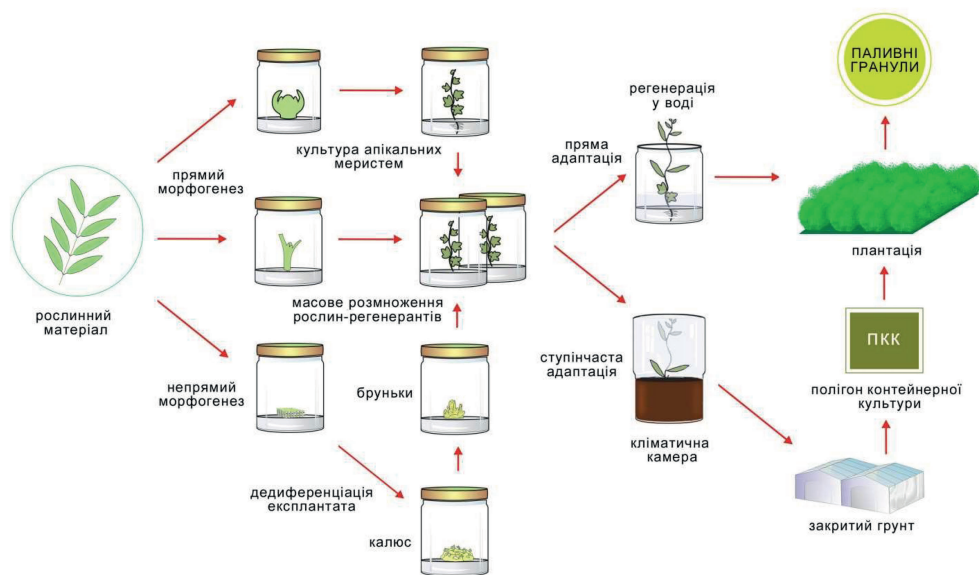
Автори підбрали оптимальний склад живильних середовищ для мікроклонального розмноження, укорінення та одержання рослин-регенерантів *S. alba* (МС з 0,25 мг·л<sup>-1</sup> кінетину), *S. fragilis* (МС безгормональне), *S. babylonica* й *S. matsudana* 'Tortuosa' (МС з 0,25 мг·л<sup>-1</sup> кінетину й 2 г·л<sup>-1</sup> активованого вугілля) за використання активації росту наявних меристем експлантатів (Chornobrov, 2016). Одержано мікропагони рослин за використання прямого й непрямого морфогенезу рослин. Кількість мікропагонів, одержаних із калусу стеблового походження, є достовірно більшою порівняно із листовим. Установлено, що рослини *in vitro* *S. alba* й *S. fragilis* потрібно мікроклонально роз-

множувати шляхом мікроживцювання стеблової культури (коефіцієнт розмноження – 10,0±1,0 й 8,0±1,0 відповідно), *S. babylonica* – непрямым морфогенезом (коефіцієнт розмноження – 5,0±1,0), а *S. matsudana* 'Tortuosa' – прямим морфогенезом (коефіцієнт розмноження – 6,0±1,0) (рис. 1) (Chornobrov, 2016).

На етапі введення в культуру *in vitro* експлантати *S. retusa* і *S. alpina* характеризувалися значною регенераційною здатністю (що становила, відповідно, 93,3 ± 3,3 % і 83,3 ± 8,8 %) на базовому безгормональному живильному середовищі MS (Chornobrov et al., 2019).

Одержані за використання технологій *in vitro* різними типами індукованого морфогенезу, рослини-регенеранти *S. viminalis* використовують у біоенергетиці (рис. 2).

Отже, результати біотехнологічних досліджень свідчать про доцільність застосування біотехнологій *in vitro* для одержання високоякісного садивного матеріалу рослин родини *Salicaceae*.



**Рис. 2.** Схема масового розмноження рослин *S. viminalis* *in vitro*, їх адаптація до умов *in vivo*, створення біоенергетичних плантацій та одержання біопалива (за матеріалами Chornobrov, 2016)

**Висновки і перспективи.** Проаналізовано результати біотехнологічних досліджень зарубіжних і вітчизняних авторів, опублікованих у фахових виданнях упродовж 2010–2020 рр., щодо можливості одержання високоякісного садивного матеріалу рослин родини *Salicaceae in vitro*. При розробленні протоколу *in vitro* для окремих генотипів *Salicaceae* необхідно урахувати таке: 1) режим стерилізації рослинного матеріалу родини *Salicaceae* залежить від багатьох чинників (типу експлантату, фенофази, віку рослини-донора); 2) найбільш доцільно використовувати ступінчасту стерилізацію кількома речовинами; 3) за результатами досліджень, ефективно знешкоджують екзогенну біоту здрев'янілих експлантатів хлорид ртуті, гіпохлорид натрію та нітрат срібла; 4) на мікроклональне розмноження рослин окрім фізіологічних, гормональних та фізичних чинників значний вплив має генотип; 5) умови введення рослинного матеріалу

*in vitro*, фенологічну фазу й вік донорів, типи експлантатів, компоненти живильного середовища, регулятори росту, умови культивування та тип регенерації добирають індивідуально для кожного генотипу; 6) для одержання калюсних тканин доцільно застосовувати листкові пластинки, а для активної регенерації – мікропагони; 7) значення коефіцієнта мультиплікації, як і найбільш ефективний тип регенерації, залежить від генотипу і для кожного сорту, культивару, виду є індивідуальним; 8) для введення в умови *in vitro*, активної проліферації, ризогенезу, масового мікроклонального розмноження потрібно використовувати живильні середовища за прописом WPM та MS; 9) для більшості генотипів живильне середовище із додаванням цитокинінів викликає регенерацію рослин шляхом активації росту наявних меристем експлантату та прямим морфогенезом, а наявність ауксинів стимулює ризогенез.

Список літератури

- Azarova, A. B., Shadrina, T. E., & Mashkina, O. S. (2010). Highly efficient technology of clonal micropropagation of species and hybrids of the genus *Salix*. In *Materials of the international. scientific-practical conf. Forest science of the XXI century*. Gomel, November 17–19 (pp. 120–121) [in Russian].
- Chornobrov, O. Yu. (2016). Biotechnological aspects of microclonal propagation of plants of the genus *Salix* L. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 26, 7, 171–178 [in Ukrainian].
- Chornobrov, O. Yu., Bilous, S. Yu., & Kruhliak, Yu. M. (2016). *Biotechnology of reproduction and cultivation of plants of the family Salicaceae Mirbel for the creation of energy plantations*. Kyiv: Printeko [in Ukrainian].
- Chornobrov, O., Bilous, S., Chornobrov, O., & Manko, M. (2019). Peculiarities of Morphogenesis of the Endangered Species of Willow (*Salix* spp.) *in vitro*. *Biologija (Lietuvos mokslu akademija)*, 65 (1), 48–55. <https://doi.org/10.6001/biologija.v65i1.3986>
- Chou, Y. L., De-li, Wang. (2010). Study on the Germplasm Conservation *in vitro* of *Salix Polyadenia* var. *Tschangbaischanica*. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 38 (34), 19266–19267. Available at [http://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTOTAL-AHNY201034010.htm](http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-AHNY201034010.htm).
- Energy strategy of Ukraine for the period up to 2030*. (2013). Available at <https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStrategy2030.pdf>.
- Erst, A. A., & Bakulin, V. T. (2012). Clonal micropropagation of Siberian silver poplar. *Turczaninowia*, 15 (1), 58–62 [in Russian].
- Kakimzhanova, A. A., Zhagipar, F. S., Naziran, F., Karimova, V. K., & Nurtaza, A. S. (2019). Optimization of Microclonal Propagation Conditions for Increasing the Multiplication Factor of Poplar Microshoots. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience Series*, 1 (126), 57–65. <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-126-1-57-65>
- Kalinin, F. L., Sarnatskaya, V. V., & Polishchuk, V. E. (1980). *Methods of Tissue Culture in Plant Physiology and Biochemistry*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Kärkönen, A., Santanen, A., & Iwamoto, K. (2011). Plant Tissue Culture. *Methods in Molecular Biology*, 715, 1–20. [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-008-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-008-9_1)
- Kataeva, N. V., & Butenko, R. H. (1983). *Clonal Micropropagation of Plants*. Moscow: Science [in Russian].
- Khan, I., Md., Ahmad, N., & Anis, M. (2011). The Role of Cytokinins on *in vitro* Shoot Production in *Salix Tetrasperma* Roxb.: a Tree of Ecological. *Tree – structure and function*, 25 (4), 577–584. <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0534-6>
- Khan, I., Md., & Anis, M. (2012). Modulation of *in vitro* Morphogenesis in Nodal Segments of *Salix Tetrasperma* Roxb. Through the Use of TDZ, Different Media Types and Culture Regimes. *Agroforestry systems*, 86 (1), 95–103. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9512-x>
- Khan, M. I., Naseem, A., & Anis, M. (2011). The Role of Cytokinins on *in vitro* Shoot Production in *Salix Tetrasperma* Roxb.: a Tree of Ecological Importance. *Tree – Structure and Function*, 25 (4), 577–584. <https://doi.org/10.1007/s00468-010-0534-6>
- Khattab, S. (2011). Effect of Different Media and Grown Regulators on the *in vitro* Shoot Proliferation of Aspen, Hybrid Aspen and White Poplar Male Tree and Molecular Analysis of Variants in Micropropagated Plants. *Life science journal*, 8 (1), 177–184.
- Mashkina, O. S., Fedulova, T. P., Tabatskaya, T. M., Kondrateva, A. M., & Shabanova, E. A. (2016). Molecular genetic and cytogenetic assessment of promising hybrids and clones of poplar and aspen propagated *in vitro*. *VSU Bulletin, series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, 2, 60–69 [in Russian].
- Sant, S. B. (1980). Micropropagation Method for a Hybrid Willow (*Salix Matsudana* x *Alba* NZ-1002). *Nell' Zealand Journal of Botany*, 18, 209–214.
- Sergeev, R. V., Shurgin, A. I., & Shevelyova, N. N. (2010). Development of a protocol for *in vitro* propagation of Norway willow (*Salix acutifolia* Willd.) for plantation cultivation. *Biotechnology as a tool for the conservation of plant biodiversity*, 304–308 [in Russian].
- Shabanova, E. A., & Mashkina, O. S. (2015). Clonal micropropagation of economically valuable forms of poplar. *Forest selection and genetics*, 4, 74–81 [in Russian].
- Shi, D. (2014). Effects of Culture Media and Plant Growth Regulators on Micropropagation of Willow (*Salix matsudana* 'Golden Spiral') and Hazelnut (*Corylus colurna* 'Te Terra Red'). *Theses, Dissertation, and Student Research in Agronomy and Horticulture*, 79.
- Shuang-Xiu, W., & Yuan-Gang, Z. (2006). *In vitro* Regeneration of *Populus Langfangensis* 3 for Transformation and Micropropagation. *Bulletin of Botanical Research*, 26 (2), 201–205.
- Skálová, D., Navrátilová, B., Richterová, L., Knitl, M., Sochor, M., & Vašut, R. J. (2012). Biotechnological Methods of *in vitro* Propagation

- gation in Willows (*Salix* spp.). *Central European Journal of Biology*, 7 (5), 931–940. <https://doi.org/10.31255/978-5-94797-319-8-1244-1247>
- Smith, R. H. (2012). *Plant Tissue Culture: Techniques and Experiments*. Academic Press.
- Zolotovskaya, E. D., Protopopova, M. V., Kononov, A. D., & Pavlichenko, V. V. (2018). Genetic transformation of *Populus berolinensis* by wcs120 dehydrin gene from soft wheat. In *The All-Russian Scientific Conference with International Participation and Schools of Young Scientists. Mechanisms of resistance of plants and microorganisms to unfavorable environmental* (pp. 1244–1247). Irkutsk [in Russian].

---

**Chornobrov, O. Yu. (2020). Analysis of application of biotechnologies to obtain high quality planting material of plants of the Salicaceae Mirb. family in vitro for creation of bioenergy plantations. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 60–68. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.006>**

*In conditions of a sharp reduction in the stocks of traditional fuels, it is important to find new efficient and renewable carbon-neutral energy sources. One of the most promising sources of renewable energy is the biomass of woody plants, in particular the family Willow (Salicaceae Mirb.). Traditionally, Salicaceae plants are propagated by generative and vegetative methods. Microclonal propagation, in contrast to traditional methods of reproduction, allows to obtain genetically homogeneous healthy planting material throughout the year. A significant number of biotechnological publications focus on the development of the optimal protocol for the reproduction of plants of the family Salicaceae, the study of the morphogenetic potential of tissues and optimizing their growth. However, the authors note the individually determined regenerative ability of plant material in vitro, which depends on a number of factors. The purpose of the study is to analyze the results of biotechnological research on the effectiveness (possibility) of obtaining high-quality planting material of plants of the family Salicaceae by tissue in vitro. For this purpose, we used the results of biotechnological studies of plant tissues of the family Salicaceae in vitro by foreign and domestic authors published in professional journals during 2010–2020. Research methods – analysis, comparison, synthesis, generalization. The analysis revealed that the sterilization regime of Salicaceae plant material depends on the type of explant, phenological phase and age of the donor plant. Step-by-step sterilization using mercury chloride, sodium hypochlorite and silver nitrate effectively neutralizes the exogenous biota of woody explants. The stage of active vegetation is the optimal period of isolation of explants. To obtain virus-free regenerating plants, it is advisable to use apical meristems, callus tissue – leaf blades, active regeneration – microshoots. Stable regeneration system, its type, multiplication factor of Salicaceae plants are genetically determined. For the introduction of plants in vitro, active proliferation, rooting, microclonal propagation, it is advisable to use nutrient media according to WPM (McCown & Lloyd, 1981) and MS (Murashige & Skoog, 1962). For regeneration of plants by direct morphogenesis and activation of growth of existing meristems of an explant to apply the environment with cytokinins (BAP (6-benzylaminopurine), kinetin or 2-isopentenyladenine (2-ip), for rooting – with auxins NAA ( $\alpha$ -naphthylacetic), IBA (3-indolylbutyric acid) and IAA ( $\beta$ -indolyl-3-acetic acid). Further research is aimed at optimizing the propagation protocols of Salicaceae plants in vitro.*

**Keywords:** willow, plant tissue culture in vitro, explants, sterilization, culture medium, regenerative ability, microclonal propagation.

---

Отримано: 2020-11-01

## АНАЛІЗ ДЕНДРОФЛОРИ ПЛОСКИХ ОЗЕЛЕНЕНИХ ДАХІВ ЕКСТЕНСИВНОГО ТИПУ В МІСТІ ЛЬВОВІ

**О. Є. ГАЛЕВИЧ**, аспірантка\*,

e-mail: [oksana.galevich2019@gmail.com](mailto:oksana.galevich2019@gmail.com)

**М. І. СОРОКА**, доктор біологічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-1037-6904>, e-mail: [myroslava\\_soroka@yahoo.com](mailto:myroslava_soroka@yahoo.com)

Національний лісотехнічний університет України

Сади на дахах виконують безліч корисних для людини функцій і є одним із найсучасніших способів створення гармонійного й естетичного середовища у містах. Тому вивчення асортименту деревних рослин, які успішно зимують та переносять літні критичні температури на дахах за мінімального догляду, є важливим завданням озеленювачів. Досліджено таксономічний склад дендрофлори 24 плоских озелених покрівель екстенсивного типу в місті Львові на висотах від 5 до 40 м і проведено її системно-структурний аналіз. Встановлено, що дендрофлору обстежених об'єктів складають 167 таксонів деревних рослин (із них 109 видів, 76 культиварів, 10 гібридів). Чисельно домінує родина Rosaceae (13 родів (21,1 % загальної кількості родів), 32 види і гібриди (26,9 %)), за кількістю культиварів – родина Cupressaceae (32 культивари (42,7 %)). У родовому спектрі за кількістю видів, гібридів та культиварів переважає рід *Juniperus* – 10 видів (8,8 % загальної кількості), 13 культиварів (17,1 %). Для озеленення покрівель використано 93 види і культивари листопадних і 74 вічнозелених фанерофітів (28 мезофанерофітів, 69 мікрофанерофітів, 60 нанофанерофітів і 10 деревних ліан). За результатами хорологічного аналізу встановлено, що на дахах превалюють види–вихідці зі східноазійського регіону та Північної Америки, аборигенних видів майже не використовують. У рослинних композиціях на дахах переважають види, районовані для 4 і 5 USDA-зон морозостійкості, тоді як територія Львова лежить у межах 6 зони. Наші 4-річні спостереження довели успішність інтродукції на дахах видів вищої USDA-зони, аніж визначена для міста Львова. Вивчення дендрофлори зелених дахів є дуже важливим з огляду на декілька моментів: не з'ясовано до кінця системно-структурні закономірності добору видів для озеленення; не апробовано методи специфічної інтродукції рослин на дахах та умови їх акліматизації, відмінні від наземних об'єктів; є можливість упровадження асортименту рослин, які не трапляються у садово-паркових композиціях міста. Композиційні вирішення озелених покрівель зумовлені різними способами посадки рослин – безпосередньо у субстрат, у піднятті над поверхнею ґряди чи контейнери. Подібні дослідження висвітлюють особливості таксономічного складу і структури дендрофлори зелених дахів, що дасть змогу суттєво скоригувати агротехніку утримання насаджень та виокремити найбільш перспективну групу деревних рослин для озеленення покрівель.

**Ключові слова:** видовий склад, дерева, куці, озеленення покрівель, структурний аналіз.

\* Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор М. І. Сорочка

**Актуальність та аналіз останніх досліджень.** Поселення рослин на покрівлях як природний процес, вдало використаний людиною для власних потреб, зародилося у специфічних кліматичних умовах Скандинавії та островів Океанії, а сьогодні це один із найсучасніших прийомів благоустрою міського середовища, який виконує не тільки естетичну, а й екологічну та економічну ролі у місті. Водночас озеленення покрівель є різновидом інтродукції рослин, завдяки якому в урбоценозах з'являються види, не притаманні наземним зеленим насадженням. Підбору асортименту рослин присвячено чимало праць, оскільки це один із найважливіших етапів створення зелених дахів, який забезпечує їх довговічність і функціональність (Thompson, 1998; Köhler, 2006; Snodgrass & Snodgrass, 2006; Emilsson, 2008; Nagase & Dunnett, 2012; Thuring, Berghage & Beattie, 2010; MacIvor & Lundholm, 2011; Susca, Gaffin & Dell'Osso, 2011; Dyachenko, Klimenko, 2013; Caneva, Kumbaric, Savo & Casalini, 2015; Savi et al., 2016; Cao, Hu, Dong, Liu & Wang, 2019). Проте з аналізу літературних джерел помітно, що більшість дослідників приділяють увагу трав'янистим рослинам, зокрема сукулентам (Monterusso, Rowe & Rugh, 2005; Villarreal & Bengtsson, 2005; Blanusa, Monteiro, Fantozzi, Vysini & Cameron, 2013). Відомостей про дендрофлору озелених дахів у світовій літературі дуже мало, оскільки сад на даху з використанням деревних рослин – це один із найскладніших прийомів озеленення покрівель, який потребує не тільки детального інженерного рішення, а й підбору особливо стійких до різних чинників видів із невеликою кореневою системою, яких серед деревних рослин набагато менше, аніж серед трав (Catalog of standard ZinCo solutions). Оскільки на дахах мікроклімат є зовсім іншим, аніж на поверхні землі (Liu & Minor, 2005), звичайні методологічні підходи до підбору рос-

лин для озеленення є малоефективними. У зв'язку із цим ідентифіковано та проаналізовано видовий склад деревних рослин, використаних для озеленення плоских дахів екстенсивного типу, які протягом кількох років успішно ростуть на різних висотах та штучних основах різного складу.

**Мета дослідження** полягала в ідентифікації та діагностуванні таксонів, аналізі таксономічного складу, біоморфологічних, екологічних та хорологічних особливостей культивованої дендрофлори плоских зелених дахів екстенсивного типу в умовах міста Львова. Об'єктом дослідження була дендрофлора зелених дахів в умовах міста Львова.

**Матеріали і методи дослідження.** Дослідження видового складу деревних рослин плоских зелених дахів в умовах міста Львова проводили впродовж 2016–2020 рр. методом облікових ділянок. Обстежено 24 об'єкти різних форм власності. Визначення деревних видів та їх культиварів проводили за допомогою спеціалізованих джерел (Kolesnikov, 1974; Kokhno, 2001; Kokhno, 2002; Cheers, 2003; Krussmann, 1995; American Conifer Society; Trees and bushes of the USSR (1949–1962)). Латинські назви рослин наведено за таксономічною електронною базою даних The Plant List. Для укладання систематичних списків використано лінійні класифікаційні системи: для голонасінних (Christenhusz et al., 2011), покритонасінних – APG IV (Chase et al., 2016). Життєві форми рослин виокремлено за: С. Raunkiaer (1934), зони морозостійкості наведено за категоріями USDA – зонування Європи (Heinze & Schreiber, 1984; Find Plants by Hardiness Zone). Для обстеження висотних об'єктів застосовували безпілотний літальний апарат – квадрокоптер DJI Mavic 2 Pro (CP.MA.00000013.01).

**Результати дослідження та їх обговорення.** За результатами інвентаризації дендрофлори 24 озелених плоских да-

**1. Основні систематичні показники дендрофлори зелених дахів**

Відділ (клас)	Родини		Роди		Види і гібриди		Культивари	
	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%
PINOPHYTA	3	10,3	9	14,5	27	22,7	42	55,3
MAGNOLIOPHYTA	26	89,7	53	85,5	92	77,3	34	44,7
Всього	29	100,0	62	100,0	119	100,0	76	100,0

хів екстенсивного типу протягом 2016–2020 рр. встановлено, що для створення композицій на дахах використано 167 таксонів деревних рослин (109 видів, 76 культурварів, 10 видів гібридного походження), які належать до 29 родин і 62 родів. Для висвітлення особливостей дендрофлори зелених дахів проведено її системно-структурний аналіз. За визначенням О. Толмачова (Tolmachev, 1974), систематична структура – це важливий показник флори, який висвітлює властивий їй розподіл видів між категоріями вищого рангу. Для ценофлор, утворених культивованими видами, цей показник є важливим з огляду на нетиповий підбір видів, для сукупності яких необхідно встановити системно-структурні закономірності, відмінні від характеристик природних флор (табл. 1). У родинному спектрі дендрофлори за кількістю родів домінують родини Rosaceae – 13 родів (21,1 % загальної кількості родів), Cupressaceae – 5 (8,0 %),

Fabaceae, Oleaceae, Caprifoliaceae – по 4 (6,5 %), Pinaceae, Hydrangeaceae – по 3 (4,8 %), Buxaceae, Vitaceae, Betulaceae, Bignoniaceae – по 2 (3,2 %). За кількістю видів та гібридів переважають родини Rosaceae – 32 види (26,9 % загальної кількості видів та гібридів), Cupressaceae – 15 (12,6 %), Pinaceae – 9 (7,6 %), Caprifoliaceae – 6 (5,1 %), Fabaceae, Sapiindaceae, Hydrangeaceae, Cornaceae, Oleaceae – по 5 (4,2 %), Taxaceae, Berberidaceae, Vitaceae, Betulaceae – по 3 (2,6 %). За кількістю культурварів домінують родини Cupressaceae – 32 культурвари (42,7 % загальної кількості культурварів), Rosaceae – 11 (13,3 %), Pinaceae – 8 (10,7 %), Cornaceae – 5 (6,7 %), Berberidaceae – 4 (5,3 %), Hydrangeaceae, Caprifoliaceae – по 3 (4,0 %), Taxaceae, Vitaceae, Celastraceae – по 2 (2,7 %). Як помітно із систематичного аналізу, найбільшими майже за всіма показниками є родини Rosaceae, Cupressaceae, Pinaceae (табл. 2).

**2. Родинний спектр дендрофлори**

Родини	Роди		Види, гібриди		Культивари	
	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%
Pinaceae Spreng. ex F.Rudolphi	3	4,8	9	7,6	8	10,7
Cupressaceae Gray	5	8,0	15	12,6	32	42,7
Taxaceae Gray	1	1,6	3	2,6	2	2,7
Schisandraceae Blume	1	1,6	1	0,8	-	-
Lardizabalacea R.Br.	1	1,6	1	0,8	-	-
Berberidaceae Juss.	1	1,6	3	2,6	4	5,3
Buxaceae Dumort.	2	3,2	2	1,7	-	-
Hamamelidaceae R.Br.	1	1,6	1	0,8	-	-
Grossulariaceae DC.	1	1,6	2	1,7	-	-
Vitaceae Juss.	2	3,3	3	2,6	2	2,7
Fabaceae Lindl.	4	6,5	5	4,2	-	-
Rosaceae Juss.	13	21,1	32	26,9	11	13,3



Родини	Роди		Види, гібриди		Культивари	
	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%
Elaeagnaceae Juss.	1	1,6	1	0,8	-	-
Nothofagaceae Kuprian	1	1,6	1	0,8	-	-
Betulaceae Gray	2	3,2	3	2,6	1	1,3
Celastraceae R.Br	1	1,6	1	0,8	2	2,7
Hypericaceae Juss.	1	1,6	1	0,8	-	-
Anacardiaceae R.Br.	1	1,6	1	0,8	1	1,3
Sapindaceae Juss.	1	1,6	5	4,2	1	1,3
Tamaricaceae Link	1	1,6	1	0,8	-	-
Hydrangeaceae Dumort.	3	4,8	5	4,2	3	4,0
Cornaceae Bercht. & J.Presl	1	1,6	5	4,2	5	6,7
Ericaceae Juss	1	1,6	1	0,8	-	-
Oleaceae Hoffmanns. & Link	4	6,6	5	4,2	-	-
Bignoniaceae Juss.	2	3,2	2	1,7	1	1,3
Aquifoliaceae Bercht. & J.Presl	1	1,6	1	0,8	-	-
Adoxaceae E.Mey	1	1,6	2	1,7	-	-
Caprifoliaceae Juss.	4	6,5	6	5,1	3	4,0
Araliaceae Juss.	1	1,6	1	0,8	-	-
Разом	62	100	119	100	76	100

У родовому спектрі дендрофлори за кількістю видів і гібридів домінують роди *Juniperus* – 10 видів (8,8 % загальної кількості видів), *Spiraea* – 6 (5,3 %), *Pinus*, *Acer*, *Cornus* – по 5 (4,2 %), *Rosa* – 4 (3,5 %), *Picea*, *Taxus*, *Berberis*, *Hydrangea*, *Lonicera* – по 3 (2,6 %). За кількістю культурварів переважають роди *Juniperus* – 13 культурварів (17,1 % загальної кількості культурварів), *Thuja* – 12 (15,9 %), *Chamaecyparis* – 6 (7,9 %), *Pinus*, *Cornus* – по 5 (6,7 %), *Berberis*, *Spiraea* – по 4 (5,3 %), *Picea*, *Cotoneaster* – по 3 (3,9 %) (табл. 3).

Аналіз біоморфологічної структури дендрофлори засвідчив, що для озеленення покрівель використано 93 види і культурвари листопадних і 74 вічнозелених фанерофітів. Серед них 28 мезофанерофітів (висотою більше ніж 8 м), 69 мікрофанерофітів (2–8 м), 60 нанофанерофітів (до 2 м) і 10 деревних ліан (рис. 1). Переважають види-вихідці з Південно-Східної Азії та їх культурвари: *Akebia quinata* (Houtt.) Decne., *Berberis thunbergii* DC., *Chamaecyparis pisifera*

(Siebold & Zucc.) Endl, *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *Cotoneaster adpressus* Bois, *C. bullatus* Bois, *Juniperus chinensis* L., *J. procumbens* (Siebold ex Endl.) Miq., *Taxus cuspidata* Siebold & Zucc., *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold & Zucc.) Planch.

Другу за величиною групу становлять північноамериканські види та їх сорти: *Amelanchier canadensis* (L.) Medik., *A. lamarckii* F.G.Schroed., *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, *Cupressus nootkatensis* D.Don., *Juniperus squamata* Buch.-Ham. ex D.Don, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Picea glauca* (Moench) Voss., *Thuja occidentalis* L., *Tsuga canadensis* (L.) Carriere. (рис. 2). У озелененні покрівель майже не використовують аборигенних видів дендрофлори, виняток – витривалі європейські види (*Pinus cembra* L., *Genista radiata* (L.) Scop., *G. tinctoria* L., *Rosa canina* L., *Acer campestre* L., *Cornus mas* L., *C. sanguinea* L., *Hedera helix* L, *Acer tataricum* ssp. *ginnala* (Maxim.) Wesm.) та їх культурвари – *Picea abies* (L.) H.Karst.

**3. Родовий спектр дендрофлори**

Роди	Види, гібриди		Культивари	
	Кількість	%	Кількість	%
Pinus	5	4,2	5	6,7
Picea	3	2,6	3	3,9
Tsuga	1	0,8	-	-
Thuja	1	0,8	12	15,9
Chamaecyparis	2	1,7	6	7,9
Cupressus	1	0,8	1	1,3
Juniperus	10	8,8	13	17,1
Platycladus	1	0,8	-	-
Taxus	3	2,6	2	2,6
Schisandra	1	0,8	-	-
Akebia	1	0,8	-	-
Berberis	3	2,6	4	5,3
Buxus	1	0,8	-	-
Pachysandra	1	0,8	-	-
Corylopsis	1	0,8	-	-
Ribes	2	1,7	-	-
Parthenocissus	2	1,7	1	1,3
Vitis	1	0,8	1	1,3
Cytisus	1	0,8	-	-
Genista	3	2,6	-	-
Robinia	1	0,8	-	-
Amelanchier	3	2,6	1	1,3
Aronia	1	0,8	-	-
Chaenomeles	1	0,8	-	-
Cotoneaster	7	6,0	3	3,9
Crataegus	1	0,8	-	-
Dasiphora	1	0,8	1	1,3
Kerria	1	0,8	-	-
Physocarpus	1	0,8	1	1,3
Prunus	2	1,7	-	-
Pyracantha	1	0,8	-	-
Rosa	4	3,5	-	-
Sorbus	2	1,7	-	-
Spiraea	6	5,3	4	5,3
Stephanandra	1	0,8	1	1,3
Elaeagnus	1	0,8	-	-
Nothofagus	1	0,8	-	-
Betula	2	1,7	1	1,3
Corylus	1	0,8	-	-
Euonymus	1	0,8	2	2,6
Hypericum	1	0,8	-	-
Cotinus	1	0,8	1	1,3
Acer	5	4,2	1	1,3
Tamarix	1	0,8	-	-

Роди	Види, гібриди		Культивари	
	Кількість	%	Кількість	%
Deutzia	1	0,8	-	-
Hydrangea	3	2,6	2	2,6
Philadelphus	1	0,8	1	1,3
Cornus	5	4,2	5	6,7
Rhododendron	1	0,8	-	-
Forsythia	1	0,8	-	-
Jasminum	1	0,8	-	-
Ligustrum	1	0,8	-	-
Syringa	2	1,7	-	-
Campsis	1	0,8	-	-
Catalpa	1	0,8	1	1,3
Ilex	1	0,8	-	-
Viburnum	2	1,7	-	-
Kolkwitzia	1	0,8	-	-
Lonicera	3	2,6	1	1,3
Weigela	1	0,8	2	2,6
Symphoricarpos	1	0,8	-	-
Hedera	1	0,8	-	-
Разом	119	100	76	100

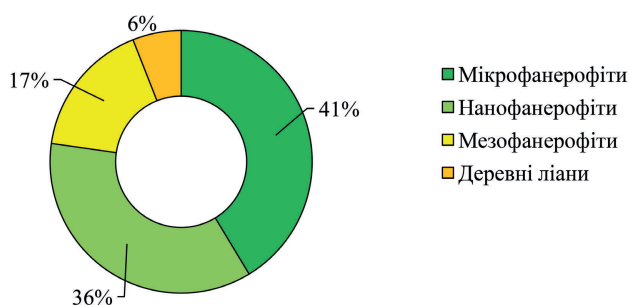


Рис. 1. Біоморфологічна структура дендрофлори

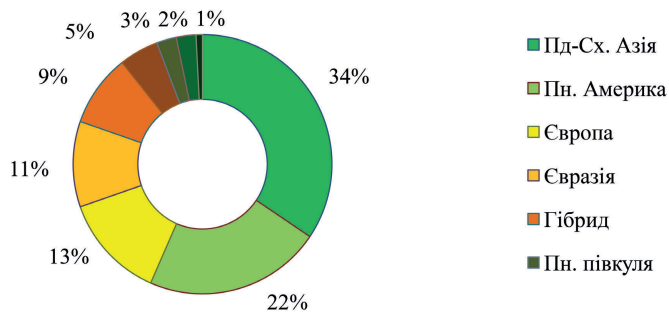


Рис. 2. Ареалогічна структура дендрофлори

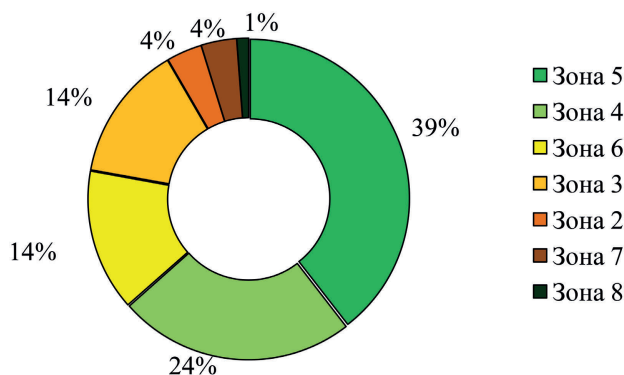


Рис. 3. Розподіл деревних видів за USDA-зонами морозостійкості

‘Little Gem’, *Picea omorika* ‘Nana’, *Acer platanoides* L. ‘Crimson King’.

Розподіл видового складу дендрофлори за USDA-зонами показав, що найбільше використовують деревні види 4 і 5 зон. Оскільки територія міста Львова належить до 6 зони, для зелених дахів необхідно використовувати види вищої зони, що і засвідчило обстеження. Небагато використано теплолюбних видів 7 і 8 зон (рис. 3). Деякі з екзотичних видів на зиму утеплюють (*Lonicera acuminata*

Wall, *L. ligustrina* ssp. *pileata* (Oliv.) Franch. ‘Variegata’, *Tamarix chinensis* Lour.), інші заносять у закриті приміщення в контейнерах (*Prunus laurocerasus* L., *Nothofagus antarctica* (G.Forst.) Oerst., *Hypericum polyphyllum* Boiss. & Balansa).

Найпоширеніші місця для створення садів на даху – покрівлі висотних житлових будівель (45 %) та перекриття підземних паркінгів і гаражів (11 %) (рис. 4). Рідше їх створюють на терасах і дахах офісних приміщень.



Рис. 4. Сад на даху висотної будівлі (зліва) та на перекритті підземного паркінгу (фото О. Галевич)



Рис. 5. Седумний дах із використанням хвойних рослин (фото О. Галевич)

Серед 24 обстежених зелених дахів більшість створена висадкою рослин у спеціальний субстрат на відповідні технологічні шари, як, наприклад, газонні та седумні дахи з використанням деревних рослин (рис. 5).

Другу групу за популярністю становлять сади на даху, створені із рослин, висаджених у підняті на різну висоту гряди, а також терасні сади, які часто є різновидом грядкових (рис. 6).

До цінних представників дендрофлори, виявлених на озеленених покрівлях, належать *Cornus controversa* Hemsl., *Corylopsis pauciflora* Siebold & Zucc., *Cotoneaster divaricatus* Rehder & E.H.Wilson, *Cytisus* × *kewensis* Bean, *Ilex crenata* Thunb., *Pachysandra terminalis* Siebold & Zucc., *Prunus nigra* Aiton, *Taxus* × *media* Rehder. Серед культиварів особливою декоративністю вирізняються *Amelanchier arborea* (F.Michx.) Fernald



Рис. 6. Сад на даху з висадкою рослин у гряди (зліва) і терасний сад (фото О. Галевич)



Рис. 7. Контейнерний сад модульного типу на даху (фото О. Галевич)

‘Robin Hil’ *Berberis* × *frikartii* C.K.Schneid. ex Vandel. ‘Verrucandii’, *Betula utilis* D.Don. ‘Doorenbos’, *Cornus kousa* F.Buerger ex Hanse ‘Milky Way’, *Pinus heldreichii* Christ ‘Compact Gem’.

У озелененні дахів офісних приміщень та покрівель із поєднанням екстенсивної та інтенсивної зон популярними є контейнерні сади, які дають можливість не тільки заносити частину рослин на зиму в утеплені приміщення, а й змінювати композицію саду за модульним принципом (рис. 7).

**Висновки і перспективи.** Загалом на 24 обстежених плоских зелених дахах екстенсивного типу у місті Львові ідентифіковано 167 таксонів деревних рослин (109 видів, 76 культиварів, 10 видів гібридного походження), які належать до 29 родин і 62 родів. Найбагатшими за кількістю таксонів є родини: Rosaceae, Cupressaceae, Hydrangeaceae, Oleaceae, Saprifoliaceae; роди *Juniperus*, *Cotoneaster*, *Chamaecyparis*, *Berberis*. Для озеленення покрівель використано 93 види і культивари листопадних і 74 вічнозеле-

них фанерофітів, природний ареал більшості із них охоплює Південно-Східну Азію. Другу за величиною групу становлять північноамериканські види та їх культивари. До цінних представників дендрофлори, виявлених на озелених покрівлях, слід віднести *Berberis* × *frikartii* ‘Verrucandii’, *Betula utilis* ‘Doorenbos’, *Cornus controversa*, *Corylopsis pauciflora*, *Cotoneaster divaricatus*, *Cytisus* × *kewensis*, *Ilex crenata*, *Pachysandra terminalis*, *Pinus heldreichii*, *Prunus nigra*, *Stephanandra incisa* ‘Crispa’, *Taxus* × *media*. Розподіл видового складу дендрофлори за USDA-зонуванням Європи показав, що найбільше для озеленення покрівель використовують деревні види 4 і 5 зон, що зумовлює вищу життєздатність садів на дахах, оскільки територія міста Львова належить до 6 зони. Загалом дендрофлора експлуатованих покрівель є дуже різноманітною, складеною видами, які рідко застосовують у наземних рослинних композиціях, а тому становить значну цінність для підтримання високого рівня біорізноманіття урбофітоценозів.

## Список літератури

- American Conifer Society. Available at <http://www.conifersociety.org>.
- Blanusa, T., Monteiro, M. M. V., Fantozzi, F., Vysini, E., Li, Y., & Cameron, R. W. (2013). Alternatives to Sedum on green roofs: Can broad leaf perennial plants offer better 'cooling service'?. *Building and Environment*, 59, 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.08.011>
- Caneva, G., Kumbaric, A., Savo, V., & Casalini, R. (2015). Ecological approach in selecting extensive green roof plants: A data-set of Mediterranean plants. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 149 (2), 374–383. <https://doi.org/10.1080/11263504.2013.819819>
- Cao, J., Hu, S., Dong, Q., Liu, L., & Wang, Z. (2019). Green roof cooling contributed by plant species with different photosynthetic strategies. *Energy and Buildings*, 195, 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.04.046>
- Catalog of standard ZinCo solutions. Design guide. Available at <http://zincocatalogue.mystrikingly.com/#gallery> [in Russian].
- Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181 (1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- Cheers, G. (2003). *Botanica. Das ABC der Pflanzen*. Köln: Könemann.
- Christenhusz, M. J. M., Reveal, J. L., Farjon, A., Gardner, M. F., Mill, R. R., & Chase, M. W. (2011). A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa*, 19, 55–77. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.19.1.3>
- Dyachenko, A. D., & Klimenko, A. V. (2013). Promising range of plants to be used on the roofs of underground structures. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23.5, 219–225 [in Russian].
- Emilsson, T. (2008). Vegetation development on extensive vegetated green roofs: Influence of substrate composition, establishment method and species mix. *Ecological engineering*, 33 (3–4), 265–277. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.05.005>
- Find Plants by Hardiness Zone – Gardenia.net. Available at <https://www.gardenia.net/plants/hardiness-zones/>.
- Heinze, W., & Schreiber, D. (1984): A new mapping of the hardiness zones for woody plants in Central Europe. *Messages from the German Dendrological Society*, 75, 11–56.
- Köhler, M. (2006). Long-term vegetation research on two extensive green roofs in Berlin. *Urban habitats*, 4 (1), 3–26.
- Kokhno, M. A. (2001). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Gymnosperm*. Kyiv: Phytosocial Center [in Ukrainian]
- Kokhno, M. A. (2002). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms*. Kyiv: Phytosocial Center [in Ukrainian].
- Kolesnikov, A. I. (1974). *Decorative dendrology*. Moscow: Lesnaya promyshlennost [in Russian].
- Krussmann, G. (1995). *Manual of Cultivated Conifers*. Portland, Oregon: Timber Press.
- Liu, K., & Minor, J. (2005). Performance evaluation of an extensive green roof. In *Greening rooftops for sustainable communities* (pp. 1–11). Washington, DC.
- MacIvor, J. S., & Lundholm, J. (2011). Performance evaluation of native plants suited to extensive green roof conditions in a maritime climate. *Ecological Engineering*, 37 (3), 407–417. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.10.004>
- Monterusso, M. A., Rowe, D. B., & Rugh, C. L. (2005). Establishment and persistence of Sedum spp. and native taxa for green roof applications. *HortScience*, 40 (2), 391–396.
- Nagase, A., & Dunnett, N. (2012). Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: Effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and urban planning*, 104 (3–4), 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.001>
- Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford: Clarendon Press.
- Savi, T., Dal Borgo, A., Love, V. L., Andri, S., Tretiach, M., & Nardini, A. (2016). Drought versus heat: What's the major constraint on Mediterranean green roof plants?. *Science of the total environment*, 566, 753–760. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.100>
- Snodgrass, E. C., & Snodgrass, L. L. (2006). *Green roof plants: a resource and planting guide*. Portland, OR: Timber Press.
- Susca, T., Gaffin, S. R., & Dell'Oso, G. R. (2011). Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. *Environmental pollution*, 159 (8–9), 2119–2126. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.03.007>
- The Plant List. Available at <http://www.theplantlist.org>.
- Thompson, J. W. (1998). Grass-roofs movement. *Landscape architecture*, 88 (5), 46–51.

- Thuring, C. E., Berghage, R. D., & Beattie, D. J. (2010). Green roof plant responses to different substrate types and depths under various drought conditions. *HortTechnology*, 20 (2), 395–401. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.2.395>
- Tolmachev, A. I. (1974). *Introduction to the geography of plants*. Leningrad: Publishing House [in Russian].
- Trees and bushes of the USSR (1949–1962)*. Vol. 1–6. Moscow; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences [in Russian].
- Villarreal, E. L., & Bengtsson, L. (2005). Response of a Sedum green-roof to individual rain events. *Ecological Engineering*, 25 (1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2004.11.008>

---

**Galevych, O. Ye., Soroka, M. I. (2020). Analysis of dendroflora of flat green roofs of extensive type in the city of Lviv. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 69–79. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.007>**

Roof gardens, which perform many useful functions for humans, are one of the most modern ways to create a harmonious and aesthetic environment in cities. Therefore, the study of the list of woody plants that successfully overwinter and tolerate critical summer temperatures on the roofs with minimal tending, is an important task for green space workers. The taxonomic composition of the dendroflora of 24 flat of extensive type in the city of Lviv at heights from 5 to 40 m was studied and its system-structural analysis was performed. It was found that the dendroflora of the examined objects was composed of 167 taxonomic units of woody plants (of which 109 species, 76 cultivars, 10 hybrids). The family Rosaceae Juss is numerically superior (13 genera (21.1% of the total number of genera), 32 species and hybrids (26.9%); by the number of cultivars, the Cupressaceae family dominates - 32 cultivars (42.7%). The genus *Juniperus* dominates in the genus spectrum in terms of the number of species, hybrids and cultivars – 10 species (8.8% of the total number), 13 cultivars (17.1%). For greening the roofs, 93 species and cultivars of deciduous plants, 74 evergreen phanerophytes (28 mesophanerophytes, 69 microfanerophytes, 60 nanophanerophytes and 10 woody lianas) were used. According to the results of the chorological analysis, it was found that species from the East Asian region and North America predominate on the roofs, indigenous species are practically not used. The plant compositions on the roofs are dominated by species regionalized for USDA-frost resistance zones 4 and 5, while the territory of Lviv lies within zone 6. Our 4-year observations proved the success of the introduction on roofs of species of a higher USDA zone than that defined for Lviv. Further study of the dendroflora of green roofs is very important, taking into account several points: the system-structural patterns of species selection for greenery have not been fully clarified; methods of specific introduction of plants on roofs and the possibility of their acclimatization, which is different from terrestrial objects, have not been tested; the possibilities of introducing a list of plants that are not found in garden and park compositions of the city have not been fully studied. Compositional solutions of green roofs are determined by various ways of planting plants - directly into the substrate, in beds or containers raised above the surface. Such studies highlight the peculiarities of the taxonomic composition and structure of the dendroflora of green roofs, which will make it possible to significantly adjust the agronomic techniques of plant maintenance and identify the most promising group of woody plants for greening roofs.

**Keywords:** species composition, trees, bushes, roof greening, structural analysis.

---

Отримано: 2020-11-05



## ЕЛЕМЕНТИ ТОПІАРНОГО МИСТЕЦТВА У ЗАПОВІДНИХ ШТУЧНО СТВОРЕНИХ ПАРКАХ ДРУГОЇ ПОЛОВИНИ ХХ СТОЛІТТЯ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

**А. А. ДЗИБА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
<https://orcid.org/0000-0003-4422-288X>, e-mail: [orhideya\\_oncydium@ukr.net](mailto:orhideya_oncydium@ukr.net)  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліджено елементи топіарного мистецтва в одинадцяти парках-пам'ятках садово-паркового мистецтва (ППСПМ) та п'яти комплексних пам'ятках природи (КПП), що створені у другій половині ХХ ст. До елементів топіарного мистецтва належать: формовані рослини, бордюри, власне живоплоти, живі стіни, пілони, берсо, боскети, партери. У ППСПС «Бондарецький» і «Високівський» елементи топіарного мистецтва не виявлено. У дев'яти ППСПМ і п'яти КПП Українського Полісся представлено п'ять елементів топіарного мистецтва (бордюри, власне живоплоти (низькі, середні, високі), живі стіни, пілони та формовані рослини (куля, піраміда, конус, куб, складні геометричні фігури)). Найбільш поширені формовані бордюри з *Vuxus sempervirens* L., власне живоплоти, формовані з *Picea abies* Karst., *Thuja occidentalis* L., вільнорослі з *Juniperus sabina* L., *Physocarpus opulifolius* Maxim., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Br., пілони та формовані рослини у вигляді кулі, куба, складних геометричних фігур – з *Thuja occidentalis* L.

Систематична структура деревних рослин в елементах топіарного мистецтва представлена 12 родинами, 24 родами, 24 видами, трьома культиварами. Переважають листяні види деревних рослин, а саме родина *Rosaceae* Juss. В елементах топіарного мистецтва ППСПМ і КПП є види, що перебувають під охороною ЧС МСОП (58 %), що належать до двох категорій раритетності NT (4 %), LC (54 %). За висотою деревних рослин в елементах топіарного мистецтва дерева і чагарники представлені однаковою кількістю. Серед деревних рослин за висотою переважають дерева першої величини (26 %), куці середні (29 %), дещо менше дерев четвертої величини (15 %) та куці високі (22 %).

Стан деревних рослин 24 видів і трьох культиварів – добрий, окрім деревних рослин, де не проводили своєчасний та правильний догляд (формування поздовжнього і поперекового профілів, щорічне обрізання та стриження). Деякі рослини потребують заміни, оскільки втратили естетичність через вік.

**Ключові слова:** види деревних рослин, парки, стан, рідкісні, живоплоти.

**Актуальність та аналіз останніх досліджень.** Топіарне мистецтво асоціюється із добробутом (Pondichie, 2012). Мистецтво формування деревних рослин було відоме ще у Стародавній Греції, поширилось згодом до Риму і набуло популярності (Ruemler, 2004).

До елементів топіарного мистецтва належать: берсо, боскети, формовані рослини (геометричної форми та форми тварин, абстрактні форми), живоплоти (живі стіни, власне живоплоти, бордю-

ри), пілони, вузлові сади, арабески, га-зебо та інші топіарії. В. І. Солоненко виділяє сім основних форм топіарів: геометричний, довільний, сегментний (власне сегментний, європейське нівакі), скульптурний, сюжетний (динамічний, статичний), каркасний (геометричний, скульптурний, сюжетний (динамічний, статичний)) та живоплоти (бордюр, власне живопліт, стіна живопліт (класичний, рельєфний, комбінований)) (Solonenko & Vatamaniuk, 2016). Елементи топіарного

мистецтва використовують у топіарних садах, що різняться за стилістичними ознаками. Зокрема виокремлюють: класичні та тематичні топіарні сади, топіарні сади як колекції (демонструють можливості топіарного стриження рослин), «грін арт» (біонічні живі скульптури, каркасні топіарії, арбоскульптура) (Торупко, Lysenko & Rapiu, 2015).

Застосовуючи оригінальні й інноваційні топіарії та належним чином інтегруючи їх у композиції, можна створити естетично привабливе середовище (Pondichie, 2012). Наявність естетичної форми є одним із бажаних аспектів дерев, що використовується для створення або відновлення урбаністичного середовища (Carrillo-Angeles, Queijeiro-Volaños, Malda-Barrera & Suzán-Azpiri, 2018). У формуванні урбаністичного середовища значне місце займають вільнорослі та формовані живоплоти, які окрім декоративних якостей мають ще й утилітарні властивості та захищають відвідувачів від пилу, газів, сонячної радіації (Petrianyna, Viktorova & Razzhyvin, 2015). Проте вони можуть мати і недоліки: інвазивність, алергенність деревних рослин (Blanusa, Garratt, Cathcart-James, Hunt & Cameron, 2019). Вільнорослі живоплоти є декоративними і виконують функції огороження та структурування відкритого простору як лінійні елементи. Вони можуть бути листяними, вічнозеленими та комбінованими; є джерелом харчування пташок, бджіл та тварин. Вільнорослі живоплоти мають переважно природну архітектоніку крони (обрізання лише корегувальне) (Zimmermann, 2015). Формовані живоплоти мають поперечні (прямокутний, овальний, трапецеподібний, квадратний, трикутний, ступінчастий) та поздовжні (прямолінійний, хвилястий, городчастий, переривчастий, зубцюватий) профілі. Для підтримання їхньої форми необхідно проводити постійне обрізання. Попри трудомісткість догляду за формованими

живоплотами, вони мають у місті низку переваг: надають «екосистемні послуги», зокрема із регулювання мікрокліматичних умов, пом'якшення наслідків повені та забруднення, забезпечення біорізноманіття (Blanusa et al., 2019).

Стан, видовий склад, функції і застосування топіаріїв вивчають дослідники з Туреччини (Sevik & Cetin, 2016), Чехії (Římanova, 2010), Італії (Göller, 2015), Північно-Західної Європи (Blanusa et al., 2019), Англії (Gosling, Sparks, Araya, Harvey & Ansine, 2016).

Протягом усієї історії топіарного мистецтва інтерес до елементів топіарного мистецтва постійно змінювався. Нині топіарне мистецтво є актуальним, оскільки його елементи є невід'ємною частиною садів та парків у різних ландшафтних стилях і складовою урбосередовища.

**Мета дослідження** – виявити елементи топіарного мистецтва у заповідних штучно створених парках другої половини ХХ ст. на Українському Поліссі, встановити таксономічну структуру, раритетність та сучасний стан деревних рослин в елементах топіарного мистецтва.

**Матеріали і методи дослідження.** Застосовано системний підхід і порівняльний аналіз фактичного матеріалу. Інвентаризацію елементів топіарного мистецтва проводили маршрутним методом, зокрема оцінювали стан (State Committee, 2002), уточнювали вид деревних рослин (Kokhno et al., 2001), види деревних рослин перевіряли на належність їх до Червоного Списку Міжнародного Союзу Охорони Природи (ЧС МСОП) (The IUCN Red List, 2020). Видову назву визначали відповідно до міжнародної класифікації (World Flora Online, 2020), розподіл видів деревних рослин за висотами – за Kalinichenko (2003).

**Результати дослідження та їх обговорення.** Упродовж другої половини

XX ст. на Українському Поліссі було створено 16 парків, із них 11 паркам надано статус «парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва», п'яти паркам – «комплексна пам'ятка природи» (Dzyba, 2020). Обстеживши 16 парків на наявність елементів топіарного мистецтва, ми виявили п'ять елементів топіарного мистецтва у дев'яти парках-пам'ятках садово-паркового мистецтва та п'яти комплексних пам'ятках природи. Найбільш поширеними є власне живоплоти (табл. 1). У двох парках-пам'ятках садово-паркового мистецтва «Бондарецький» та «Високівський» елементів топіарного мистецтва не виявлено.

Формовані бордюри з *Buxus sempervirens* L. зростають уздовж доріжок із метою підвищення естетичності й надання урочистості вхідній частині парків у ППСМ «Дубечне», «Байрак», «Новоставський дендропарк» (рис. 1, а), КПП

«Трипутнянський парк», «Висоцький дендропарк» (рис. 1, б). Формований бордюр із *Cotoneaster lucidus* Schlecht. у КПП «Сарненський дендропарк» слугує облямуванням колекційної ділянки (рис. 1, в).

Живоплоти – найбільш поширені елементи топіарного мистецтва на території парків. Їх виявлено у дев'яти ППСМ і п'яти КПП (табл. 1). 70 % досліджених живоплотів були формованими заввишки від 0,5 м до 1,1 м із прямолінійним поздовжнім профілем і прямокутним, квадратичним, овальним поперечним перерізом із *Picea abies* Karst. та *Thuja occidentalis* L., *Ligustrum vulgare* L. (рис. 2, а), *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Buxus sempervirens* L., *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex A.Blytt., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. (рис. 2б), *Caragana arborescens* Lam., *Physocarpus opulifolius* Maxim., *Carpinus betulus* L.



а

ППСПМ «Новоставський дендропарк»



б

КПП «Висоцький дендропарк»



в

КПП «Сарненський дендропарк»

Рис. 1. Формовані бордюри (фото автора)



а

ППСПМ «Слов'янський»



б

ППСПМ «Байрак»



в

ППСПМ «Дубечне»

Рис. 2. Формовані живоплоти (фото автора)

**1. Елементи топіарного мистецтва парків-пам'яток садово-паркового мистецтва та комплексних пам'яток природи Українського Полісся**

Вид, гібрид, культивар	Життєва форма	Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва							Комплексні пам'ятки природи					
		Дубечне	Байрак	Слов'янський	Овруцький	Жорнівський	Клеванський парк	Парк Антонівка	Новоставський дендропарк	Городнянський	Трипутьянський парк	Рокитнівський дендропарк	Сарненський дендропарк	Висоцький дендропарк
<b>Бордюри</b>														
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Д <sub>4</sub>	+	+				+	+		+			+	+
<i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.													+	
<b>Власне живоплоти</b>														
<i>Juniperus sabina</i> L.	К <sub>ср</sub>		+	+									+	
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Д <sub>1</sub>	+					+					+		+
<i>Chamaecyparis pisifera</i> Sieb. Zuss.	Д <sub>1</sub>						+							
<i>Picea abies</i> Karst.	Д <sub>1</sub>							+		+	+	+	+	
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Д <sub>4</sub>	+						+						
<i>Caragana arborescens</i> Lam.	К <sub>вис</sub>	+					+							
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	К <sub>вис</sub>	+		+									+	
<i>Forsythia intermedia</i> 'Spectabilis'	К <sub>ср</sub>		+											
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	Д <sub>1</sub>				+									
<i>Quercus rubra</i> L.	Д <sub>1</sub>	+												
<i>Carpinus betulus</i> L.	Д <sub>2</sub>	+											+	
<i>Cornus sanguinea</i> L.	К <sub>вис</sub>		+											
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A.Br.	К <sub>вис</sub>		+										+	
<i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.	К <sub>ср</sub>		+										+	+
<i>Cotoneaster melanocarpus</i> Fisch. ex A.Blytt	К <sub>ср</sub>					+								
<i>Rosa rugosa</i> Thunb.	К <sub>ср</sub>		+											
<i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl.	К <sub>ср</sub>		+											
<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott	К <sub>ср</sub>												+	
<i>Physocarpus opulifolius</i> Maxim.	К <sub>вис</sub>	+	+						+					+
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	Д <sub>1</sub>				+									
<i>Acer tataricum</i> L.	Д <sub>4</sub>												+	
<b>Живі стіни</b>														
<i>Picea abies</i> Karst.	Д <sub>1</sub>									+				
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Д <sub>1</sub>							+						
<i>Thuja occidentalis</i> 'Columna'	Д <sub>4</sub>													+
<i>Amelanchier ovalis</i> Medic.	К <sub>вис</sub>		+											

Вид, гібрид, культивар	Життєва форма	Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва							Комплексні пам'ятки природи					
		Дубечне	Байрак	Слов'янський	Овруцький	Жорнівський	Клеванський парк	Парк Антонівка	Новоставський дендропарк	Городнянський	Трипунтянський парк	Рокинівський дендропарк	Сарненський дендропарк	Висоцький дендропарк
Формовані рослини														
<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr	Д <sub>1</sub>											+		
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Д <sub>1</sub>							+		+	+	+	+	
<i>Thuja occidentalis</i> 'Ericoides'	К <sub>ср</sub>									+				
<i>Juniperus sabina</i> L.	К <sub>ср</sub>		+							+				
<i>Taxus baccata</i> L.	Д <sub>3</sub>									+				
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Д <sub>4</sub>							+						
<i>Magnolia denudate</i> Desr.												+		
Пілони														
<i>Thuja occidentalis</i> L.	Д <sub>1</sub>									+	+			
<i>Buxus sempervirens</i> L.	Д <sub>4</sub>												+	

Траплялись формовані комбіновані живоплоти, які створені із декількох видів деревних рослин заввишки від 0,5 до 0,7 м, а саме: *Thuja occidentalis* L.+*Quercus rubra* L.+*Caragana arborescens* Lam., *Thuja occidentalis* L.+*Ligustrum vulgare* L. (ППСПМ «Дубечне»), *Cotoneaster lucidus* Schlecht.+*Acer tataricum* L. (КПП «Сарненський дендропарк»). Формовані живоплоти створені для розмежування функціональних зон парків та обмежування ґрунтових доріжок або доріжок із твердим покриттям. Живоплоти є важливим середовищем існування для дикої природи. Тверде покриття, що розташоване біля живоплотів, впливає на їхню структуру, кількість і різноманітність видів рослин і безхребетних (Gosling et al., 2016).

Вільнорослі високі живоплоти з *Sorbaria sorbifolia* (L.)A.Br. (ППСПМ

«Байрак») та з *Physocarpus opulifolius* Maxim. (ППСПМ Городнянський», КПП «Більський дендропарк») використовують у парках для облямування великих галявин і плавного переходу до відкритих просторів (рис. 3, а, б, в), а також для встановлення напрямку руху відвідувачів уздовж прогулянкових доріжок у КПП «Більський дендропарк» та у ППСПМ «Байрак» (вільнорослий живопліт із *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Forsythia intermedia* 'Densiflora').

Низькі вільнорослі живоплоти застосовують для розмежування ділянок парків. У КПП «Сарненський дендропарк» вільнорослим живоплотом із *Juniperus sabina* L. розмежовано вхідну частину та колекційні ділянки. Для величності й підвищення естетичності вздовж сходів, що ведуть до пам'ятника Т. Г. Шевченку у ППСПМ «Слов'янський», також вико-



*а*  
ППСПМ  
«Городнянський»

*б*  
ППСПМ «Байрак»

*в*  
КПП «Більський  
дендропарк»

**Рис. 3.** Вільнорослі живоплоти (фото автора)



*а*  
ППСПМ «Клеванський  
парк»

*б*  
ППСПМ «Слов'янський»

*в*  
ППСПМ «Парк  
Антонівка»

**Рис. 4.** Формовані та вільнорослі живоплоти (фото автора)

ристано вільнорослий низький живопліт із *Juniperus sabina* L. (рис. 4, б). Вільнорослі з *Chamaecyparis pisifera* Sieb. Zuss., *Thuja occidentalis* L. та формовані з *Thuja occidentalis* L., *Vuxus sempervirens* L. живоплоти застосовують для облямування пам'ятних місць (ППСПМ «Клеванський» і ППСПМ «Парк Антонівка») (рис. 4, а, в).

Живі стіни трапляються переважно вільнорослі у ППСПМ «Байрак» (з

*Amelanchier ovalis* Medic. для облямування галявини) (рис. 5, а), «Новоставський парк» (із *Thuja occidentalis* L. з метою розмежування території парку) (рис. 5, б) та КПП «Висоцький дендропарк» (*Thuja occidentalis* 'Columna' для влаштування захисту та розмежування парку) (рис. 5, в), «Трипутнянський дендропарк» (формована жива стіна з *Picea abies* Karst. – розмежування території парку).



*а*  
ППСПМ «Байрак»

*б*  
ППСПМ «Новоставський  
дендропарк»

*в*  
КПП «Висоцький  
дендропарк»

**Рис. 5.** Вільнорослі живі стіни (фото автора)



а  
КПП «Рокитнівський дендропарк»

б  
КПП «Сарненський дендропарк»

в  
КПП «Трипутнянський парк»

Рис. 6. Формовані рослини та пілони (фото автора)

Формовані рослини з *Thuja occidentalis* L. у вигляді простих (кулі, куба, піраміди, конуса) та складних геометричних фігур (рис. 6, а) виявлено біля садиб трьох КПП – «Рокитнівський дендропарк», «Сарненський дендропарк», «Трипутнянський парк». У КПП «Сарненський дендропарк» у вигляді кулі сформовано *Magnolia denudata* Desr., а у вигляді «тортику» – *Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr. (рис. 6, б). У бордюрах *Buxus sempervirens* L. сформовані пілони із *Thuja occidentalis* L. у вигляді піраміди, кулі (з метою урізноманітнення і зменшення монотонності) (рис. 6, в; садиба КПП «Трипутнянський парк») та із *Buxus sempervirens* L. у вигляді куба та кулі (садиба КПП «Висоцький дендропарк»).

Застосовуючи формовані бордюри або власне живоплоти з метою створення відкритих просторів, можна забезпечити напрямок візуального руху парком і змусити відвідувача сприймати парк більшим, ніж він є. Відкрита територія може візуально наближати віддалені елементи топіарного мистецтва, якщо немає високих об'єктів, що перебивають

огляд з одного кінця в інший. Прикладом є партер у КПП «Трипутнянський парк», що облямований бордюром, який визначає простір (рис. 6, в). Сприйняття відкритості залежить від зросту глядачів. Невисока людина облямування з низьких та середніх живоплотів сприймає як більш замкнений простір, ніж висока людина (Göller, 2015).

Систематична структура деревних рослин в елементах топіарного мистецтва представлена 12 родинами, 24 родами, 24 видами, трьома культиварами. Переважають види деревних рослин відділу *Magnoliophyta*, зокрема родина *Rosaceae* Juss. (34,3 %), яка представлена восьми видами (33,3 %) (табл. 2). До них належать: *Amelanchier ovalis* Medic., *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex A.Blytt., *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott., *Sorbaria sorbifolia* (L.)A.Br., *Chaenomeles japonica* (Thunb.)Lindl., *Rosa rugosa* Thunb., *Physocarpus opulifolius* Maxim.

Оцінивши стан деревних рослин в елементах топіарного мистецтва, виявлено, що стан 24 видів і трьох культиварів – добрий (рис. 7, а), окрім деревних

**2. Систематична структура деревних рослин елементів топіарного мистецтва ППСМ і КПП Українського Полісся**

Родина	Рід		Вид		Гібрид культивар	ППСПМ/ КПП
	кількість	%	кількість	%	кількість	
<i>Cupresaceae</i> Rich. Ex Bartl	3	12,5	3	12,5	2	4/4
<i>Pinaceae</i> Lindl.	2	8,3	2	8,3	-	1/4
<i>Taxaceae</i> S.F.Gra	1	4,1	1	4,2	-	-/1
<i>Fabaceae</i> Lindl	1	4,1	1	4,2	-	2/-
<i>Fagaceae</i> A.B.R.	1	4,1	1	4,2	-	1/-
<i>Betulaceae</i> S.F. Gray	1	4,1	1	4,2	-	1/1
<i>Oleaceae</i> Lindl.	3	12,5	2	8,3	1	4/1
<i>Cornaceae</i> Link	1	4,3	1	4,2	-	1/-
<i>Rosaceae</i> Juss	7	34,3	8	33,3	-	4/1
<i>Sapindaceae</i> Juss.	2	8,3	2	8,3	-	1/1
<i>Magnoliaceae</i> Juss.	1	4,1	1	4,2	-	-/1
<i>Buxaceae</i> Dumort.	1	4,1	1	4,2	-	4/3
Разом	24	100	24	100	3	

рослин, де не проводили своєчасний та правильний догляд (формування поздовжнього і поперечного профілів, щорічне обрізання та стриження) (рис. 7, б, в). Деякі рослини потребують заміни, оскільки втратили естетичність через вік. Важливою умовою доброго стану рослин в елементах топіарного мистецтва є достатнє освітлення. Древа в умовах високої освітленості мають більш естетичний вигляд (Carrillo-Angeles et al., 2018).

Серед досліджених видів деревних рослин в елементах топіарного мистецтва ППСМ і КПП переважають ті, що

перебувають під охороною ЧС МСОП (58 %). Вони належать до двох категорій раритетності: NT (види, близькі до загрозливого стану) – один вид (4 %), LC (під невеликою загрозою) – 13 видів (54 %) (рис. 8).

Розподіл видів деревних рослин за висотою показав, що в елементах топіарного мистецтва дерева і кущі представлені майже однаковою кількістю. Серед них переважають дерева першої величини ( $D_1$ ) (25 м і більше) – 26 %, кущі середні ( $K_{cp}$ ) (1–2,5 м) – 29 %, де ще менше дерев четвертої величини ( $D_4$ ) (5(7)–15 м) та кущів високих ( $K_{вис}$ ) (2,5–



**Рис. 7.** Стан елементів топіарного мистецтва



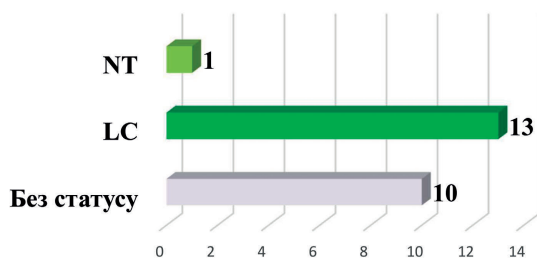


Рис. 8. Кількість видів деревних рослин в елементах топіарного мистецтва ППСМ, КПП Українського Полісся, занесених до ЧС МСОП



Рис. 9. Розподіл дерев та чагарників за висотою в елементах топіарного мистецтва

5,0 м), що відповідно становлять 15 та 22 % (рис. 9).

**Висновки і перспективи.** П'ять елементів (бордюри, власне живоплоти (низькі, середні, високі), живі стіни, формовані рослини (куля, піраміда, конус, куб, складні геометричні фігури), пілони) топіарного мистецтва виявлено у дев'яти ППСМ і п'яти КПП Українського Полісся. Найбільш поширеними є формовані бордюри з *Buxus sempervirens* L., власне живоплоти, формовані з *Picea abies* Karst., *Thuja occidentalis* L., вільнорослі з *Juniperus sabina* L., *Physocarpus opulifolius* Maxim., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Br., пілони та формовані рослини у вигляді кулі, куба, складних геометричних фігур із *Thuja occidentalis* L. Живоплоти мають як екологічне, так і культурне значення у парках.

Систематична структура деревних рослин в елементах топіарного мистецтва представлена 12 родинами, 24 родами, 24 видами, трьома культиварами. Переважають види деревних рослин відділу *Magnoliophyta*, зокрема родина *Rosaceae* Juss.

В елементах топіарного мистецтва ППСМ і КПП переважають види, що перебувають під охороною ЧС МСОП (58 %), що належать до двох категорій раритетності – NT (4 %) і LC (54 %). За висотою деревних рослин в елементах топіарного мистецтва дерева і чагарники представлені однаковою кількістю. Серед деревних рослин за висотою переважають дерева першої величини (26 %) і кущі середні (29 %), дещо менше дерев четвертої величини (15 %) і кущів високих (22 %).

Список літератури

- Blanusa T., Garratt V., Cathcart-James M., Hunt L., & Cameron R. W. F. (2019). Urban hedges: A review of plant species and cultivars for ecosystem service delivery in north-west Europe. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 12–15. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126391>
- Carrillo-Angeles, I. G., Queijeiro-Bolaños, M. E., Malda-Barrera, G. X., & Suzán-Azpiri, H. (2018). Aesthetic growth of a native tree species with desirable characteristics for urban green areas in arid and semiarid environments. *Urban Forestry & Urban Greening*, 33, 12–15. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.05.001>
- Dzyba, A. A. (2020). Formation and transformation of man-made complex natural monuments from the second half of XX century in Ukrainian Polissia. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 66–78 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/forest2020.01.004>
- Göller, C. (2015). A spatial analysis of three Italian renaissance gardens: a field study of Villa Gamberaia, Villa Lante and Villa Medici at Fiesole. *First cycle, G2E*. Alnarp: SLU, Department of Landscape Architecture, Planning and Management. Available at [https://stud.epsilon.slu.se/8712/11/goller\\_c\\_160225.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/8712/11/goller_c_160225.pdf)
- Gosling, L., Sparks, T., Araya, Y., Harvey, M. & Ansine, J. (2016). Differences between urban and rural hedges in England revealed by a citizen science project. *BMC Ecology*, 16 (1): S15, 46–55. <https://doi.org/10.1186/s12898-016-0064-1>
- IUCN 2020. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2020-3. Available at <https://www.iucnredlist.org>.
- Kalinichenko, O. A. (2003). *Decorative dendrology*. Kyiv: Higher School [in Ukrainian].
- Kokhno, M. A., Hordiienko, V. I., Zakharenko, H. S., Kolesnichenko, O. M., Kuznetsov, S. I., Lohhinov, V. B., & Chupryna, P. Y. (2001). *The dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Gymnospermae*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
- Petrianyna, L. N., Viktorova, O. L., & Razzhyvin, V. M. (2015). *Urban studies and ecology of urban areas*. Penza: PGUAS [in Russian].
- Pondichie, F.-A. (2012). Globalization Elements in Romanian Cities: Searching for Sustainable Solutions, MA Thesis, Department of Earth Sciences, University of Uppsala. Available at <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:560790/FULLTEXT01.pdf>.
- Římanova, M. (2010). Research: towards socially attractive city squares. *M.sc, Wageningen University and Research Centre*. Available at <https://edepot.wur.nl/159088>.
- Ruemler, E. (2004). Aesthetics and Practice of Topiary Art. *Acta Horticulturae*, 643, 79–87. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.643.9>
- Sevik, H., & Cetin, M. (2016). Evaluation of Topiary Applications and Problems: A Case Study of Kastamonu. *International Journal of Multidisciplinary Thought*, 05 (05), 45–50.
- Solonenko, O. V., & Vatamaniuk, V. I. (2016). Classification of topiary forms in Landscape Gardening construction. *Agriculture and forestry*, 3, 200–208 [in Ukrainian].
- State Committee of Construction, Architecture and Housing Policy of Ukraine. (2014). *Instruction on inventory of green spaces in settlements of Ukraine*. 18 p. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0182-02> [in Ukrainian].
- Topylko, S., Lysenko, O., & Rapiy, O. (2015). Topiary Gardens in Modern Landscape Architecture. *Modern Directions of Theoretical and Applied Researches '2015*. Available at <http://www.sworld.education/index.php/ru/conference/the-content-of-conferences/archives-of-individual-conferences/march-2015> [in Ukrainian].
- WFO. (2020). World Flora Online. Published on the Internet. Available at <http://www.world-floraonline.org>.
- Zimmermann, A. (2015). *Planning Landscape: Dimensions, Elements, Typologies*. Basel: Birkhauser.

**Dzyba, A. A. (2020). Elements of topiary art of reserved man-made parks of the second half of the XX century. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 80–90. <https://doi.org/10.31548/forest2020.04.008>**

*Elements of topiary art were studied in eleven park-monuments of landscape art (PMLA) and five complex monuments of nature (CMN), created in the second half of the twentieth century. To*

the elements of topiary art belong: shaped plants, plant-borders, hedges, living walls, pylons, berso, bosquets, and parterres. In PMsLA "Bondaretsky" and "Vysokivsky" were found no elements of topiary art. In nine PMsLA and five CMsN of Ukrainian Polissya were present five elements of topiary art (plant-borders, hedges (low, medium, high), living walls, pylons and shaped plants (ball, pyramid, cone, cube, complex geometric figures). The most common are plant-borders formed from *Buxus sempervirens* L., trimmed hedges from *Picea abies* Karst. and *Thuja occidentalis* L., untrimmed hedges from *Juniperus sabina* L., *Physocarpus opulifolius* Maxim., and *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Br., pylons and shaped plants in the form of a sphere, cube, complex geometric shapes – from *Thuja occidentalis* L.

12 families, 24 genera, 24 species, and 3 cultivars represent the systematic structure of woody plants in the elements of topiary art. Deciduous species of woody plants, namely the family Rosaceae Juss, prevail. In the elements of topiary art of PMLA and CMN there are species that are protected by the IUCN Red List (58 %), belonging to two categories of rarity NT (4 %), LC (54 %). In terms of the height of woody plants in the elements of topiary art, trees and shrubs are represented in equal numbers. By height, among tree plants prevail trees of the first magnitude 26 % and medium bushes 29 %, whereas there are slightly fewer trees of the fourth magnitude (15 %) and high bushes (22 %).

The condition of woody plants of 24 species and three cultivars is good, except for woody plants where timely and proper care was not carried out (formation of longitudinal and transverse profiles and annual pruning). Some plants should be replaced because of loss of aesthetics due to age.

**Keywords:** species of woody plants, parks, condition, rare, hedges.

---

Отримано: 2020-11-05

---

---

## ДО УВАГИ АВТОРІВ!

---

---

До розгляду приймаються наукові статті обсягом **10–20 сторінок тексту** без врахування бібліографічних посилань і анотації англійською або українською мовою (залежно від мови статті). Формат паперу – А4, орієнтація – книжкова, поля з усіх сторін – 20 мм, міжрядковий інтервал – 1,5, кегль шрифту – 14, гарнітура – Times New Roman, абзац – 1 см (лише для основного тексту статті і анотацій).

### Структура наукової статті:

- **УДК** (вирівнювання по лівому краю, шрифт – звичайний);
  - **назва статті** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери);
  - **ініціали та прізвище авторів** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний); **науковий ступінь і вчене звання, ідентифікатор ORCID, електронна адреса авторів, місце їхньої роботи** (вирівнювання по центру, шрифт – курсив), кожен співавтор з нового рядка; студенти і аспіранти додатково вказують наукового керівника в кінці першої сторінки статті у вигляді виноски;
  - **анотація** українською (англійською) мовою (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1). Обсяг анотацій українською і англійською мовами повинен бути **не менше 1800 знаків**;
  - **ключові слова** (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1) – словосполучення (слова), що використовуються для пошуку статті в електронних базах, жодне з них не дублює слова з назви статті;
  - **текст наукової статті** із зазначенням наступних елементів:
    - **Актуальність** – висвітлюється важливість дослідження, існуючі проблеми та напрями їх вирішення в контексті поставлених наукових завдань із зазначенням ще не вирішених аспектів питання.
    - **Аналіз останніх досліджень та публікацій**. Подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті. В кінці цього розділу стисло формулюється основне завдання наукового дослідження у вигляді **Меті** або **гіпотези статті**.
    - **Матеріали і методи дослідження** – детально описується схема дослідження, умови і місце проведення досліду, основні методи і методики дослідження тощо.
    - **Результати дослідження та їх обговорення** – зазначаються отримані результати дослідження та їх аналіз із наведеним порівнянням щодо відомих фактів (бажано за останні 5 років).
    - **Висновки і перспективи** – необхідно представити конкретні результати аналізу та перспективи подальших досліджень.
    - **Подяки** (якщо необхідні!) подаються після висновків перед бібліографічними посиланнями.
  - **список літератури** подається у кінці наукової статті у порядку згадування або у алфавітному порядку, **без нумерації** (кегль шрифту – 14, міжрядковий інтервал – 1). Список літератури повинен містити **не менше 10 літературних джерел** і формується за вимогами **APA 7th Edition**. Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Laurel, 1994), ..., шість і більше авторів – (Jones et al., 1978). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланням <http://nbuv.gov.ua/node/929> або за прикладами на сайті журналу.
- Всі літературні джерела потрібно наводити **англійською мовою** і не менше трьох із них повинні мати **ідентифікатор DOI**. **Транслітерація** допускається лише прізвищ авторів, видавництва і географічних назв.
- **ініціали і прізвища авторів, тема, анотація та ключові слова**, які надаються **англійською** (українською) **мовою**.