

ISSN 2664-4452
2019 | 10 (4)



Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE

Науковий журнал. Vol. 10, No 4, 2019
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ

Редакційна колегія

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

П. І. Лакіда, д. с.-г. н., проф.,
чл.-кор. НААН України

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА

А. М. Білоус, д. с.-г. н., с. н. с.
В. В. Мирюнюк, к. с.-г. н., доц.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

В. І. Мельник, к. с.-г. н.

ЗАСТУПНИК ВІДПОВІДАЛЬНОГО СЕКРЕТАРЯ

В. І. Близник, к. с.-г. н.

ЧЛЕНИ КОЛЕГІЇ

205 – Лісове господарство

Р. Д. Василюшин, д. с.-г. н., доц.
С. В. Зібцев, д. с.-г. н., проф.
Флоріан Кракснер, Ph.D. (Австрія)
С. Б. Ковалевський, д. с.-г. н., проф.
І. П. Лакіда, к. с.-г. н., доц.
А. З. Швиденко, д. с.-г. н., проф. (Австрія)

206 – Садово-паркове господарство

О. В. Колесніченко, д. б. н., доц.
Н. О. Олексійченко, д. с.-г. н., проф.
С. Ю. Попович, д. б. н., проф.
М. І. Сорока, д. б. н., проф.

187 – Деревообробні та меблеві технології

П. А. Бехта, д. техн. н., проф.
А. М. Єрошенко, к. техн. н., доц.
О. О. Пінчевська, д. техн. н., проф.
Олександр Саленікович, Ph.D. (Канада)
Ю. В. Цапко, д. техн. н., с. н. с.
М. Г. Чаусов, д. техн. н., проф.

EDITOR-IN-CHIEF

Petro Lakyda,
Dr. Sci., Prof.

DEPUTY CHIEF EDITORS

Andrii Bilous, Dr. Sci., Prof.
Viktor Myroniuk, Ph.D., Assoc. Prof.

EXECUTIVE SECRETARY

Viktoriia Melnyk, Ph.D.

DEPUTY EXECUTIVE SECRETARY

Volodymyr Blyshchyk, Ph.D.

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Forestry

Roman Vasylyshyn, Dr. Sci., Assoc. Prof.
Sergiy Zibtsev, Dr. Sci., Prof.
Florian Kraxner, Ph.D.
Sergii Kovalevsky, Dr. Sci., Prof.
Ivan Lakyda, Ph.D., Assoc. Prof.
Anatoly Shvidenko, Dr. Sci., Prof.

Landscape-Park Management

Olena Kolesnichenko, Dr. Sci., Assoc. Prof.
Nadiia Oleksiichenko, Dr. Sci., Prof.
Sergii Popovych, Dr. Sci., Prof.
Myroslava Soroka, Dr. Sci., Prof.

Wood Processing and Furniture Technologies

Pavlo Bekhta, Dr. Sci., Prof.
Andriy Yeroshenko, Ph.D., Assoc. Prof.
Olena Pinchevska, Dr. Sci., Prof.
Alexander Salenikovich, Ph.D.
Yuriy Tsapko, Dr. Sci., Prof.
Mykola Chausov, 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 26.11.2019 р.

Свідцтво про державну реєстрацію КВ №23989-13829ПР від 19.06.2019 р.

Науковий редактор – Пазюк О.Г.

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

Підписано до друку 04.12.2019 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний.

Папір офсетний. Ум. друк. арк. 9.02. Зам. № 1221.

Віддруковано у ТОВ «КОМПРИНТ»

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

CONTENTS

FORESTRY

Bala O. P., Lakyda I. P.

MODELING MEAN HEIGHT GROWTH OF MODAL HARDWOOD
BROADLEAVED STANDS IN UKRAINE.....4

Bilous A. M., Bilous M. M.

MODELING GROWTH OF BIRCH STANDS IN UKRAINIAN POLISSIA.....17

Bilous S. Yu., Oliynyk O. O., Klyuvadenko A. A.

OBTAINING ASEPTIC CULTURE OF *EUCOMMIA ULMOIDES* OLIVER.....26

Boyko H. O.

INFLUENCE OF AUTOMICOBIOTA ON QUALITATIVE AND QUANTITATIVE
INDICATORS OF SCOTS PINE SEEDS UNDER *IN VITRO* CONDITIONS.....34

Girs O. A., Kaganiak Yu. Y., Pasternak V. P.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF STANDARDS FOR ASSESSING
THE COMMODITY STRUCTURE OF OVERMATURE TWO-LAYER BEECH
FOREST STANDS.....43

Koren V. A., Soshenskyi O. M., Gumeniuk V. V.

FUEL LOAD IN SCOTS PINE STANDS OF WESTERN POLISSYA
OF UKRAINE53

Raspopina S. P., Vedmid M. M., Bila Yu. M., Horoshko V. V.

THE STATE AND MAIN PROBLEMS OF AFFORESTATION IN UKRAINE64

Chornobrov O. Yu., Shytova O. E., Bilous S. Yu.

EFFECT OF NUTRIENT MEDIA COMPONENTS ON REGENERATION ABILITY
OF PLANT TISSUES CULTURE *METASEQUOIA GLYPTOSTROBOIDES* HU &
CHENG *IN VITRO*.....73

LANDSCAPE-PARK MANAGEMENT

Dzyba A. A., Ostrovska V. A., Havryliuk M. P.

RARE SPECIES OF WOODY PLANTS OF *PINOPHYTA* DIVISION IN BEREZNE
DENDROLOGICAL PARK (TAXONOMIC COMPOSITION, STATE, ECOLOGICAL
AND BIOMORPHOLOGICAL STRUCTURES).....81

Strashok O. Yu., Kolesnichenko O. V., Krivova D. Yu., Leshchenko Yu. V.

ASSESSMENT OF THE LAWN QUALITY IN THE GARDEN OF BUILDING
OF THE CABINET OF MINISTERS OF UKRAINE92

WOOD PROCESSING AND FURNITURE TECHNOLOGIES

Marchenko N. V., Novytskyi S. V., Mazurchuk S. N.

CONSTRUCTIONAL LUMBER FROM WOOD OF PINE DEAD TREES..... 103

ЗМІСТ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Бала О. П., Лакида І. П. МОДЕЛЮВАННЯ ХОДУ РОСТУ ЗА СЕРЕДНЬОЮ ВИСОТОЮ МОДАЛЬНИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ТВЕРДОЛИСТЯНИХ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ УКРАЇНИ	4
Білоус А. М., Білоус М. М. МОДЕЛЮВАННЯ РОСТУ БЕРЕЗОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ	17
Білоус С. Ю., Олійник О. О., Ключадаєнко А. А. ОТРИМАННЯ АСЕПТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ <i>EUCOMMIA ULMOIDES</i> OLIVER	26
Бойко Г. О. ВПЛИВ АУТОМІКОБІОТИ НА КІЛЬКІСНІ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ НАСІННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ <i>IN VITRO</i>	34
Гірс О. А., Каганяк Ю. Й., Пастернак В. П. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ НОРМАТИВІВ ОЦІНКИ ТОВАРНОЇ СТРУКТУРИ ПЕРЕСТІЙНИХ ДВОХ'ЯРУСНИХ БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ	43
Корень В. А., Сошенський О. М., Гуменюк В. В. ПРОВІДНИКИ ГОРІННЯ НИЗОВИХ ПОЖЕЖ У СОСНОВИХ ЛІСОСТАНАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ	53
Распопіна С. П., Ведмідь М. М., Біла Ю. М., Горошко В. В. СТАН ТА ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ЛІСОРОЗВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ	64
Чорнобров О. Ю., Шитова О. Е., Білоус С. Ю. ДІЯ КОМПОНЕНТІВ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА НА РЕГЕНЕРАЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ ТКАНИН РОСЛИН <i>METASEQUOIA GLYPTOSTROBOIDES</i> HU & CHENG <i>IN VITRO</i>	73

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Дзиба А. А., Островська В. А., Гаврилюк М. П. РАРИТЕТНІ ВИДИ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ВІДДІЛУ <i>PINOPHYTA</i> БЕРЕЗНІВСЬКОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ (ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, СТАН, ЕКОЛОГІЧНА ТА БІОМОРФОЛОГІЧНА СТРУКТУРИ)	81
Страшок О. Ю., Колесніченко О. В., Кривова Д. Ю., Лещенко Ю. В. ОЦІНКА ЯКІСНОГО СТАНУ ГАЗОННОГО КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗУ НА ТЕРИТОРІЇ САДУ БУДИНКУ УРЯДУ УКРАЇНИ	92

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Марченко Н. В., Новицький С. В., Мазурчук С. М. ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ ІЗ СУХОСТІЙНИХ ДЕРЕВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ У ВИРОБНИЦТВІ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ	103
--	-----

МОДЕЛЮВАННЯ ХОДУ РОСТУ ЗА СЕРЕДНЬОЮ ВИСОТОЮ МОДАЛЬНИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ТВЕРДОЛИСТЯНИХ ДЕРЕВНИХ ВИДІВ УКРАЇНИ

О. П. БАЛА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0001-6538-8876

І. П. ЛАКИДА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0002-1565-8329

Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: bala@nubip.edu.ua

Розроблення динамічних бонітетних шкал є одним із основних етапів, що передують створенню таблиць ходу росту для модальних деревостанів. Тісна залежність середньої висоти деревостану від інших таксаційних показників потребує ретельного підходу до її моделювання і необхідності групування значного дослідного матеріалу з урахуванням біологічних особливостей росту окремих деревних видів. Метою проведених досліджень було встановлення особливостей росту за середньою висотою для основних твердолистяних деревних видів України та розроблення динамічних бонітетних шкал у розрізі порід і походження деревостанів. Для досягнення поставлених завдань було використано два джерела дослідних експериментальних даних: базу даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 1 січня 2011 р. з повидільною таксаційною характеристикою деревостанів у розрізі досліджуваних твердолистяних деревних видів; базу даних тимчасових пробних площ, закладених у різних регіонах України, з проведеним аналізом перебігу росту за висотою. Провівши моделювання відносних верхніх висот на основі даних модельних дерев, зібраних на пробних площах, виявлено, що для дубових, букових і ясеневих деревостанів значення отриманих математичних моделей у старшому віці (понад 100 років) значно перевищують фактичні дані, що може пояснюватися браком дослідних даних у старшому віці. Для усунення цієї проблеми поєднано вхідні дані з двох джерел, а саме результати дослідження ходу росту за висотою та середньозважені висоти для класів віку старших деревостанів (від 100 до 200 років), розраховані з даних бази повидільної таксаційної характеристики лісів у розрізі досліджуваних деревних видів та походження. У результаті моделювання було отримано моделі кривих-гід ходу росту твердолистяних деревних видів

для деревостанів насінневого та порослевого походження. Отримані динамічні бонітетні шкали було порівняно з чинними нормативами для визначення класів бонітету, що засвідчило відмінність у зростанні, а також деякі особливості росту за висотою окремих деревних видів, зокрема насаджень з участю граба звичайного та ясена звичайного.

Ключові слова: крива-гід, верхня висота, відносна висота, математичні моделі, модальні деревостани, походження деревостанів, динамічна бонітетна шкала.

Актуальність. Сучасне вирішення численних наукових і практичних завдань лісового господарства потребує складання нових та удосконалення чинних лісотаксаційних нормативів, з-поміж яких одними з найважливіших є таблиці ходу росту насаджень. Дані останніх широко використовують для таксаційного опису насаджень, а саме визначення абсолютної та відносної повноти, запасу, розміру користування, закономірностей росту за певними таксаційними ознаками, призначення господарських заходів, оцінювання біологічної продуктивності, різних екосистемних послуг лісів та ін. (Hensiruk, 2007). Розрізняють таблиці ходу росту нормальних, оптимальних і модальних насаджень. На відміну від таблиць ходу росту нормальних (повних, високоповнотних) і високопродуктивних оптимальних насаджень, таблиці ходу росту модальних насаджень відображають реальний стан лісів і мають широке застосування у проектуванні лісгосподарських заходів (Zahreev, 1978; Svalov, 1979). Під час розроблення нормативів оцінки продуктивності модальних деревостанів, створенню таблиць ходу росту передують побудова динамічних бонітетних шкал. Вивчення, описування та оцінювання динамічних процесів є складнішим

завданням, ніж встановлення звичайних статистичних залежностей між величинами, особливо якщо це стосується біологічних процесів росту. Моделювання динаміки таксаційних параметрів має враховувати біологічні особливості росту окремих деревних видів і регіон їх поширення (Zahreev, 1978).

Середня висота деревостану є одним із найважливіших таксаційних показників, з яким у тісній залежності перебувають майже всі інші таксаційні параметри деревостану (Anuchin, 1982). Спираючись на наведені аргументи та з метою групування і зменшення дисперсії дослідного матеріалу постала необхідність створити динамічні бонітетні шкали в розрізі походження деревостанів (насінневі та порослеві) для переважаючих твердолистяних деревних видів, а саме дуба звичайного (*Quercus robur L.*), бука лісового (*Fagus sylvatica L.*), ясена звичайного (*Fraxinus excelsior L.*) та граба звичайного (*Carpinus betulus L.*).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Детальний огляд та аналіз методів складання таблиць ходу росту та продуктивності насаджень провів М. М. Свалов (Svalov, 1979), проаналізувавши 12 різних методичних підходів і зазначивши їхні переваги та недоліки. Це дало змогу

розробити метод складання таблиць перебігу ходу, який враховує випадковий відбір вихідних даних, класифікацію насаджень за верхньою висотою і віком деревостанів, моделювання рівнів повноти та продуктивності деревостанів. За твердженням С. І. Миклуша (Myklush, 2011), у закордонних дослідженнях більшість таблиць ходу росту складено на базі масових матеріалів кругових пробних площ, які відображають умови зростання, стан насаджень та екологічну інформацію. Результати дослідження ходу росту на цих пробах узагальнено у кореляційних кривих росту насаджень за індексами бонітетів, що визначаються за домінантною висотою у базовому віці, як правило 50 років.

Основні методичні підходи складання таблиць ходу росту модальних насаджень запропонували В. С. Мойсєєв, О. Г. Мошкальов, І. А. Нахабцев (Moiseev, Moshkaliyov & Nakhabtsev, 1968), М. П. Анучін (Anuchin, 1982). У роботі останнього наголошено, що як основу складання таблиць ходу росту модальних деревостанів доцільно використати польовий дослідний матеріал, зібраний на виробництві, який охоплює масові спостереження в природі. Для створення таких таблиць потрібно використовувати середні значення основних таксаційних показників, що розраховані в результаті статистичного опрацювання та вирівняні з допомогою графічного або аналітичного методів.

В Україні останні дослідження складання таблиць ходу росту модальних деревостанів частково ґрунтувалися на використанні наявних трендів росту за висотою, зокрема у працях (Lakyda & Bala,

2012; Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012; Lakyda & Aleksiiuk, 2017; Lakyda & Atamanchuk, 2014; Lakyda & Volodymyrenko, 2008) дослідники використовували математичні моделі середньої висоти, розроблені на основі значного експериментального матеріалу у роботі (Strochinskiy, Shvidenko & Lakida, 1992). Проте ці моделі описують оптимальні, найбільш продуктивні деревостани і можуть відрізнятися від модальних. Дослідження росту за середньою висотою з використанням дослідного матеріалу, зібраного на пробних площах у дубових деревостанах, описано у працях (Kobets, 2015; Tkach, Golovach & Vedmid, 2013; Bala & Khan, 2016), у букових – у (Myklush, 2011; Vasylyshyn, 2016). Усі дослідники моделювали середні відносні висоти з різними базовими висотами та з використанням ростових функцій (зокрема функції Мітчерліха або її похідних).

Мета дослідження: встановлення особливостей росту за середньою висотою для основних твердолистяних деревних видів України та розроблення динамічних бонітетних шкал у розрізі порід і походження деревостанів.

Матеріали і методи дослідження. Для досягнення поставленої мети було використано два джерела дослідних експериментальних даних, а саме: базу даних ВО «Укрдержліспроєкт» станом на 1 січня 2011 р. з повидільною таксаційною характеристикою деревостанів у розрізі досліджуваних твердолистяних деревних видів; базу даних тимчасових пробних площ (ТПП), закладених у різних регіонах України, з проведеним аналізом ходу росту за висотою. Статистичне оброблення та моделювання залежностей проводили з використанням методів

регресійного аналізу, а саме функції нелінійної регресії статистичного пакета прикладних програм IBM SPSS Statistics. В основу цієї функції покладено знаходження коефіцієнтів рівняння незалежних змінних із використанням методу найменших квадратів. Для аналізу отриманих результатів та порівняння теоретичних і емпіричних даних застосовували графічний метод.

Результати дослідження та їх обговорення. Для отримання кривих-гід досліджуваних деревостанів за верхньою висотою для різних твердолистяних деревних видів використано дані аналізу ходу росту модельних дерев, зрубаних на тимчасових пробних площах, які мають найбільші (75 % і вище) ранги за діаметром. Такі дерева посідають панівне місце в наметі лісу та зазнають мінімального впливу внутрішньовидової та між-

видової конкуренції, на відміну від дерев середніх розмірів (Tsurik, 2008; Shvidenko, Shchepashchenko, Nilson & Bului, 2003; Yuditskii, 1982). Абсолютні висоти моделей було переведено у відносні, при цьому за базову було прийнято висоту у віці 40 років, оскільки значну частину дослідного матеріалу було отримано із середньовікових насаджень. Попередньо було сформовано набір дослідних даних пробних площ, закладених співробітниками кафедри таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України, які містили результати досліджень ходу росту модельних дерев за висотою, та розподілено їх за походженням. На рис. 1 подано динаміку відносних верхніх висот досліджуваних твердолистяних деревних видів та походження за даними модельних дерев тимчасових пробних площ.

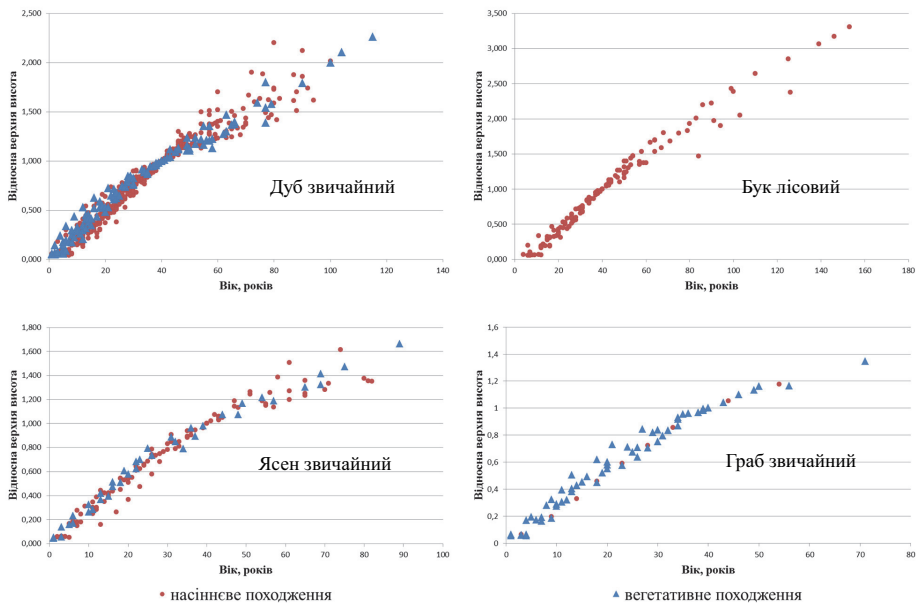


Рис. 1. Графічна інтерпретація даних ходу росту за верхньою відносною висотою модельних дерев на ТПП у розрізі деревних видів і походження

Пошук математичної моделі для опису особливостей росту за висотою засвідчив, що найкраще такі залежності описують відомі ростові функції, що використовували в багатьох попередніх дослідженнях (Lakyda & Bala, 2012; Hall & Clutter, 2004; Hall & Bailey, 2001; Buhayov & Pasternak, 2015; Kobets, 2015; Tkach, Golovach & Vedmid, 2013). Для моделювання залежності відносної верхньої висоти твердолистяних деревостанів від віку використано ростову функцію Мітчерліха (Kiviste, 1988), загальний вигляд якої наведено нижче:

$$y = c_1(1 - \exp(-c_0 \cdot x))^{c_2}, \quad (1)$$

де y – залежна змінна; x – незалежна змінна; c_0, c_1, c_2 – коефіцієнти регресії.

Криву-гід було отримано в результаті дослідження залежностей, що достовірно відображають закономірності зміни експериментальних даних, використовуючи ростову функцію (1), яка набула такого вигляду:

$$H_{ep} = [a_0 \cdot (1 - \exp(-a_1 \cdot A))^{a_2}] \cdot H_{40}^{6a_3}, \quad (2)$$

де H_{ep} – верхня висота деревостану, м; A – вік деревостану, років; a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти рівняння; $H_{40}^{6a_3}$ – середня висота деревостану в базовому віці.

Використана функція має дуже велику гнучкість і може описати різноманітні особливості ростових процесів деревостанів досліджуваних деревних видів. Застосування цієї функції також є зручним, оскільки завжди можна змінити значення висоти для будь-якого базового віку, поділивши коефіцієнт рівняння a_0 на значення рівняння у цьому віці.

Оскільки показник верхньої висоти має обмежене використання на

виробництві й під час лісовпорядкування, було виконано перехід від верхньої висоти до середньої. Для цього використано дані тимчасових пробних площ, на яких розраховували середню висоту деревостану та верхню висоту шляхом розрахунку середньої висоти. Під час досліджень було встановлено, що найкраще описує залежність середньої висоти від верхньої і віку таке рівняння:

$$H_{cp} = H_{ep} \cdot b_0 \cdot \exp(b_1/A), \quad (3)$$

де H_{cp} – середня висота деревостану; b_0, b_1 – коефіцієнти рівняння.

Провівши моделювання відносних верхніх висот на основі даних модельних дерев, зібраних на ТПП, було виявлено, що для дубових, букових та ясеневих деревостанів значення отриманих математичних моделей у старшому віці (100 років і старше) значно перевищують фактичні дані. За даними рис. 1 можна побачити брак експериментального матеріалу в цьому віці, зокрема, для дубових деревостанів старшими за 100 років є лише одне модельне дерево, у букових – два, ясеневі насадження обмежуються віком 90, а грабові – 70 років.

Для розв'язання цієї проблеми поєднано дані з двох джерел, а саме результати дослідження ходу росту за висотою та середньозважені висоти для класів віку старших деревостанів, розраховані з даних бази повидільної таксаційної характеристики лісів у розрізі досліджуваних деревних видів і походження. Враховуючи той факт, що при виборі модельних дерев на пробних площах має значення суб'єктивна роль дослідника, який прагне вивчити найкраще дерево, для модальних деревостанів є доцільним використати частину дослідних да-

них щодо наявного стану лісів. Для цього на основі повидільної бази даних розраховано середньозважені та вирівняні висоти для кожного класу віку, використовуючи ростову функцію (1), було отримано середні, а потім, за допомогою формули (3), переведено у верхні висоти модальних деревостанів у межах досліджуваних деревних видів і походження. Отримані значення у віці від 100 до 200 років було додано до вихідних даних

модельних дерев із тимчасових пробних площ.

Повторно змодельовавши ходу росту за відносною верхньою висотою твердолистяних деревних видів на основі оновлених вхідних даних, отримано криві-гід, графічне відображення яких за породами подано на рис. 2–5.

Із даних, наведених на рис. 2–5, можна зробити висновок, що в переважній більшості отримані матема-

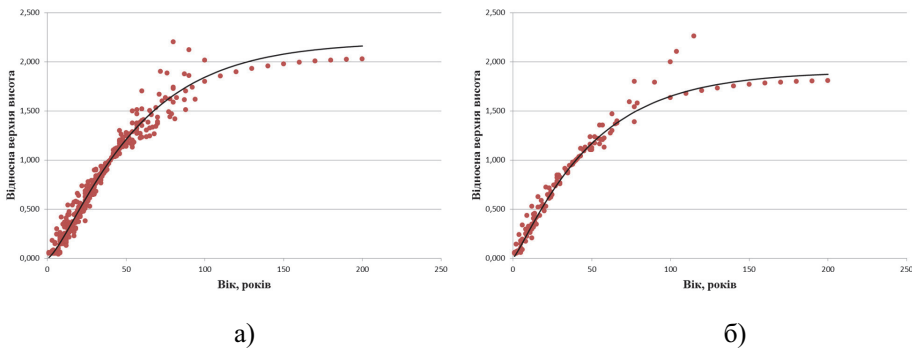


Рис. 2. Графічна інтерпретація математичної моделі кривої-гід дубових насаджень насіннєвого (а) та вегетативного (б) походження за верхньою відносною висотою (точки – емпіричні дані, лінія – математична модель)

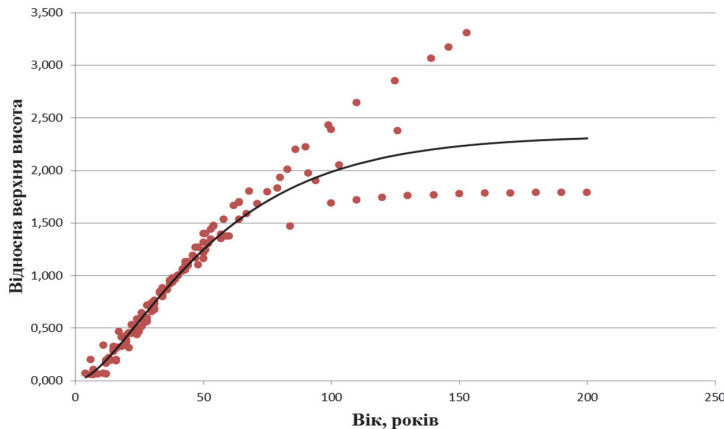


Рис. 3. Графічна інтерпретація математичної моделі кривої-гід букових насаджень насіннєвого походження за верхньою відносною висотою (точки – емпіричні дані, лінія – математична модель)

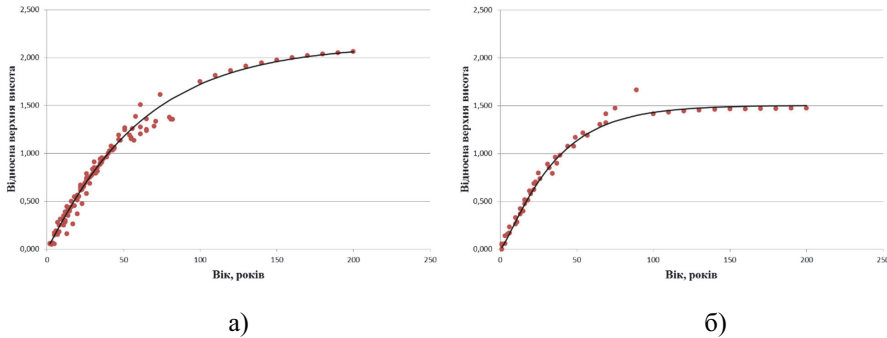


Рис. 4. Графічна інтерпретація математичної моделі кривої-гід ясеневих насаджень насіннєвого (а) та вегетативного (б) походження за верхньою відносною висотою (точки – емпіричні дані, лінія – математична модель)

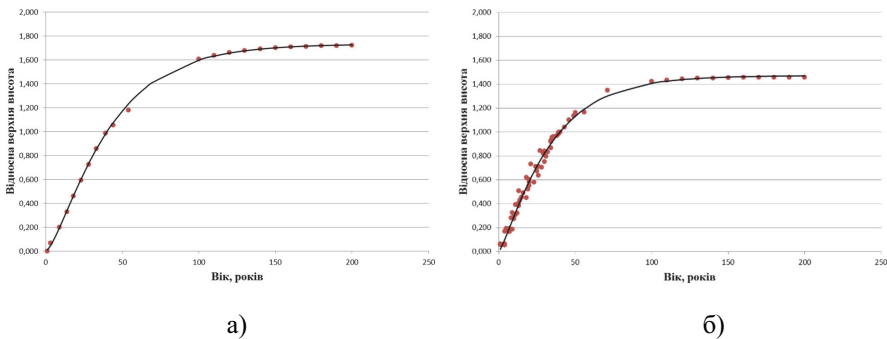


Рис. 5. Графічна інтерпретація математичної моделі кривої-гід грабових насаджень насіннєвого (а) та вегетативного (б) походження за верхньою відносною висотою (точки – емпіричні дані, лінія – математична модель)

тичні моделі точно описують перебіг росту досліджуваних деревостанів. Потрібно зауважити розбіжності у даних ходу росту модельних дерев на ТПП і середніх значеннях бази даних ПТХЛ для букових деревостанів, де результати обміру модельних дерев значно перевищують дані відносної верхньої висоти модальних деревостанів. Така розбіжність може бути зумовлена суб'єктивністю у відборі дослідниками кращих дерев на ТПП і проведеними господарськими заходами в букових деревостанах старшого віку, під час яких такі дерева були вибрані з насаджень.

Отже, для побудови динамічних бонітетних шкал для модальних деревостанів твердолистяних деревних видів запропоновано такі математичні моделі в розрізі походження:

– **для деревостанів насіннєвого походження:**

а) дуба звичайного

$$H_{cp} = 2,204 \cdot (1 - \exp(-0,021416 \cdot A))^{1,430} \cdot 0,945 \cdot \exp(-1,393/A) \cdot H_{40}^{0,623}$$

б) бука лісового

$$H_{cp} = 2,336 \cdot (1 - \exp(-0,024584 \cdot A))^{1,811} \cdot 0,951 \cdot \exp(-2,725/A) \cdot H_{40}^{0,623}$$

в) ясена звичайного

$$H_{cp} = 2,137 \cdot (1 - \exp(-0,017002 \cdot A))^{1,075} \cdot 0,967 \cdot \exp(-0,932/A) \cdot H_{40}^{0,623}$$

г) граба звичайного

$$H_{cp} = 1,732 \cdot (1 - \exp(-0,029330 \cdot A))^{1,484} \cdot 0,956 \cdot \exp(-1,365/A) \cdot H_{40}^{баз}$$

– для деревостанів вегетативно-походження:

а) дуба звичайного

$$H_{cp} = 1,901 \cdot (1 - \exp(-0,021810 \cdot A))^{1,187} \cdot 0,964 \cdot \exp(-2,280/A) \cdot H_{40}^{баз}$$

б) ясен звичайного

$$H_{cp} = 1,504 \cdot (1 - \exp(-0,032570 \cdot A))^{1,287} \cdot 0,961 \cdot \exp(-0,307/A) \cdot H_{40}^{баз}$$

в) граба звичайного

$$H_{cp} = 1,471 \cdot (1 - \exp(-0,033615 \cdot A))^{1,278} \cdot 0,904 \cdot \exp(1,516/A) \cdot H_{40}^{баз}$$

Для суміщення динамічної бонітетної шкали із чинними нормативами здійснено приведення базового віку середніх висот до 100 років загальнобонітетної шкали (Handbook of forest mensuration, 2013). Для цього за допомогою розроблених моделей було пораховано відносні висоти для

зазначеного віку. Як простежується із наведених вище моделей, базовий вік деревостану залежить тільки від першого коефіцієнта рівняння. А отже, поділивши його на індекс відносної висоти у 100 років, отримаємо модель із базовою висотою у цьому віці.

На рис. 6 наведено висоти верхніх класів бонітету основних твердолистяних деревних видів і верхні значення середніх висот I, III і V класів бонітету за загальною бонітетною шкалою (Handbook of forest mensuration, 2013) для деревостанів насіннєвого походження.

Із даних, наведених на рис. 6, можна помітити, що для насіннєвих деревостанів у віці до 50–60 років спостерігаються найбільші відхилення динамічних бонітетних шкал від загальної бонітетної шкали. При цьому розбіжності притаманні як ок-

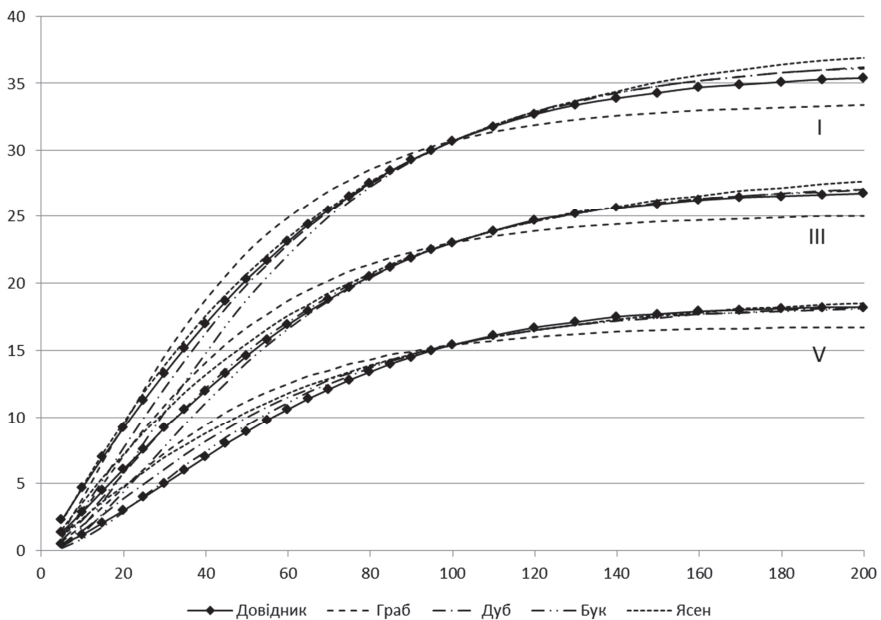


Рис. 6. Порівняння висоти верхніх меж основних класів бонітету для динамічних бонітетних шкал і загальної бонітетної шкали (Handbook of forest mensuration, 2013) для насіннєвих деревостанів

ремим деревним видам, так і класам бонітету. Зокрема, для низькобонітетних деревостанів усі динамічні шкали перевищують значення загальної бонітетної шкали. Зі збільшенням класу бонітету залежності змінюються, деякі деревні види залишаються вищими за загальну шкалу, а деякі, зокрема дуб і бук, навпаки, мають нижчі висоти. Для кращої візуалізації наведемо графіки відхилень висот розроблених динамічних бонітетних шкал від загальнобонітетної шкали в розрізі деревних видів та за класами бонітету (рис. 7).

Із даних рис. 7 можна побачити, що найбільші відхилення від наявної бонітетної шкали спостерігаються у грабових деревостанів, зокрема, до 100 років вони перевищують загальнобонітетну шкалу, а після – навпаки, є нижчими. Дубові деревостани є найбільш наближеними до чинної бонітетної шкали, розбіжності за ви-

сотою не перевищують 2 м, найменші відхилення спостерігаються для деревостанів III класу бонітету. Ріст букових деревостанів низького V класу бонітету відповідає чинним нормативам. Зі збільшенням продуктивності насаджень динамічні висоти є набагато нижчими, особливо до віку 40–50 років. Ріст у висоту модальних ясеневих деревостанів на всьому віковому проміжку перевищує загальнобонітетну шкалу, за незначним винятком V класу бонітету у віці 100–160 років. Аналогічне порівняння було здійснено для висот верхніх меж класів бонітету для деревостанів порослевого походження, графічну інтерпретацію якого наведено на рис. 8.

Із даних рис. 8 можемо побачити, що для дубових деревостанів значення висот розробленої динамічної шкали значно менші за аналогічні у чинних нормативах, причому в насадженнях із низькою продуктивністю різниця є

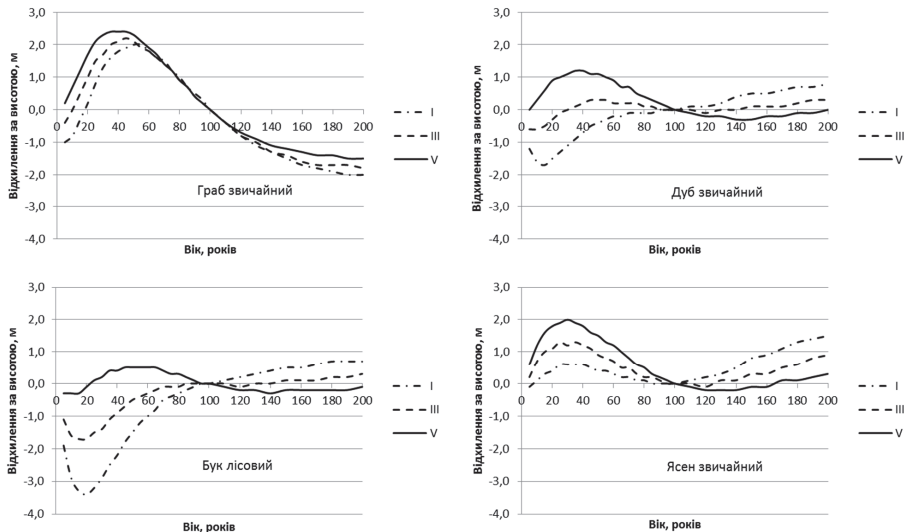


Рис. 7. Відхилення висоти верхньої межі класів бонітету динамічних бонітетних шкал від загальної бонітетної шкали за деревними видами насіннєвого походження

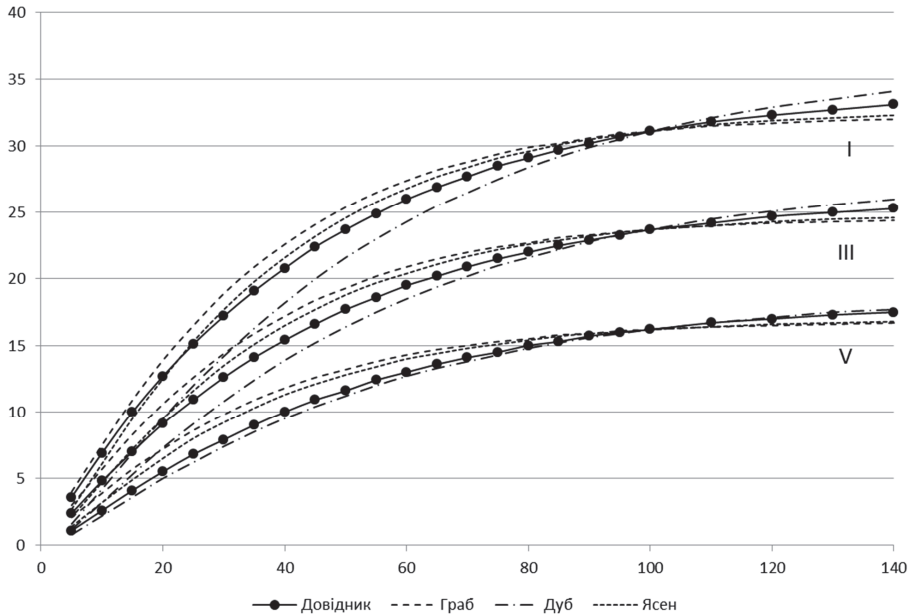


Рис. 8. Порівняння висоти верхніх меж основних класів бонітету для динамічних бонітетних шкал і загальної бонітетної шкали (Handbook of forest mensuration, 2013) для порослевих деревостанів

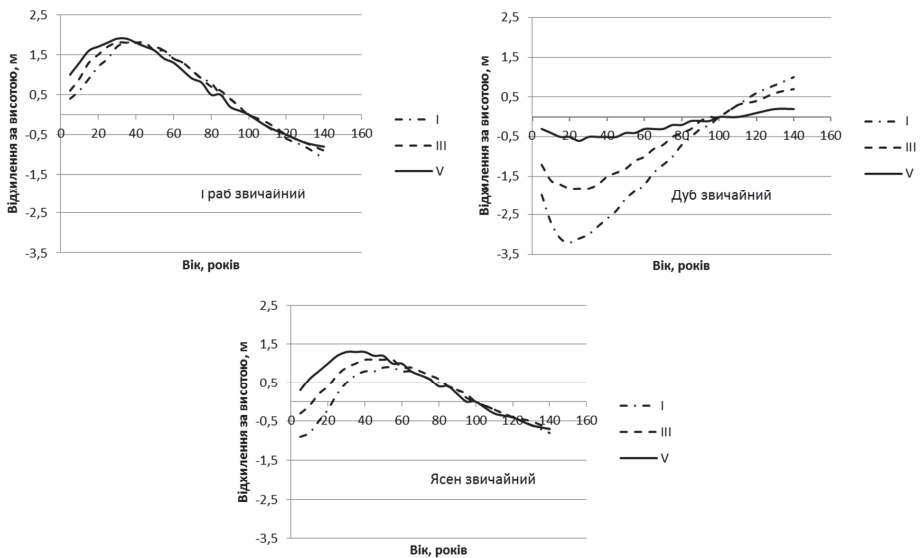


Рис. 9. Відхилення висоти верхньої межі класів бонітету динамічних бонітетних шкал від загальної бонітетної шкали за деревними видами порослевого походження

незначною, а в насадженнях І класу бонітету і вище, в молодому віці, може становити один і більше клас бонітету. Для насаджень ясена та граба значення висоти динамічних бонітетних шкал є вищими за чинні нормативи. Відхилення висоти верхньої межі класів бонітету динамічних бонітетних шкал від загальної бонітетної шкали в розрізі деревних видів для порослевого походження подано на рис. 9.

Із даних наведених графіків можна стверджувати, що для порослевих деревостанів продуктивність насаджень має незначний вплив на відхилення між середніми висотами порівнюваних таблиць. Також отримані відхилення мають подібну тенденцію та є значно меншими за свою величиною, порівняно із насінневими, та не перевищують 2 м. Виняток становлять деревостани дуба звичайного, в яких зі збільшенням величини класу бонітету зростає різниця між середніми висотами досліджуваних таблиць, особливо у віці 20–40 років.

Висновки і перспективи. За результатами проведених досліджень запропоновано математичні моделі розрахунку середньої висоти для деревостанів твердолистяних деревних видів у розрізі походження, що характеризується високою точністю здійснення опису залежності відносних висот досліджуваних деревних видів від віку деревостану, оскільки значення отриманих коефіцієнтів детермінації становлять вище ніж 0,95. Коефіцієнти рівнянь необхідно використовувати з тією кількістю знаків після коми, скільки зазначено в моделях, оскільки для переважної кількості з них три знаки забезпечують достатню точність, за винятком коефіцієнта a_1 , для якого необхідно використовувати шість знаків після коми.

Розроблені математичні моделі для розрахунку середньої висоти мають важливе практичне значення, оскільки є основою для побудови динамічних бонітетних шкал, що враховують біологічні особливості росту кожного деревного виду. Це підтвердилося при порівнянні розроблених динамічних бонітетних шкал із чинними нормативами, що засвідчило відмінність у зростанні, а також деякі особливості росту за висотою окремих деревних видів, зокрема насаджень з участю граба звичайного та ясена звичайного. Отримані динамічні бонітетні шкали в подальшому можуть бути використані як у практичній лісгосподарській діяльності, так і для групування експериментального матеріалу для проведення моделювання прогнозування росту та актуалізації таксаційних показників у чинних лісовпорядних базах даних.

Список літератури

- Anuchin, N. P. (1982). *Forest mensuration*. Moscow: Forest industry [in Russian].
- Bala, O. P., & Khan, E. Yu. (2016). The modeling of middle height dynamic of vegetative origin modal oak stands growth in Ukrainian Forest-steppe zone. *Scientific bulletin of UNFU of Ukraine*, 26.5, 22–27 [in Ukrainian].
- Buhayov, S. M., & Pasternak, V. P. (2015). Growth models of alder stands of left-bank forest-steppe of Ukraine. *Scientific bulletin of UNFU of Ukraine*, 25.2, 36–42 [in Ukrainian].
- Hall, D., & Bailey, R. (2001). Modeling and prediction of forest growth variables based on multilevel nonlinear mixed models. *Forest Science*, 47 (3), 311–321.
- Hall, D., & Clutter, M. (2004). Multivariate multilevel nonlinear mixed effects models for timber yield predictions. *Biometrics*, 60, 16–24.

- Handbook of forest mensuration.* (2013). Kyiv: Publishing house "Vinichenko" [in Ukrainian].
- Hensiruk, S. A. (2007). *Ukrainian Encyclopedia of Forestry.* (Vol. 2). Lviv [in Ukrainian].
- Kiviste, A. K. (1988). *The function of growth of forest.* Tartu [in Russian].
- Kobets, O. V. (2015). Growth of modal oak stands of the Velikoanadolsky forest area and using the forest growth potential. *Scientific bulletin of UNFU of Ukraine*, 25.10, 54–60 [in Ukrainian].
- Lakyda P. I., & Bala, O. P. (2012). *Actualization of growth parameters of artificial Oak stands of Forest-Steppe of Ukraine's.* Korsun-Shevchenkivskiy: 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-Shevchenkivskiy: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Aleksiiuk, I. L. (2017). *Natural pine forest stands of Ukrainian Polissya: growth and productivity forecast.* Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Atamanchuk, R. V. (2014). *Forecast and productivity of modal birch stands in Ukrainian Polissya.* Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Havryshenko V. M. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Volodymyrenko, V. M. (2008). *Artificial spruce stands of the Ukrainian Carpathians - growth and productivity forecast.* Kyiv: ESC IAE [in Ukrainian].
- Moiseev, V. S., Moshkaliov, A. G., & Nakhbtsev, I. A. (1968). *The method of compiling yield tables and dynamics of the commodity structure of modal forest stands.* Leningrad: LenFTA [in Russian].
- Myklush, S. I. (2011). *Plain beech forests of Ukraine: productivity and organization of a sustainable economy.* Lviv: ZUCTS [in Ukrainian].
- Shvidenko, A. Z., Shchepashchenko, D. G., Nilson, S., & Bului, Yu. I. (2003). The system of growth models and the dynamics of forest productivity in Russia (yield tables). *Forestry*, 6, 34–38.
- Strochinskiy, A. A., Shvidenko, A. Z., & Lakida, P. I. (1992). *Models of growth and productivity of optimal stands.* Kiev: Publishing house USHA [in Russian].
- Svalov, N. N. (1979). *Modeling of stands productivity and forest exploitation theory.* Moscow: Forest industry [in Russian].
- Tkach, V. P., Golovach, R. V., & Vedmid, M. M. (2013). Growth of vegetative oak forest of left-bank Forest-steppe. *Forestry and agroforestry*, 122, 47–55 [in Ukrainian].
- Tsurik, Ye. I. (2008). *Taxation of dynamics of forest stands: Tutorial.* Lviv: UNFU of Ukraine [in Ukrainian].
- Vasylyshyn, R. D. (2016). *Forests of Ukrainian Carpathians - features of growth, biological and energy productivity.* Kyiv: LLC «KOM-PRINT» [in Ukrainian].
- Yuditskii, Ya. A. (1982). *Modeling of growth patterns of forest stands as a basis for updating forest taxation information* (Doctoral dissertation, Ukrainian Academy of Agriculture, Kiev, Ukraine) [in Russian].
- Zahreev, V. V. (1978). *Geographic regularities of growth and productivity of forest stands.* Moscow: Forest industry [in Russian].

O. P. Bala, I. P. Lakyda (2019). Modeling mean height growth of modal hardwood broadleaved stands in Ukraine. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4):4-16. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.004>.

The development of dynamic site index scales is one of the main preceding steps for yield tables development for modal stands. The tight correlation of average height of a stand with other

biometric indices requires application of a precautionary approach to its modeling and justifies the need for grouping the empirical data to take into account the biological growth patterns of individual tree species. The purpose of this research was to identify and account for the mean height growth patterns for the major hardwood broadleaved tree species of Ukraine, and to develop dynamic site index scales for the tree species and stand origins subject to the research. To achieve these objectives, two sources of experimental data were used, namely the database of Ukrainian State Industrial Association of Forest Management Planning «Ukrderzhlisproekt» dated 01.01.2011 with the stand level mensurational characteristics of stands, as well as the database of temporary sample plots laid in different regions of Ukraine containing information on height growth patterns of forest stands. Modeling of relative top heights on the basis of model trees data collected at the sample plots has shown that for oak, beech, and ash stands, values forecasted by the obtained mathematical models for the age over 100 years significantly exceed the actual data, which may be explained by the lack of experimental data for this age range. In order to remedy this problem, inputs from two sources have been combined, namely the research results on mean height growth patterns and the weighted average of heights for the older stands (100 to 200 years old), calculated from the database of stand level biometric description of forests in the context of the studied tree species and origin. As a result, we have developed models of guide curves describing height growth of hardwood broadleaved stands of seed and vegetative origin. The obtained dynamic site index scales were compared to the current standards for determining site index classes. The comparison has demonstrated growth differences, as well as some of the height growth patterns for individual tree species, including stands with admixture of hornbeam and ash.

Keywords: *guide curve, top height, relative height, mathematical models, modal stands, origin of stands, dynamic site index scale.*

Отримано: 2019-11-18

МОДЕЛЮВАННЯ РОСТУ БЕРЕЗОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

А. М. БІЛОУС, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, orcid.org/00000-0002-7589-4307

М. М. БІЛОУС, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, orcid.org/00000-0002-1413-526X

Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: bilous@nubip.edu.ua

В Українському Поліссі за лісгосподарської практики досить часто відбувається відхилення від проектів лісовідновлення та лісорозведення внаслідок інтенсивного відновлення, поширення та швидкого росту деревних видів. Крім того, відбувається інтенсивний процес заліснення староорних земель сосново-березовими і березовими деревостанами за свіжих і вологих умов, осиковими – за свіжих, вологих і сухих та вільховими насадженнями – за вологих, сухих і мокрих умов. Встановлено статистично значущі відмінності у рості чистих і мішаних, насінневих і вегетативних березових насаджень за основними таксаційними показниками. Виявлено відмінність у рості мішаних березових і сосново-березових деревостанів. За результатами математичного моделювання росту березняків розроблено моделі росту модальних мішаних деревостанів берези повислої насінневого походження Українського Полісся, які характеризують загальні закономірності росту насаджень. Іншими представниками у складі таких деревостанів можуть бути різні деревні види. Проведено перевірку моделей на відповідність біологічним закономірностям росту деревостанів. Розроблено систему моделей перебігу росту модальних березняків, яка відображає особливості динаміки основних таксаційних показників, у тому числі середньої висоти, середнього діаметра, суми площ перерізів, запасу і загальної продуктивності деревостанів.

Розроблені таблиці перебігу росту, що відображають специфічні особливості росту досліджуваних насаджень, можуть бути базовим нормативом їх таксації, основою під час проведення багатьох інших організаційно-технічних і планових лісгосподарських розрахунків.

Ключові слова: лісовпорядкування, діаметр, висота, стовбур, запас, моделі.

Актуальність і аналіз останніх досліджень. Березові ліси сформувалися в Українському Поліссі як

похідні від соснових і дубово-соснових лісів, або як насадження, що відновились на староорних землях

унаслідок зменшення інтенсивності сільського господарства. Березняки досить поширені, але великих масивів не утворюють, вони трапляються у поєднанні з лісами, на місці яких утворилися. Ростуть березові ліси на всій території Українського Полісся, але найбільше їх зосереджено у Центральному Поліссі як домішка у складі насаджень із переважанням сосни, рідше дуба, осики, ялини тощо (Bilous, 2009).

Береза повисла погано переносить високий рівень ґрунтових вод, вона посухостійка, не вибаглива до родючості ґрунту. Оптимальними для берези повислої є свіжі та вологі ґрунти. Найкраще вона росте на свіжих супіщаних і суглинистих ґрунтах, на яких у лісах Українського Полісся часто зростають разом береза повисла і береза пухнаста (Bilous & Fuchylo, 2012).

Уперше перебіг росту березняків дослідив у середині ХІХ ст. А. Р. Варгас де Бедемар у лісах Петербурзької та Самарської губерній. У роботах А. Крюденера наведено таблиці продуктивності для окремих типів березових насаджень середньої та частково північної смуги європейської частини Євразії. Детальніше перебіг росту нормальних березових насаджень дослідив А. В. Тюрин.

Важливе практичне значення для сучасного лісового господарства мають результати дослідження продуктивності й товарності березових деревостанів України, що їх одержали О. А. Гірс і М. Є. Ліщук. Сортиментні таблиці для таксації березняків та інших м'яколистяних насаджень подано в нормативно-довідкових виданнях за редакцією К. Є. Нікітіна та А. А. Строчинського (Strochinskiy, 1993).

За результатами досліджень О. А. Гірса, встановлено проектну стиглість березових деревостанів у лісах різного функціонального призначення. Зокрема, в Україні вік стиглості для березових деревостанів (усіх бонітетів) Полісся, Лісостепу, Степу, Українських Карпат (захисні, рекреаційні, природоохоронні ліси) становить 61–70 років, для березняків гірського Криму – 71–80 та експлуатаційних лісів Українських Карпат – 51–60 років. Дослідженню особливостей росту та продуктивності мішаних березово-соснових деревостанів Українського Полісся приділила увагу Л. В. Полякова.

Протягом останнього десятиліття отримано вагомні результати з оцінювання біомаси березняків та екосистемних послуг березових лісів (Bilous et al., 2014).

Мета дослідження: оцінювання біопродуктивності березових насаджень; подальша розробка на основі системного підходу прикладних і методичних положень теорії росту і продуктивності березових деревостанів, створення відповідних емпіричних моделей і таксаційних нормативів.

Матеріали і методика дослідження. Процес дослідження перебігу росту березових деревостанів передбачав закладання тимчасових пробних площ (ТПП). Для аналізу динаміки таксаційних показників деревостанів було використано дані 86 тимчасових пробних площ.

Пробні площі закладали в деревостанах, що формуються за панівних типах лісорослинних умов і класів бонітету, які визначали на основі аналізу структури лісового фонду в регіоні досліджень, з урахуванням теоретичних положень лісової таксації та лісовпорядкування. Вікове представництво забезпечувало максимально

можливий віковий діапазон. Мінімальна відносна повнота на дослідних ділянках становила 0,5 (табл. 1).

Дослідні дані збирали у вегетаційний період із червня до вересня. Ділянки для закладки ТПП не межували з відкритою територією. Пробні площі здебільшого закладали прямокутної форми із співвідношенням сторін 1:1, 1:2 і площею, кратною 0,05 га. Розмір пробних площ залежав від кількості дерев, що підлягали обліку. Кількість дерев на ТПП досягала у молодняках I класу – не менше ніж 500 шт., молодняках II класу – 300 шт., середньовікових – 250 шт., пристиглих і стиглих деревостанах – 200 шт. Усі ТПП закладали за рівнинних умов. Кількість зрубаних модельних дерев на ТПП становила 3–10 шт. (Strochinskiy, Shvydenko & Lakyda, 1992).

Результати дослідження та їх обговорення. Перебіг росту більшості деревних видів досліджували для чистих за складом насаджень. Це, певною мірою, виправдано для деревних видів, які формують корінні насадження. Чисті за складом березняки в Українському Поліссі становлять лише 17,9 % загальної площі березових насаджень, а, отже, дослідження перебігу росту мішаних деревостанів берези повислої має важливе значення.

Пошук залежності частки у складі мішаних деревостанів від зміни таксаційних показників дав змогу розробити модель динаміки участі берези у складі модальних деревостанів із віком:

$$K_s = 8,201 \cdot \exp(-3,073 \cdot 10^{-3} \cdot A), \quad (R^2=0,89), \quad (1)$$

де K_s – коефіцієнт участі виду в складі насадження; A – вік насадження, років.

На основі аналізу розподілу березняків за класами віку прийнято рішення про моделювання росту березняків у віковому діапазоні 10–80 років. Такий діапазон охоплює фактично усі наявні деревостани берези повислої в лісовому фонді, у тому числі перестійні. Хоча вік стиглості берези для Українського Полісся становить 61–70 років, у лісовому фонді зберігається тенденція до накопичення перестійних деревостанів.

Особливої уваги заслуговує питання адекватності моделювання росту для молодняків I–II класу віку, адже ріст березняків у такий період вирізняється високою динамікою і, як результат, створює невизначеність у точності подання змін таксаційних показників.

Для розроблення моделей перебігу росту березняків за базовий при-

Розподіл ТПП березових насаджень за класами віку та бонітету

Клас бонітету	Клас віку						Усього
	I	II	III	IV	V	VI і вищі	
Іс і вищі	2	6	5	4	–	–	17
Іб	2	4	5	6	2	4	23
Іа	–	5	4	5	4	5	23
I	–	1	3	3	4	2	13
II	–	2	1	1	1	4	9
III	–	–	1	–	–	–	1
Разом	4	18	19	19	11	15	86

йнято вік 50 років. Із використанням повидільної бази даних березових деревостанів сформовано робочий масив даних відносних висот із метою моделювання останньої. Для апроксимації динаміки відносних висот березняків використано комплекс рівнянь, так званих функцій росту, й досвід моделювання висоти. З отриманих результатів пошуку найкращі параметри мало рівняння (2):

$$H_E = (1,421 + 1,042 \cdot 10^{-3} \cdot K_s - 3,801 \cdot 10^{-3} \cdot K_s^2) \cdot (1 - \exp(-(0,029 + 2,636 \cdot 10^{-4} \cdot K_s - 1,848 \cdot 10^{-5} \cdot K_s^2) \cdot A))^{(1,346 + 8,294E-3 \cdot K_s - 5,678E-4 \cdot K_s^2)}, \quad (2)$$

$(R^2=0,93)$

де H_E – відносна висота деревостану.

На основі моделі (2) й залежності (3) середньої висоти від відносної та базової висот здійснено моделювання середньої висоти березняків:

$$H = H_E \cdot H_{\text{баз}}, \quad (3)$$

де H – середня висота, м; $H_{\text{баз}}$ – висота в базовому віці, м.

На основі даних про середні діаметри березняків Українського Полісся та з використанням таких факторів впливу, як вік, середня висота та коефіцієнт участі берези в складі насадження, розроблено модель (4) середнього діаметра модальних березняків:

$$D = 0,636 \cdot H^{0,940} \cdot A^{0,091} \cdot (1,552 - 0,025 \cdot \ln(K_s)), \quad (4)$$

$(R^2=0,96)$

де D – середній діаметр деревостану, см.

Відносна повнота, як правило, безпосередньо не входить до структури таблиць перебігу росту, проте входить до структури повидільної бази даних лісового фонду та має тісний зв'язок із таксаційними показниками деревостанів. Встановлено степеневу залежність повноти від віку і

лінійну – від коефіцієнта участі породи в складі деревостану. Розроблену степеневу модель відносної повноти (5) буде використано для моделювання запасу деревостану:

$$P = (15,042 + 0,101 \cdot A - 1,433 \cdot 10^{-3} \cdot A^2) \cdot (0,044 - 3,400 \cdot 10^{-3} \cdot K_s), \quad (5)$$

$(R^2=0,76)$

де P – відносна повнота деревостану.

Модель динаміки запасу (6) берези повислої у модальних мішаних деревостанах побудовано на основі степеневі залежності середньої висоти та експоненціальної функції відносної повноти і коефіцієнта участі берези у складі деревостану:

$$M = 0,381 \cdot H^{3,19} \cdot \exp(1,426 \cdot P) \cdot \exp(0,121 \cdot K_s), \quad (6)$$

$(R^2=0,97)$

де M – запас берези повислої в деревостані, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Розроблена модель відображає динаміку лише запасу берези у модальних деревостанах, а загальний їх запас визначають за формулою (7):

$$M_{\text{зар}} = 10M/K_s, \quad (7)$$

де $M_{\text{зар}}$ – загальний запас деревостану, $\text{м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$.

Для визначення динаміки одного із ключових таксаційних показників було розроблено модель на основі даних експериментальних досліджень на ТПП видового числа насінневих березових деревостанів Українського Полісся, яка має високий коефіцієнт детермінації ($R^2=0,93$):

$$F = 1,131 \cdot H^{0,172} \cdot D^{-0,140}, \quad (8)$$

де F – видове число деревостану.

Видові числа деревостанів збільшуються зі зменшенням продуктивності деревостанів. Зокрема, 60-річні деревостани берези повислої I^c бонітету мають видове число 0,383, а такого самого віку насадження IV класу бонітету – 0,517. З віком видове чис-

ло зменшується, досить інтенсивно це відбувається у молодому віці та помірно – в середньовікових і стиглих деревостанах. У модальних березняків I класу бонітету видове число у 20 років становить 0,565 і зменшується до 0,430 у віці стиглості.

Особливе значення для проектування лісогосподарських заходів має моделювання відпаду дерев. На жаль, експериментальні дані оцінювання останнього обмежені, тому для встановлення середніх висоти й діаметра відпаду використано рівняння середнього діаметра (9) та середньої висоти (10) (Shvydenko, 2008):

$$D^B = 0,74 \cdot D, \quad (9)$$

$$H^B = 0,85 \cdot H, \quad (10)$$

де D^B – середній діаметр дерев відпаду, см; H^B – середня висота дерев відпаду, м.

Математичні моделі цих процесів мають не тільки загальнотеоретичне значення, а й дають змогу отримати широкий спектр практичного використання, зокрема, забезпечити лісовпорядкування необхідними і вкрай актуальними в нинішній ситуації лісотаксаційними нормативами як для таксації сировинних ресурсів лісів, так і для оцінювання їх екосистемних послуг. На основі розроблених моделей і проведених розрахунків було сформовано ТХР у табличній формі (табл. 2), яка має зручність у застосуванні для виконання виробничих, проектних і наукових завдань.

Встановлення адекватності розроблювальних нормативів об'єкта є завершальним і дуже відповідальним етапом досліджень. У цій роботі перевірку зроблено шляхом порівняння з чинними нормативами для європейської частини північної Євразії (Shvydenko, 2008). При цьому брали до уваги те, що на етапі апроксима-

ції динаміки окремих таксаційних показників деревостанів послідовно використовували статистичні методи перевірки моделей.

Порівняння динаміки висот досліджуваних насаджень із аналогічними даними інших авторів свідчить про наявність чіткої закономірної тенденції у рості їх висоти (табл. 3), проте спостерігаються суттєві відмінності у ТХР для березових лісів України (Lakyda & Atamanchuk, 2014) та Литви і європейської частини Євразії.

Незначні відмінності у значеннях висоти можуть бути через особливості відповідності бонітетній шкалі. Висоти березняків за останніми ТХР в 0,7–2,1 разу вищі порівняно з отриманими даними для насінневих березняків. Із наявністю таких відхилень у рості березових деревостанів європейської частини Євразії важко погодитися без глибокого аналітичного обґрунтування. Швидше за все, це пояснюється використанням неоднорідного дослідного матеріалу з різних частин ареалу берези повислої в європейській частині Євразії, обмеженістю аналітичних та експериментальних даних для моделювання динаміки висоти.

Порівняння динаміки взаємозв'язку суми площ перетину на 1 га із середньою висотою у насадженнях I^a класу бонітету проілюстровано на рис. 1. Загалом динаміка суми площ перетину розроблених нормативів має закономірну тенденцію щодо наявних моделей (Bilous et al., 2017). Враховуючи різну специфіку повних і модальних деревостанів, найбільшою подібністю динаміки G із розробленими ТХР характеризується перебіг росту, який розробили М. Є. Лішук та А. З. Швиденко (Shvydenko, 2008).

2. Перебіг росту модальних насадінсвих березових насаджень Українського Полісся (I клас бонітету)

Вік, років	Деревостан						
	коефіцієнт участі головної породи у складі	середня висота, м	середній діаметр, см	кількість дерев, шт.	сума площ перетинів, м ² ·га ⁻¹	запас головної породи, м ³ ·га ⁻¹	загальний запас деревостану, м ³ ·га ⁻¹
10	8,0	4,1	4,5	4527	7,2	10	18
15	7,8	6,6	7,2	2557	10,3	20	39
20	7,7	8,9	9,8	1716	12,8	32	62
25	7,6	11,0	12,2	1268	14,8	44	86
30	7,5	13,0	14,5	997	16,4	56	108
35	7,4	14,7	16,5	819	17,5	67	127
40	7,3	16,3	18,4	695	18,4	77	143
45	7,1	17,6	20,1	605	19,1	86	156
50	7,0	18,8	21,6	538	19,6	93	167
55	6,9	19,9	22,9	486	20,0	99	176
60	6,8	20,8	24,1	446	20,3	103	183
65	6,7	21,6	25,2	413	20,6	107	189
70	6,6	22,3	26,1	387	20,7	108	193
75	6,5	23,0	27,0	366	20,9	109	197
80	6,4	23,5	27,7	348	21,0	108	200

Продовження табл. 2

Вік, років	Деревостан		Відпад			Загальна продуктивність, м ³ ·га ⁻¹	Загальний приріст, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹	
	зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ ·рік ⁻¹		середня висота, м	середній діаметр, см	запас, м ³ ·га ⁻¹		середній	поточний
	середня	поточна						
10	1,8	3,5	3,5	3,3	24	42	4,2	6,4
15	2,6	4,5	5,6	5,3	15	77	5,1	7,3
20	3,1	4,7	7,6	7,2	14	115	5,7	7,4
25	3,4	4,5	9,4	9,0	13	151	6,1	7,1
30	3,6	4,1	11,0	10,7	13	186	6,2	6,5
35	3,6	3,5	12,5	12,2	12	217	6,2	5,9
40	3,6	3,0	13,8	13,6	11	244	6,1	5,2
45	3,5	2,4	15,0	14,8	11	269	6,0	4,5
50	3,3	2,0	16,0	16,0	10	290	5,8	3,9
55	3,2	1,6	16,9	17,0	9	308	5,6	3,3
60	3,1	1,3	17,7	17,8	8	323	5,4	2,8
65	2,9	1,0	18,4	18,6	7	336	5,2	2,4
70	2,8	0,8	19,0	19,3	7	347	5,0	2,0
75	2,6	0,6	19,5	19,9	6	357	4,8	1,7
80	2,5	0,5	20,0	20,5	5	364	4,6	1,4

3. Порівняння перебігу росту за висотою березових насаджень Іа класу бонітету

Таблиці перебігу росту	Динаміка середньої висоти з віком (років), м					
	10	20	30	40	50	60
ТХР О. В. Тюріна	6,3	12,6	17,5	21,3	24,3	26,6
ТХР І. Кенставичюса та ін.	9,2	16,5	20,8	23,5	25,1	25,9
ТХР М. Є. Ліщука	5,0	10,5	15,2	19,1	22,2	24,6
ТХР А. З. Швиденка та ін.	10,2	20,2	26,1	29,2	30,8	31,5
ТХР Р. В. Атаманчука	3,8	8,3	13,5	16,3	19,4	21,8
Розроблені ТХР	4,8	10,2	14,9	18,7	21,7	24,0

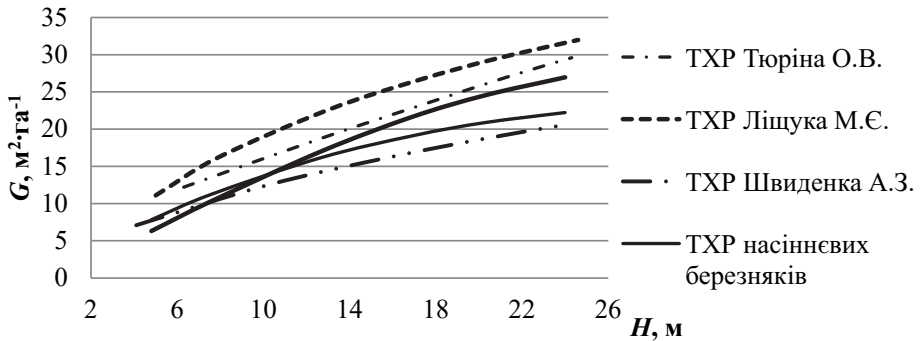


Рис. 1. Динаміка сум площ перетину із середньою висотою деревостанів

Порівняння динаміки видових чисел проводили для деревостанів Іа класу бонітету, які часто трапляються за умов Українського Полісся. Порівняно з ТХР березняків О. В. Тюріна, видові числа розробленої моделі мають відхилення (табл. 4), що зумовлює певну відмінність повнодеревності географічною віддаленістю дослідних насаджень.

Відхилення видових чисел у цих розроблених нормативах і ТХР, створені М. Є. Ліщуком, становить всього до $\pm 2\%$.

Висновки і перспективи. Здійснено прогноз динаміки продуктивності модальних деревостанів з урахуванням характеру зміни їхньої відносної повноти за принципом побудови багатofакторних регресійних моделей.

4. Порівняння видових чисел дослідних деревостанів

Таблиці перебігу росту	Відхилення, % від досліджуваних даних за середніх висот, м					
	8	12	16	20	24	28
ТХР О. В. Тюріна	-11,5	+5,8	+4,1	-1,8	-5,1	-10,0
ТХР М. Є. Ліщука	+1,5	-0,8	0,0	-1,4	+1,9	+1,5
ТХР Р. В. Атаманчука	-35,9	-31,1	-36,0	-32,3	-29,4	—

Встановлено у мішаних березових деревостанах тенденцію до зменшення частки у складі насадження. Розроблені таблиці перебігу росту модальних березових деревостанів Українського Полісся є складовою системи нормативно-інформаційного забезпечення лісового господарства в контексті раціоналізації природокористування та теоретичною основою для створення моделей біопродуктивності лісів і оцінювання їхніх екосистемних функцій.

Список літератури

- 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].
- Bilous, A. M., et al. (2018). *Standards of evaluation of the components of the martmass of deciduous forests*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Bilous, A. M., Kovbasa, Ya. V., & Buzyl', M. A. (2014). Estimation of martmass of dry birch forests of eastern Polissya of Ukraine. *Bioresources and environmental management*, 6 (1–2), 125–130 [in Ukrainian].
- Bilous, A. M., & Kovbasa, Ya. V. (2014). Methodical peculiarities of birch forest martmass study of Polissya of Ukraine. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 198 (2), 31–37 [in Ukrainian].
- Bilous, M. M. (2009). *Ecological and forest features of reproduction of forest plantations on the old-earth lands of Chernihiv Polissya*. Kyiv: NAU [in Ukrainian].
- Bilous, M. M., & Bilous, V. M. (2012). Species composition of forest crops on agricultural lands of East Polissya. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 7 (36). Retrieved from http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_7/12bmm.pdf.
- Bilous, M. M., & Fuchylo, Ya. D. (2012). *Forest cultivation on agricultural lands of East Polissya*. Kyiv: Agrar Media Grup [in Ukrainian].
- Kovbasa, Ya. V., & Bilous, A. M. (2015). Estimation of martmass of forest flooring of birch forests of Chernihiv region. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 219, 32–39 [in Ukrainian].
- Kovbasa, Ya. V., & Bilous, A. M. (2017). *Mortmass of Chernigov region birch trees: carbon and energy deposited*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Atamanchuk, R. V. (2014). *Forecast of growth and productivity of modal stands of birch dangling in Ukrainian Polissya*. Korsun-Shevchenkiv'skyi: FOP Havryshenko [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Matushevych, L. M. (2006). *Phytomass of birch forests of Ukrainian Polissya*. Kyiv: NNTS IAE [in Ukrainian].
- Shvidenko, A. Z., Shchepashchenko, D. G., Nil'sson, S., Buluy, Yu. I. (2008). *Tables and models of the growth and productivity of plantations of the main forest-forming species of Northern Eurasia*. Moscow [in Russian].
- Strochinskiy, A. A. (1993). *Assortment tables for taxation of young and middle-aged stands*. Kyiv: USKHA [in Russian].
- Strochinskiy, A. A., Shvidenko, A. Z., & Lakida P. I. (1992). *Growth Models and Productivity of Optimal Stands*. Kyiv: USKHA [in Russian].

A. M. Bilous, M. M. Bilous (2019). Modeling growth of birch stands in Ukrainian Polissya. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4):17-25.
<https://doi.org/10.31548/forest2019.04.017>.

In Ukrainian Polissya, forestry practices often deviate from reforestation and afforestation projects due to the intensive distribution and rapid growth of some tree species. In addition, there is

*an intensive process of afforestation of former agricultural lands by stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), silver birch (*Betula pendula* L.), black alder (*Alnus glutinosa* L.), and common aspen (*Populus tremula* L.). Based on the analysis of the current regulatory-reference tools, the absence of growth tables of mixed modal birch stands was determined and the necessity of creating reference materials using a unified system for forest mensuration of softwood deciduous stands was determined. Statistically significant differences in the growth of monocultures and mixed stands, seed and vegetative origin birch stands by major biometric indicators were established. The difference in the growth of mixed birch and pine-birch stands was found. According to the results of mathematic modelling stands biometrical parameters, tables of the course of growth of modal mixed birch stands of Ukrainian Polissia have been developed. Other representatives of such stands can be Black alder and Common aspen. Mathematic models were tested for compliance with the biological features of the growth of stands. Thus, a system of models of the growth of modal birch stands was developed, which reflects the dynamics of the main biometric indicators, including average height, average diameter, basal area, growing stock volume and total productivity.*

Compiled yield tables for modal birch stands, reflecting the specific features of the growth of the studied forests, can be the basic regulatory-reference tools for their inventory. In addition, tables of growth modal stands are the basis for the solution of many other organizational, technical, and planned forest management calculations.

Keywords: *forest inventory, diameter, height, trunk, growing stock volume, models.*

Отримано: 2019-11-21

ОТРИМАННЯ АСЕПТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ *EUSOMMIA ULMOIDES* OLIVER УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

С. Ю. БІЛОУС, кандидат біологічних наук, доцент,
orcid.org/0000-0002-1682-5352

О. О. ОЛІЙНИК, завідувач лабораторії біотехнології та клітинної інженерії,
orcid.org/0000-0002-3591-3518

А. А. КЛЮВАДЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: forest_biotech@nubip.edu.ua

Культивування раритетних видів рослин світової флори з метою збереження їхнього генофонду є одним із основних завдань сучасності. Нині методи *in vitro* у поєднанні з *ex situ* стають дедалі важливішими засобами збереження та підтримання рівня стабільності фіторізноманіття. *Eusommia ulmoides* Oliv. – листопадне дводомне дерево родини Евкомієві (*Eusommiaceae*). Цей деревний вид зростає на території арборетуму НУБіП України у єдиному екземплярі, є цінним декоративним інтродуцентом і має низку лікарських властивостей. Нині перебуває у не найкращому стані й потребує лікування й розмноження із метою збереження.

Метою дослідження було розроблення біотехнології мікроклонального розмноження рослин *E. ulmoides* Oliv. на початкових етапах розмноження для використання оздоровлених регенерантів у озелененні й культивуванні у ботанічних садах. Обґрунтовано актуальність мікроклонального розмноження *E. ulmoides* Oliv. Наведено особливості введення в культуру *in vitro* *E. ulmoides* Oliv. з використанням різних стерилізувальних речовин, типів експлантів та умов вирощування. Для культивування різних типів пагонів завдовжки 15–25 см з апікальними та латеральними бруньками евкомії в'язолістої використовували живильні середовища Мурасіге–Скуга (MS) і Драйвера (DKW) з додаванням до їх складу цитокінінів і ауксинів: 6-БАП (6-бензиламінопурин), НОК (α -нафтилоцтова кислота) та ІОК (6-індоліл-3-оцтова кислота) як окремо, так і комбінуючи їх.

У результаті проведених досліджень відпрацьовано методіку стерилізації експлантів *Eusommia ulmoides* Oliver з ефективністю 78 % унаслідок поверхневої стерилізації 0,1 % $HgCl_2$ на однорічних пагонах. Вивчено вплив різних варіантів стерилізації на розвиток мікропагонів *Eusommia ulmoides* Oliver. Встановлено оптимальні живильні середовища на етапі введення в культуру *in vitro* *Eusommia ulmoides* Oliver. Зокрема, для мікроклонального розмноження евкомії на початкових етапах рекомендовано живильне середовище MS 1 із додаванням 0,5 мг·л⁻¹ БАП та 0,1 мг·л⁻¹ НОК.

Ключові слова: *Eusommia ulmoides* Oliver, мікроклональне розмноження, експлантат, живильне середовище, рослина-регенерант, морфогенез, *in vitro*.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Культивування раритетних видів рослин світової флори з метою збереження їхнього генофонду є одним із основних завдань сучасності, оскільки спричинені людиною зміни призвели до деградації та фрагментації природних ареалів, що супроводжуються втратою видів і зменшенням генетичного різноманіття (Chornobrov et al., 2019; Kunakh, 2005; Belokurova, 2010).

Необхідність збереження біорізноманіття традиційно пов'язують з етноботанічним використанням рослин як джерела їжі, медикаментів, волокон, будівельних матеріалів, для задоволення культурних потреб. Крім того, рослини відіграють безпосередню роль у створенні широкого спектра життєво необхідних для людини умов існування (якість повітря, регуляція якості ґрунтів та води, утилізація токсичних відходів тощо) (Wang et al., 2016).

Eucommia ulmoides Oliver – листопадне дводомне дерево родини Евкомпіїв (*Eucommiaceae*), заввишки до 40 м із могутньою кореневою системою і розвинутою коренистою кроною. Зовнішня поверхня кори пагонів матова, гладенька або злегка зморщена. Кора багаторічних гілок і стовбура сильно зморщена, іноді із поперековими тріщинами. Пагони вкриті черговими еліптичними, яйцеподібними або довгасто-яйцеподібними дрібнозубчатими листками. З верхньої сторони листки темно-зелені голі, а з нижньої уздовж жилок слабоопушені, світліші, до 2 см на черешках. При переломі листків і кори видно численні витягнуті сріблясто-білі тонкі, еластичні нитки гутаперчі (Sih et al., 1976).

Евкомія в'язолиста – єдиний вид рослини монотипного сімейства

Eucommia ulmoides, яку занесено в Червоний список Міжнародної спілки охорони природи видів, яким загрожує зникнення. Станом на 2018 рік статус «VU» – вразливий. Ареал розташування евкомії – Китаї, здебільшого вздовж річки Янцзи, в її середній течії. Евкомія росте на висоті від 300 до 2500 м над рівнем моря, переважно у субтропічних лісах. Поодинокі дерева трапляються і набагато нижче. Вважають, що в дикому вигляді евкомія збереглася у лісах Шеньсі, Ганьсу, Аньхоя і Чжецзянь (Kim et al., 2004). Кора та листя містять пінорезинол диглюкозид – потужний антигіпертензивний фармацевтичний препарат, відомий серед китайців як тучунг (He et al., 2014; Deyama et al., 2001). Основною сполукою, яку виділяють із рослинного матеріалу евкомії, є гутаперча, що підсилює електроізоляційну властивість гуми. Ця смола міститься в усіх органах і тканинах рослини (Wang et al., 2016; Kim et al., 2004; Sih et al., 1976).

Цей деревний вид зростає на території арборетуму НУБІП України у єдиному екземплярі, є цінним декоративним інтродуцентом і має низку лікарських властивостей. Нині перебуває у не найкращому стані й потребує лікування і розмноження з метою збереження.

Актуальність розробки технології розмноження саме цього виду *in vitro* пов'язана з тим, що традиційні методи мають певні недоліки, оскільки евкомія може розмножуватись насінням, але часто воно є недоступним у кількості, необхідній для посадки великих площ. Стебловими живцями можуть розмножуватись лише дерева молодого віку, й приживлюваність рослин є низькою (Zhang & Li, 1984).

Тому актуальним є використання способу мікроклонального розмно-

ження (МКР) на основі культури ізолюваних тканин, основним завданням якого є отримання за мінімальної кількості маточних рослин у короткі терміни великої кількості морфологічно стабільного та генетичного однорідного садивного матеріалу.

Введення в культуру *in vitro* є одним із важливих етапів мікрোকлонального розмноження (МКР), успіх якого залежить від багатьох чинників: періоду відбирання рослинного матеріалу, стерилізувального розчину, підбирання ефективного способу стерилізації рослинного матеріалу та компонентів живильного середовища для успішної мультиплікації рослин.

Мета роботи: підібрати стерилізувальний розчин, схему стерилізації рослинного матеріалу та компонентів живильного середовища для отримання асептичних, життєздатних рослин-регенерантів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведено у лабораторії біотехнології та клітинної інженерії Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України). Для роботи використовували пагони завдовжки 15–25 см з апікальними та латеральними бруньками, відібрані з донорної рослини в лютому – березні (у Ботанічному саду НУБіП України), які поміщали в термошафу на 14 діб для пророщування ($T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$) (рис. 1), однорічні прорости евкомії в'язолистої – у квітні – травні (до початку здерев'яніння пагонів) (рис. 2).

За добу до початку стерилізації рослинний матеріал обробляли розчином фунгіциду й витримували в термошафі за температури $24 \pm 2^\circ\text{C}$ і 16-годинного фотоперіоду.

Експлантати відмивали від поверхневих забруднень у мильному



Рис. 1. Здерев'янілі пагони евкомії в'язолистої перед уведенням у культуру *in vitro*:

а – до поміщення у термошафу;
б – через 14 діб у термошафі

розчині з додаванням декількох крапель Твін-20 на шейкерній мішалці протягом 30 хв, потім промивали під проточною водою (30 хв). Для стерилізації використовували розчин 0,1 % дихлориду ртуті (HgCl_2) з часом експозиції 5, 10, 15 хв і 30 % розчин пероксиду водню (H_2O_2) з часом експозиції 10, 15, 20 хв. Для підвищення впливу стериліанта експлантати попередньо занурювали у 70 % етиловий спирт на 60 с. Стерильний матеріал тричі промивали автоклавованим дистиллятом (тричі по 10 хв) та переносили на стерильні чашки Петрі з фільтрувальним папером. Видаляли відмерлі тканини (або зі слідами опіків), висаджували на живильне середовище Мурасіге–Скуга (Murashige & Skoog, 1962) без регуляторів росту.

Для культивування евкомії в'язолистої використовували живильні середовища Мурасіге–Скуга (MS) і Драйвера (DKW) (Rahman, 2018) з додаванням до їх складу цитокинінів і ауксинів: 6-БАП (6-бензиламінопурин), НОК (α -нафтилоцтова кислота) та ІОК (β -індоліл-3-оцтова

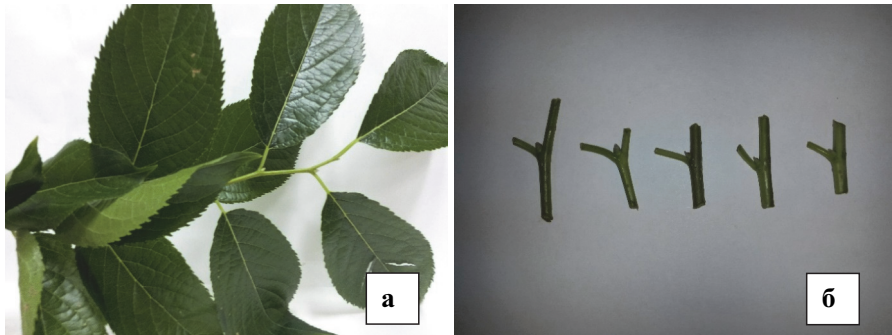


Рис. 2. Вихідні експланти *Eucommia ulmoides* Oliver:
а – весняний пагін; б – частини пагонів із латеральними бруньками

кислота) як окремо, так і комбінуючи їх. Додатково до середовища додавали сахарозу (0,3 %), мезоінозит (100 мг/л) та агар (0,7 %), рН середовища – 5,7–5,8.

Упродовж семи діб у кожному з варіантів визначали ефективність стерилізації, підраховуючи відсоток стерильних та інфікованих експлантатів. Життєздатність введених експлантатів оцінювали через 25 діб.

Експлантати культивували за освітлення 3–4 тис. лк, $T = 24 \pm 2^\circ\text{C}$, із вологістю повітря $\sim 70\%$ та 16-годинним фотоперіодом.

Посуд, матеріали, інструменти та живильні середовища готували згідно із загальноприйнятими методиками.

Результати дослідження та їх обговорення. На ефективність введення рослин у культуру *in vitro* впливають різні фактори, зокрема: тип стерилізувальної речовини, тривалість оброблення нею та фаза росту донорської рослини. Оскільки у нашому досліді було використано пагони двох зразків, ефективність стерилізації була нижчою у здерев'янілих пагонів. Аналізуючи кількість стерильних та інфікованих експлантатів, після застосування стерилізаторів встановили, що найменш ефектив-

ним є використання 0,1 % розчину дихлориду ртуті з часом експозиції 5 та 15 хв. Досить високий відсоток стерильних експлантатів – 30 % – отримано за використання розчину пероксиду водню, однак зі зростанням часу стерилізації зменшувалась життєздатність рослин (рис. 3).

Найкращі показники стерильних і життєздатних експлантатів було отримано за використання 0,1 % розчину дихлориду ртуті з часом експозиції 10 хв (рис. 4).

Більшість зразків було інфіковано грибами. Зважаючи на вік дерева, з якого відбирали пагони, можливим поясненням є довготривалий розвиток і проникнення міцелію грибів у глибші шари тканин дерева.

Вищий відсоток стерильних і життєздатних експлантатів отримали за використання однорічних пагонів. Для них ефективним було застосування 0,1 % розчину дихлориду ртуті з часом експозиції 10 хв, 30 % розчину пероксиду водню – 10 та 15 хв (рис. 5).

З огляду на той факт, що пероксид водню досить швидко розкладається і менше уражує тканини рослин, його використання на етапі введення однорічних пагонів у культуру *in vitro* є більш ефективним (рис. 6).

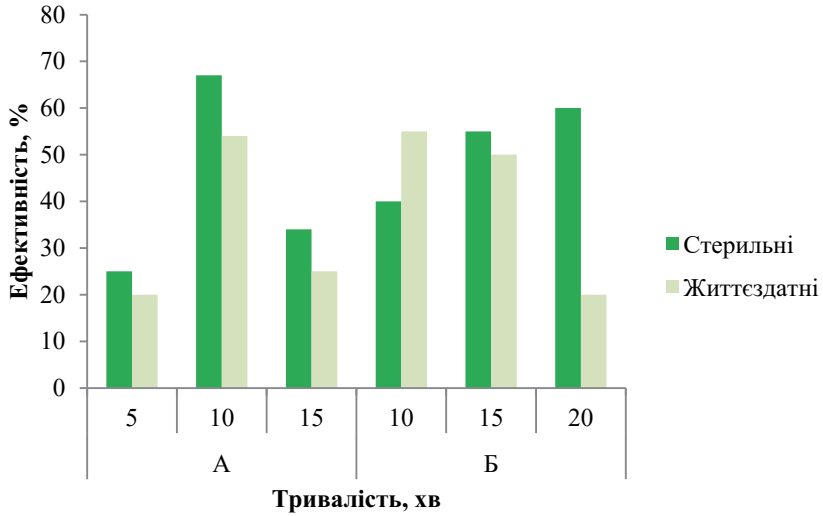


Рис. 3. Ефективність стерилізації здрев'янілих пагонів евкомії в'язолистої за використання різних стерилізувальних розчинів та часу експозиції: А – 0,1 % розчин дихлориду ртуті; Б – 30 % розчин перексиду водню

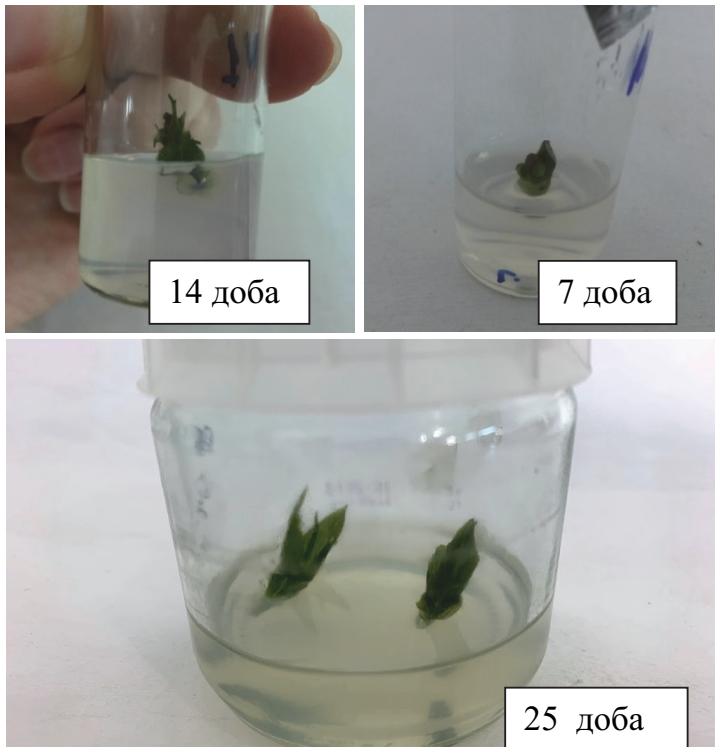


Рис. 4. Стерильні, життєздатні експлантати евкомії в'язолистої (стерилізувальна речовина 0,1 % HgCl₂, 10 хв)

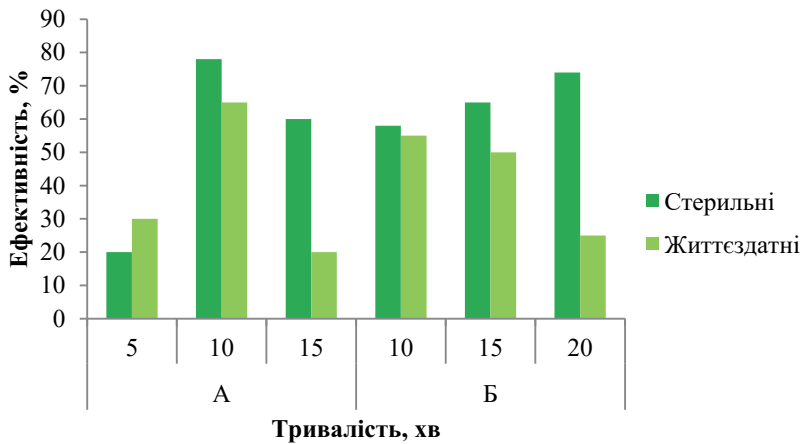


Рис. 5. Ефективність стерилізації однорічних пагонів евкомії в'язолистої за використання різних стерилізувальних розчинів та часу експозиції:

А – 0,1 % розчин дихлориду ртуті; Б – 30 % розчин перекису водню

Стерильні експлантати культивували на різних живильних середовищах, доповнених регуляторами росту. Оцінювання ефективності середовищ та облік коефіцієнта розмноження проводили після другого пасажу. Численні дослідження дали змогу відібрати оптимальні середовища, які забезпечували коефіцієнт розмноження більше двох (табл. 1).

У результаті було відібрано три варіанти компонентного складу гормонів росту рослин, які протестували на

двох базових живильних середовищах – MS і DKW. Культивування рослин на середовищі MS 2 і DKW 2 спричинило розвиток незначної кількості пагонів і додаткових бруньок, що характеризувались уповільненим ростом. Застосування DKW 3 із $1,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ БАП без додавання ауксинів сприяло утворенню максимальної кількості пагонів, середня довжина яких становила $1,19 \text{ см}$ (рис. 7). На живильному середовищі MS 1 із додаванням $0,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ БАП та $0,1 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ НОК

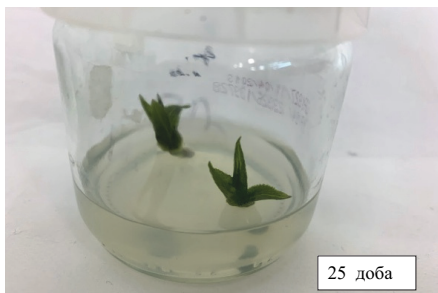


Рис. 6. Стерильні, життєздатні експлантати евкомії в'язолистої (стерилізувальна речовина – 30 % H_2O_2 , 15 хв)



Рис. 7. Рослина-регенерант евкомії в'язолистої на живильному середовищі DKW 3 із $1,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ БАП (30 доба культивування)

спостерігали активний ріст мікропагонів, збільшення кількості міжвузлів. Культивування експлантатів на цьому середовищі забезпечило розвиток як центрального, так і формування додаткових адвентивних пагонів на 18–24 добу культивування.

Висновки і перспективи. Проведені дослідження дали змогу отримати життєздатні асептичні мікропагони *in vitro* *Eucommia ulmoides* Oliver. Триває вивчення факторів, які впливають на регенерацію мікропагонів у вертикальній площині, стабілізації та оптимізації умов вирощування. Проводяться спостереження за реалізацією морфогенетичного потенціалу експлантатів на різних складових живильного середовища для дослідження особливостей органогенезу евкомії в'язолистої в умовах *in vitro*, підбір способів укорінення отриманих рослин-регенерантів та їх адаптації в умовах *ex situ*.

У результаті проведених досліджень відпрацьовано методику стерилізації експлантатів *Eucommia ulmoides* Oliver з ефективністю 78 % унаслідок поверхневої стерилізації 0,1 % розчином дихлориду ртуті на однорічних пагонах.

Вивчено вплив різних варіантів стерилізації на розвиток мікропагонів *Eucommia ulmoides* Oliver.

Підібрано оптимальне живильне середовище на етапі введення у культуру *in vitro* *Eucommia ulmoides* Oliver. Зокрема для мікроклонального розмноження евкомії на початкових етапах рекомендовано живильне середовище MS 1 із додаванням 0,5 мг·л⁻¹ БАП та 0,1 мг·л⁻¹ НОК.

Список літератури

Belokurova, V. (2010). Biotechnology methods in system of preservation plant biodiversi-

ty. *Cytology and genetics*, 44 (3), 58–72 [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*, 65 (1), 48–55.
- Deyama, T., Nishibe, S., & Nakazawa, Y. (2001). Constituents and pharmacological effects of *Eucommia* and Siberian ginseng. *Acta pharmacologica Sinica*, 22 (12), 1057–70.
- He, X., Wang, J., Li, M., Hao, D., Yang, Y., Zhang, C., He, R., & Tao, R. (2014). *Eucommia ulmoides* Oliv.: ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine. *Journal of ethnopharmacology*, 151 (1), 78–92.
- Kim, H. Y., Moon, B. H., Lee, H. J., & Choi, D. H. (2004). Flavonol glycosides from the leaves of *Eucommia ulmoides* O. with glycation inhibitory activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 93 (2–3), 227–230. doi:10.1016/j.jep.2004.03.047.
- Kunakh, V. (2005). *Biotechnology herbs. Genetic and physiological and biochemical bases*. Kyiv: Logos [in Ukrainian].
- Murashige, T. A., & Skoog, F. (1962). A Revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15 (13), 473–497.
- Nakazawa, Y., & Toda, Y. (1995). Cite as *Eucommia ulmoides* Oliv. (*Eucommiaceae*): *In Vitro* Culture and the Production of Iridoids, Lignans, and Other Secondary Metabolites. *Biotechnology in Agriculture and Forestry, Medicinal and Aromatic Plants*, VIII (33), 215–231.
- Rahman, S. S. (2018). DKW emerges as a superior media factor *in vitro* plantregeneration. *Agri.*, 1 (1), 3–4.
- Rong, Z., Ya-Lei, P., Shi-Jie, H., Xiang-He, K., Wang, J., & Qi-Bing, M. (2014). Effects of total lignans from *Eucommia ulmoides* barks prevent bone loss *in vivo* and *in vitro*. *Journal of Ethnopharmacology*, 155 (1), 104–112 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2014.04.031i>.

- Sih, C. J., Ravikumar, P. R., Huang, F.-C., et al. (1976). Isolation and synthesis of pinorelinol diglucoside, a major antihypertensive principle of tuchung (*Eucommia ulmoides* Oliver). *Am. Chem. Soc.*, 98, 5412–5413.
- Wang, J.-Y., Yuan, Y., Chen, X.-J., Fu, S.-G., Zhang, L., Hong, Y.-L., & Yang, Y.-Q. (2016). Extract from *Eucommia ulmoides* Oliv. ameliorates arthritis via regulation of inflammation, synovocyte proliferation and osteoclastogenesis *in vitro* and *in vivo*. *Journal of Ethnopharmacology*, 194, 609–616. doi:10.1016/j.jep.2016.10.038
- Xinying, Z., & Zhengli, L. (1984). Studies on the phloem of *Eucommia ulmoides* *in vitro*. *Science in China Series B-Chemistry, Biological, Agricultural, Medical & Earth Sciences*, 27 (7), 671–678. <https://doi.org/10.1360/yb1984-27-7-67>

S. Yu. Bilous, O. O. Oliynyk, A. A. Klyuvadenko (2019). Obtaining aseptic culture of *Eucommia Ulmoides* Oliver. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4):26-33. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.026>.

Cultivation of rare flora species in order to preserve their gene pool is one of the main tasks of our time. In vitro methods, in combination with ex situ, are nowadays becoming increasingly important means of supporting and maintaining the level of phytodiversity stability. Eucommia ulmoides Oliver is a deciduous tree, belongs to the Eucommiaceae family. This tree species grows in the territory of the NULES of Ukraine Arboretum in a single copy, is a valuable decorative introducer and has a number of medicinal properties. It is currently in poor condition and needs treatment and reproduction for preservation.

The purpose of the study was to develop biotechnology of microclonal propagation of E. ulmoides Oliv plants in the initial stages of reproduction for using healthy plant-materials in landscaping and cultivation in botanical gardens.

The relevance of microclonal reproduction of E. ulmoides Oliv is substantiated. Features of introduction into culture of E. ulmoides Oliv were established with using various sterilizing agents, types of explants and growing conditions. Different types of shoots 15–25 cm long with apical and lateral buds, selected from the donor plant in February – March were used for the work. Murasighe & Skoog (MS) and Driver (DKW) nutrient media were used for cultivation of Eucommia, with cytokinins and auxins addition to their composition: 6-BA (6-benzylaminopurine), NAC (α -naphthylacetic acid) and IAA (β -indolyl-3-acetic acid) both individually and in combination. Sucrose (0.3 %), mesoinositol (100 mg / l) and agar (0.7 %) were added to the medium, the pH of the medium was 5.7–5.8.

The influence of different sterilization variants on the development of Eucommia ulmoides Oliver microshoots has been studied. As a result of the research the technique of sterilization of E. ulmoides Oliv explants with 78 % efficiency due to surface sterilization of 0.1 % HgCl₂ on annual shoots has been worked out. Optimal nutrient media were established at the stage of in vitro culture of E. ulmoides Oliv. In particular, for the microclonal reproduction of E. ulmoides Oliv, the nutrient medium MS 1 supplemented with 0.5 mg·l⁻¹ BA and 0.1 mg·l⁻¹ NAA is recommended in the initial stages.

Keywords: *Eucommia ulmoides Oliver, microclonal propagation, explant, nutrient medium, plant regenerant, morphogenesis, in vitro.*

Отримано: 2019-11-26

ВПЛИВ АУТОМІКОБІОТИ НА КІЛЬКІСНІ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ НАСІННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ *IN VITRO*

Г. О. БОЙКО, кандидат сільськогосподарських наук
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: annaboyko31051990@ukr.net

Встановлено, що найвищі показники ростових процесів насіння сосни звичайної мав штам *Trichoderma viride* 2016 (лабораторна схожість зросла на 14–17 %). При цьому спостерігалось збільшення довжини проростків на 1,2 см і маси ростків на 0,07 г. Штам *Trichoderma lignorum* 201 мав також високі стимулювальні властивості. За його впливу виявлено значне збільшення довжини проростків на 1,9 мм і маси на 0,04 г, схожість зросла на 7–19 %. Штам *Trichoderma viride* 16 характеризувався стимулювальним впливом на проростання насіння (схожість була 18–22 %), при цьому збільшувалась довжина проростків на 1,5 мм і маса на 0,13 г. За умов оброблення штамом *Alternaria alternata* 2016 відбувалося збільшення схожості за культивування (14 доба) на 7 %, довжини проростків – на 0,3 мм. За оброблення згаданим штамом маса проростків зменшувалась на 0,2 г. Штами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016, *Trichoderma viride* 16 стимулювали ріст проростків сосни звичайної в середньому на 7–22 % порівняно з контролем (середовище Чапека). Доведено, що максимальне сповільнення процесів проростання, тобто найбільший фітотоксичний вплив, здійснювали *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16, *Aspergillus fumigatus* 2016. За результатами проведених досліджень, *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 сповільнювали ростові процеси в середньому на 25,9–74,6 %.

Ключові слова: аутомікобіота, насіння, сосна звичайна, мікроорганізм, штам.

Актуальність. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), як і переважна більшість інших хвойних лісових деревних рослин, у природних умовах відновлюється тільки насінневим шляхом. Поліпшення посівних якостей насіння з використанням мікробних біотехнологій є одним із

ключових елементів за умов її вирощування. Міко- і мікробіота є визначальними стимулювальними й інгібувальними чинниками, які впливають на схожість і енергію проростання насіння та біометричні показники сіянців, зокрема сосни звичайної (Rozenfeld, 2005).

Певну кількість видового різноманіття мікобіоти використовують для виробництва стимуляторів росту рослин, серед яких і пробіотики. Нині у лісовому господарстві ці аспекти залишилися майже поза увагою як лісівничої науки, так і практики лісогосподарського виробництва. Разом із тим, міко- й мікробіота насіння, як і рослин на різних етапах їхнього росту та розвитку, особливо в ювенільний період, суттєво впливають не лише на метаболітичні процеси, а й на характер росту, розвитку рослин. Це важливо зокрема тому, що лише в останні два десятиріччя експериментально доведено нестерильність насіння щодо патогенних організмів, у тому числі облігатних.

Зацікавленість до грибів як до об'єктів біотехнології невпинно зростає. Нині в Україні розроблено комплексну, екологічно безпечну біотехнологію отримання низки продуктів із трутових грибів. Їх практичне використання в різних напрямках медицини, сільського господарства та промисловості є досить вагомим, проте потребує детального вивчення та розвитку для лісового господарства.

Сьогодні у вітчизняній і світовій науці спостерігається підвищений інтерес до вивчення грибів. Це пов'язано, насамперед, із кардинальним переглядом значущості та унікальності екологічних функцій, які контролюються грибами у природних екосистемах. Гриби були й залишаються одним із головних та перспективних об'єктів біотехнології. Виявлено зацікавленість до мікроскопічних грибів насамперед як потенційних продуцентів, господарсько значущих ферментів, які продукуються грибами родів *Acremonium*, *Alternaria*, *Aspergillus*, *Glaucosporium*, *Fusarium*,

Penicillium, *Trichoderma* та ін. Так, про мікроміцети роду *Trichoderma*, зважаючи на їхню високу ефективність у боротьбі зі збудниками хвороб рослин, у різних країнах накопичено значний фактичний матеріал, який стосується фізіолого-морфологічних, біохімічних і генетичних досліджень грибів, а також технологій одержання біопрепаратів з їх успішним використанням. Зокрема, гриби роду *Trichoderma* є антагоністами збудників багатьох хвороб лісових деревних рослин, у тому числі збудників вилягання сіянців. Механізм захисної дії *Trichoderma* spp. оснований на їхній здатності пригнічувати розвиток патогенних мікроорганізмів у ризосфері рослин і стимулювати розвиток останніх за рахунок виділення біологічно активних речовин (Bylai, 1992).

З'ясування лісівничих чинників у контексті регуляції міко- та мікробіоти і тепер залишається досить актуальним, оскільки допомагає певною мірою не лише стимулювати сапротрофний складник мікробного комплексу рослин, а й підсилити на цій основі стимуляцію регуляторних чинників. На особливу увагу заслуговують дослідження видового складу і властивостей міко- та мікробіоти насіння сосни звичайної. Це дає змогу відібрати штами мікроорганізмів з високою біологічною активністю, що можуть бути використані не лише як потенційні мікробні препарати, а й продуценти біологічно активних речовин у процесі вирощування якісного садивного матеріалу сосни звичайної.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні низка вчених (Diakov, 1992; Патука, 2007; Sokolov, 2005) виділили 150–190 культур мікроорганізмів та грибів і довели, що орієнтовно 40–70 %

здатні синтезувати гетерауксини та вітаміни. Висока активність синтезу цих речовин відзначена у бактерій видів *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, *Mycobacterium album*, актиноміцетів *Actinomyces violaceus*, *Act. vulvoviridis*, *Act. flabus* ціанобактерій, дріжджів та грибів (*Fusarium gibbosum*, *F. sambucinum*, *F. verticillioides*, *Penicillium vitale*) (Rozenfeld, 2005).

Мікроорганізми, які продукують фітотоксичні речовини, належать до різних таксономічних груп. У їхньому середовищі виокремлюють групу фітопатогенних бактерій, які здатні уражати лісові деревні рослини. Це, зокрема, бактерії родів *Pseudomonas*, *Ervinia*, що можуть продукувати фітотоксини. Токсичність епіфітних та ендоефітних мікроорганізмів у лісових деревних рослин вивчено недостатньо, хоча, як відомо, утворення фітотоксинів фітопатогенами слугує показником їхньої здатності спричиняти захворювання рослин. Серед численних епіфітів і ендоефітів існують потенційні збудники бактеріозів (Rozenfeld, 2005).

Найбільший вплив на сільськогосподарські рослини і тварини проявляють гриби родів *Aspergillus* (*A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. ochraceus*), *Dendrodochium*, *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. lateritium*, *F. solani*, *F. oxysporum*), *Helminthosporium*, *Penicillium* (*P. funiculosum*, *P. nigricans*, *P. purpurogenum*, *P. verrucosum* var. *cyclopium*), *Stachybotrys* та *Verticillium* та інших (Pidoplichko, 1980). Фітотоксичний і стимулювальний вплив мікроміцетів для лісового господарства залишається мало вивченим. Тому подальшим нашим дослідженням стала перевірка виділених мікроміцетів на схожість насіння.

Деякі дослідники (Diakov, 1992) зауважують кореляцію між вмістом грибів роду *Trichoderma* в коренях і високою врожайністю рослин. У літературі є відомості про те, що внесення грибів роду *Trichoderma* значно активізує багато ферментів рослин – інвертазу, каталазу, амілазу, уреазу (Pidoplichko, 1977).

Окрім опосередкованої дії через мікрофлору, гриби роду *Trichoderma* можуть безпосередньо впливати на метаболічні процеси, що відбуваються в рослині, оскільки гриби здатні виділяти ауксини, гібереліни й інші сполуки (Pidoplichko, 1985).

У культуральній рідині грибів містяться продукти метаболізму, як-от гетероауксин, що стимулюють репродуктивні процеси в рослині, зокрема плодоношення. Стимулювання пояснюється вмістом у культуральній рідині грибів значної кількості вітамінів, амінокислот і мінеральних елементів. Штами грибів мають біологічну активність, здатну прискорювати ріст мікроорганізмів, рослин, характеризуються високим вмістом білка і широким спектром різних біологічно активних речовин у біомасі та культуральній рідині, що зазвичай важливо для біотехнології (Патука, 2007).

Висловлюють припущення (Kharchenko, 1986), що гриби роду *Trichoderma* безпосередньо впливають на ростові процеси, але не за гібереліновим, а за ауксиновим типом, за якого відбувається не тільки витягування клітин, а й накопичення біомаси, потовщення рослин, що узгоджується і з нашими дослідженнями.

Механізми стимулювання росту рослин грибами роду *Trichoderma* досліджував (Bylai, 1992) і відзначав підвищену конкурентоспроможність при колонізації ризосфери, захищаючи

верхівки коренів від зараження фітопатогенами. Крім того, *Trichoderma* spp. практично не протекціонують на процеси інфікування та колонізації коренів рослин мікоризоутворювальними грибами. З опрацьованих літературних даних можна зробити висновок, що гриби роду *Trichoderma* виявляють безпосередній стимулювальний ефект на ростові процеси насіння та біометричні показники сіянців сосни звичайної.

Мета дослідження: відбір штамів активних продуцентів біологічно активних речовин зі стимулювальним впливом на схожість та енергію проростання насіння, оцінка фітотоксичного та стимулювального впливу виділених із насіння сосни звичайної штамів грибів (на основі грибів, бактерій) на якісні та кількісні показники насіння сосни звичайної.

Матеріали і методи дослідження. Під час проведення дослідження було використано спеціальні методи наукових досліджень: мікологічні й фітопатологічні – для ізолювання міко- та мікроорганізмів із насіння з подальшим вивченням патогенних, культуральних, антагоністичних властивостей.

Матеріалом досліджень було насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), зібране в насадженнях різних вікових груп (молодняки, середньовікові, стиглі) та різних типах лісорослинних умов (ГЛУ). Із шишок, зібраних у дослідних насадженнях, добували насіння, яке розподіляли на фракції за забарвленням.

Дослідження проводили у проблемній лабораторії фітопатології та мікології кафедри фітопатології ім. акад. В. Ф. Пересипкіна Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Для дослідження використовували агаризовані диференційно-діа-

гностичні поживні середовища, оптимальні для росту і розвитку окремих фізіологічних груп мікроорганізмів: м'ясопептонний агар (МПА) – для бактерій; середовище Чапека – міцеліальних грибів; картопляно-глюкозний агар (КГА) – міцеліальних грибів і дріжджів. Ідентифікацію вилучених видів мікроміцетів проводили за морфологічними мікроструктурами грибів (спорами, конідіями та ін.), користуючись світловими мікроскопами фірм «Carl Zeiss» (Німеччина) та МБД-6 (об'єктиви $\times 8$, $\times 40$, $\times 90$).

Для дослідження активності штамів мікроміцетів культивування грибів проводили поверхневим методом за температури 26–28 °С на рідкому середовищі Чапека. За поверхневого культивування гриби висівали на середовища у колбах. Оцінку росту колоній починали на 3–4-ту добу після висівання досліджуваного зразка і виконували 2–3 обліки з інтервалом 1–2 доби.

Для визначення фітотоксичності ізолятів мікроміцетів їх вирощували поверхневим методом на рідкому поживному середовищі Чапека в ерленмейєрівських колбах, об'ємом 150 мл. Температура культивування грибів – 26–28 °С. Токсичність культуральної рідини визначали на 7–14-ту добу росту гриба. Перед визначенням токсичності культуральну рідину відокремлювали від міцелію фільтруванням. Насіння сосни звичайної (по 30 насінин), замочене у фільтратах грибів (10 мл, протягом 18 годин), розкладали на фільтрувальний папір у чашках Петрі. Контроль – насіння сосни звичайної, замочене у середовищі Чапека, яке пророщували 714 діб за температури 20–25 °С.

У лабораторних умовах енергію проростання та схожість (ДСТУ 8558:2015) насіння сосни визначали в

чашках Петрі на фільтрувальному папері. У кожній чашці розміщували по 30 насінин із додаванням 5 мл культуральної рідини, досліджуваного розчину або середовища Чапека чи води (контроль). Облік енергії проростання проводили на 7-й день експерименту, схожість на – 14-й. Повторюваність дослідів – триразова. Перші три дні насіння пророщували у термостаті за температури 26–28 °С, наступні – за кімнатної температури. Наявність у культуральній рідині та досліджуваних розчинах фітотоксинів визначали за ростовим ефектом: кількістю пророслих насінин, довжиною проростків та масою.

Енергію проростання та схожість насіння вираховували за формулами (ДСТУ 8558:2015):

$$E = \frac{n_1}{N} \times 100, \quad (1)$$

$$C = \frac{n_2}{N} \times 100, \quad (2)$$

де E – енергія проростання насіння, %; C – схожість насіння, %; n_1 – кількість насіння, що проросло на 7-й день після сівби, шт.; n_2 – кількість насіння, що проросло на 14-й день після сівби, шт.; N – загальна кількість висіяного насіння, шт.

Токсичними вважали культури, які знижують схожість насінин або пригнічують ріст проростків і коренів не менше ніж на 30 % порівняно з контролем.

Результати дослідження та їх обговорення. Мікроорганізми через виділення біологічно активних речовин можуть безпосередньо впливати на мікробіоценоз, а також на ріст, розвиток і продуктивність рослин. Вони є потенційними продуцентами ауксинів, гіберлінів, вітамінів, здатні сти-

мулювати ріст і розвиток рослин, підсилювати їх фотосинтез. Позитивний вплив мікроорганізмів на рослини завдяки стимуляторам росту сприяє формуванню добре розвинутих, здорових рослин, які менше уражуються шкідниками та збудниками хвороб.

Ідентифіковані у процесі гриби вирізнялися як стимулювальною, так і фітотоксичною дією. Свідченням цього є прискорення та гальмування ростових процесів насіння сосни звичайної за передпосівної обробки насіння штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Trichoderma viride* 16, *Alternaria alternata* 2016, *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16.

За результатами наших досліджень було встановлено фітотоксичний вплив штамів грибів родів *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichothecium*, які за літературними джерелами є потенційними збудниками захворювань насіння та сіянців сосни звичайної, а також стимулювання проростання насіння під впливом культуральних рідин *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201 (табл. 1).

Максимальне сповільнення процесів проростання, тобто найбільший фітотоксичний вплив здійснювали *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16; *Aspergillus fumigatus* 2016. За проведеними дослідженнями, *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 сповільнювали ростові процеси в середньому на 25,9–74,6 %.

Встановлено, що найвищими показниками ростових процесів насіння сосни звичайної вирізнявся штам *Trichoderma viride* 2016 (лабораторна схожість перевищували на 14–17 %). При цьому спостерігалось

1. Стимулювальний і фітотоксичний вплив мікроміцетів на якісні та кількісні показники насіння сосни звичайної, %

№ пор.	Штам гриба	Якісні показники насіння, %		Кількісні показники насіння, г	
		доба культивування			
		7	14		
1	Контроль (Чапека)	73,3±1,6	73,5±1,2	3,2±0,11	0,34±0,08
2	<i>Trichoderma viride</i> 2016	87,0±2,3	90,0±1,8	4,4±0,17	0,41±0,06
3	<i>Alternaria alternata</i> 16	37,2±1,9	47,0±1,1	2,1±0,11	0,28±0,04
4	<i>Trichoderma lignorum</i> 201	80,0±1,1	92,1±2,2	5,1±0,28	0,38±0,04
6	<i>Alternaria alternata</i> 2016	73,0±3,2	80,0±1,3	3,5±0,20	0,32±0,02
7	<i>Fusarium oxysporum</i> 206	31,1±2,1	27,0±3,6	2,2±0,18	0,11±0,01
8	<i>Fusarium sambucinum</i> 16	23,0±1,3	23,4±1,5	1,3±0,12	0,13±0,04
9	<i>Fusarium sambucinum</i> 2016	15,0±2,3	27,2±1,0	2,8±0,25	0,14±0,05
10	<i>Penicillium variabile</i> 16	12,0±1,2	13,0±1,7	1,2±0,07	0,04±0,03
11	<i>Penicillium lanosum</i> 201	17,0±1,9	20,0±2,4	1,3±0,01	0,08±0,01
12	<i>Aspergillus fumigatus</i> 20	17,0±2,4	27,0±2,9	1,8±0,23	0,12±0,04
13	<i>Aspergillus fumigatus</i> 2016	11,0±1,7	10,4±2,9	1,2±0,3	0,03±0,01
14	<i>Trichothecium roseum</i> 2016	40,3±2,9	47,0±1,3	3,1±0,23	0,16±0,02
15	<i>Trichoderma viride</i> 16	95,0±2,7	93,0±3,0	4,7±0,37	0,47±0,02

збільшення довжини проростків на 1,2 см і маси ростків на 0,07 г. Штам *Trichoderma lignorum* 201 мав також високі стимулювальні властивості. За його впливу виявлено збільшення довжини проростків на 1,9 мм і маси на 0,04 г, схожість зросла на 7–19 %.

Підвищення стимулювання росту спостерігали на 14-ту добу культивування (рис. 1).

Штам *Trichoderma viride* 16 характеризувався стимулювальним впливом на проростання насіння (схожість була 18–22 %), при цьому збільшувалася довжина проростків на 1,5 мм і маса на 0,13 г. За умов обробки штамом *Alternaria alternata* 2016 відзнача-

лося збільшення схожості при культивуванні (14-та доба) на 7 %, довжини проростків на 0,3 мм. За обробки згаданим штамом маса проростків зменшувалась на 0,2 г.

Штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016, *Trichoderma viride* 16 стимулювали ріст проростків сосни звичайної у середньому на 7–22 % порівняно з контролем (середовище Чапека).

Найменшою схожістю була за обробки штамами *Fusarium sambucinum* 2016 (лабораторна схожість становила 15,0±2,3 %), *Aspergillus fumigatus* 2016 (10,4±1,7 %), *Penicillium variabile* 16 (12,0±1,2 %), що в середньому на 50 %

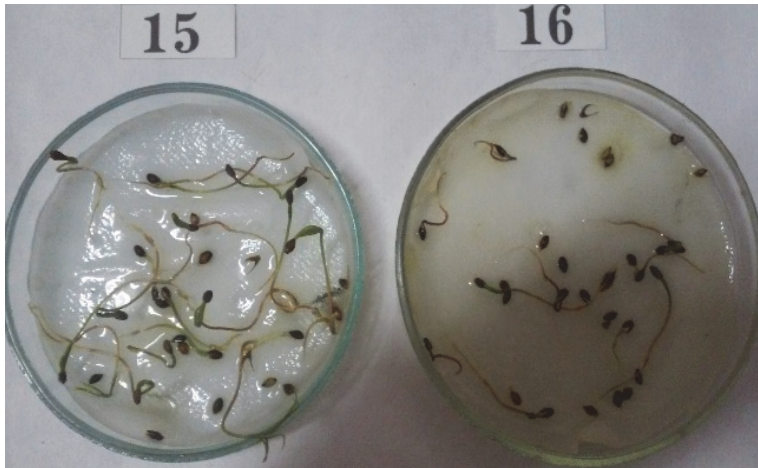


Рис. 1. Стимулювання ростових процесів насіння сосни звичайної за обробки штамом *Trichoderma viride* 16 (15 – *Trichoderma viride* 16; 16 – контроль (вода))

нижче порівняно з контролем. У середньому спостерігалось зменшення маси на 0,20 г і довжини ростків на 2 см відповідно. Одночасно з пригніченням росту спостерігалось зменшення довжини ростків на 4,2 мм та їхньої маси на 0,4 г, порівняно з контролем.

Найменша схожість була за оброблення насіння штамми *Fusarium sambucinum* 2016 (лабораторна схо-

жість становила $15,0 \pm 2,3$ %), *Aspergillus fumigatus* 2016 ($10,4 \pm 1,7$ %), *Penicillium variable* 16 ($12,0 \pm 1,2$ %), що в середньому на 50 % нижче порівняно з контролем (рис. 2).

У середньому спостерігалось зменшення маси на 0,20 г і довжини ростків на 2 мм порівняно з контролем.

За одержаними результатами *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium*

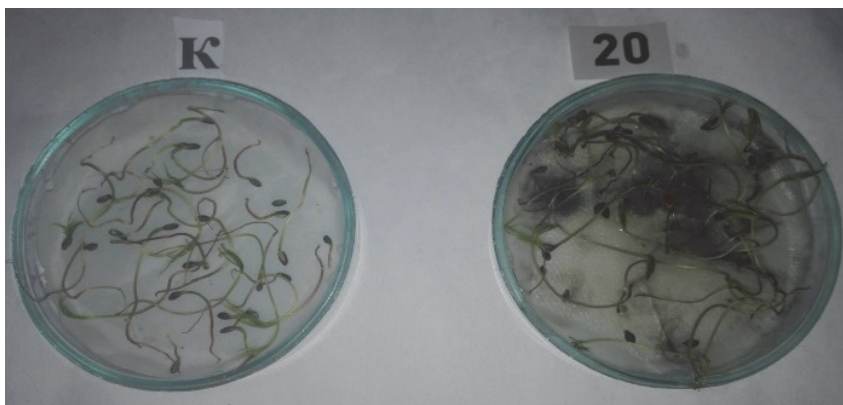


Рис. 2. Пригнічення ростових процесів насіння сосни звичайної під дією штаму *Fusarium oxysporum* 206 (20 – *Fusarium oxysporum* 206, K – контроль (вода))

sambucinum 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 сповільнювали ростові процеси у середньому на 25,9–74,6 %.

Штами *Trichoderma* найкраще проявили себе в лабораторних дослідженнях, і, на нашу думку, доцільно перевірити їх стимулювальну дію на ріст однорічних сіянців у розсаднику лісництва.

Висновки і перспективи. Виділені штами є потенційними продуцентами біологічно активних речовин і можуть бути використані в лісовому господарстві за умов формування мікробного ценозу насіння для підсилення конкурентоспроможності корисних мікроорганізмів.

Встановлено, що найвищі кількісні та якісні показники ростових процесів насіння сосни звичайної в умовах *in vitro* виявлено за умов обробки штамами *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Trichoderma viride* 16, *Alternaria alternata* 2016.

Менш ефективними були штами *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016.

Найбільшим фітотоксичним впливом характеризувалися штами *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Aspergillus fumigatus* 20, *Aspergillus fumigatus* 2016, *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16, *Aspergillus fumigatus* 2016.

Продуктування рістстимулювальних речовин згаданими штамами вказує на те, що біопрепарати на основі мікроміцетів *Trichoderma viride*

16, *Trichoderma lignorum* 201 можуть мати позитивний вплив на якісні та кількісні показники насіння, що потребує в подальшому детального дослідження.

Список літератури

- Bylai, V. Y. (1992). *Methods of experimental mycology*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- Diakov, Yu. T. (1992). *Life strategies of phytopathogenic fungi and their evolution*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- DSTU 8558: 2015. (2015). *Seeds of trees and bushes*. Methods for identifying the latest brilliance (similarities, liveability, goodness): [official report 01.01.2017]. Kiev: State Standards of Ukraine [in Ukrainian].
- Kharchenko, S. M. (1986). *Antimicrobial activity of mycotoxins*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Patyka, V. P. (2007). *Ecology of microorganisms*. Kyiv: Basis [in Ukrainian].
- Pidoplichko, N. M. (1977). *Atlas of mushrooms*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Pidoplichko, N. M. (1985). *Mushroom flora of roughage*. Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Kyiv [in Ukrainian].
- Pidoplichko, N. M. (1980). *Phytotoxicity of fungi of the genus Fusarium - the causative agent of root rot of winter wheat*. Microbiology. Kyiv [in Ukrainian].
- Rozenfeld, V. V. (2005). *Phytopathogenic properties of strains isolated from pine seeds*. Zhytomyr [in Ukrainian].
- Sokolov, D. V. (2005). *Phytopathogenic properties of strains isolated from pine seeds*. Zhytomyr [in Ukrainian].

H. O. Boyko (2019). Influence of automicobiota on qualitative and quantitative indicators of Scots pine seeds under in vitro conditions. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4): 34-42. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.034>.

Experimental data have shown that the dominant species in mycobiota of all age groups were *Trichoderma viride* (20.0–95.8 %), *Mycelia sterilia* (33–83.3 %), *Alternaria alternata* (6.7–83.3 %), *Cladosporium cladosporioides* (6.7–69.2 %). The fungi identified in the process were marked by both stimulating and phytotoxic action. It was found that *Trichoderma viride* 2016 was the highest in the growth processes of pine seeds (laboratory germination was exceeded by 14–17 %). There was an increase in the length of seedlings by 1.2 cm and the mass of sprouts by 0.07 g. The variety *Trichoderma lignorum* 201 also had high stimulating properties. Its effect revealed a significant increase in length of seedlings by 1.9 mm and weight by 0.04 g, germination increased by 7–19 %. Variety *Trichoderma viride* 16 was characterized by a stimulating effect on seed germination (germination share was 18–22%), with the increase of seedlings' length by 1.5 mm and weight by 0.13 g. Under conditions of treatment with *Alternaria alternata* 2016, there was an increase in germination during cultivation (14 days) by 7 %, and of seedlings' length – by 0.3 mm. When treated with this variety, the seedlings weight decreased by 0.2 g. The varieties of *Trichoderma viride* 2016, *Trichoderma lignorum* 201, *Alternaria alternata* 2016, *Trichoderma viride* 16 stimulated the growth of seedlings of pine by an average of 7–22 % compared to control (Chapek medium). It has been proved that the maximum slowing of the germination processes, i.e. the greatest phytotoxic effect was caused by *Fusarium sambucinum* 2016, *Penicillium variabile* 16; *Aspergillus fumigatus* 2016. According to the studies, *Fusarium oxysporum* 206, *Fusarium sambucinum* 16, *Penicillium lanosum* 201, *Trichothecium roseum* 2016 slowed growth processes on average by 25.9–74.6 %.

Keywords: automycobiota, seeds, Scots pine, microorganism, variety.

Отримано: 2019-11-12

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ НОРМАТИВІВ ОЦІНКИ ТОВАРНОЇ СТРУКТУРИ ПЕРЕСТІЙНИХ ДВОЯРУСНИХ БУКОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ

О. А. ГИРС, доктор сільськогосподарських наук, професор,
orcid.org/0000-0002-7633-8855

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ю. Й. КАГАНЯК, доктор сільськогосподарських наук, професор,
Національний лісотехнічний університет України

В. П. ПАСТЕРНАК, доктор сільськогосподарських наук, професор,
Український науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького

E-mail: aagirs@ukr.net

Сучасні дослідження таксаційної будови, сортиментної та товарної структури лісостанів різних деревних порід та вікових груп свідчать про певні характерні для них особливості, які не відповідають нормативним закономірностям, змодельованим у чинних сортиментних і товарних таблицях. І це, перш за все, стосується деревостанів бука, як головної лісоутворювальної деревної породи Українських Карпат. Тому розроблення відповідних нормативно-інформаційних матеріалів із урахуванням регіональних та вікових особливостей росту та товарної структури перестійних букових деревостанів є актуальним.

Моделювання будови двоярусних деревостанів для наступного розроблення товарних таблиць здійснювалось вперше. З цією метою спочатку було змодельовано теоретичні переліки загального розподілу дерев і другого ярусу (має нижчу мінімальність дерев за діаметром порівняно з першим ярусом), а потім визначено розподіл дерев за ступенями товщини першого ярусу деревостану як різницю між об'єднаним переліком і розподілом другого ярусу.

Виявлено, що основною особливістю розроблення точних нормативів оцінки товарної структури двоярусних насаджень є необхідність їх наступного перерахунку, пов'язана зі зміщенням середніх діаметрів ярусів (на 16–24 см) порівняно зі взятим за основу загальним середнім діаметром деревостану (наприклад, середній діаметр деревостану становить 32 см, середній діаметр першого ярусу – 52 см, а другого ярусу – 16 см). Таке зміщення має доволі складний зв'язок зі структурою розподілу запасів, адже запас відповідних категорій якості деревостанів, виражений через об'єм дерев, є кубічною величиною, яка змінюється швидше, аніж середній діаметр, що своєю чергою є похідним від квадратної величини, суми поперечних перетинів дерев у деревостані.

Ключові слова: перестійні деревостани, різновікові двоярусні насадження, товарні таблиці, статистичний аналіз, систематичні помилки.

Актуальність. Першочергове значення для формування лісової політики галузі на перспективу має прогнозування розміру головного лісокористування та якісної структури заготовленої деревини. Результати виконаних останнім часом досліджень таксаційної будови, сортиментної та товарної структури лісостанів різних вікових груп (Girs, 2011) свідчать про певні характерні для них особливості, які не відповідають нормативним закономірностям, змодельованим у чинних сортиментних і товарних таблицях. Тому нині актуальним є розроблення відповідних нормативно-інформаційних матеріалів з урахуванням регіональних і вікових особливостей росту й товарної структури деревостанів.

Перестійні букові деревостани регіону Українських Карпат зростають на площі понад 35 тис. га, причому понад 12 тис. га з них належать до двоярусних різновікових. Усі ці деревостани мають значний запас можливої для використання у процесі лісозаготівель деревини, яка потребує детального обліку (Bala et al., 2011). Оскільки нормативів для оцінки розмірно-якісної структури перестійних букових деревостанів не існує, тема цього дослідження є актуальною.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивчення розмірно-якісної (товарної) структури деревостанів базується на розробці нормативів розмірно-якісної структури дерев (сортиментні таблиці) за методикою кафедри таксації лісу та лісового менеджменту (Nikitin & Schvidenko, 1972, 1978), яка передбачає необхідність вирішення трьох завдань: аналіз співвідношення висот і діаметрів дерев і побудова розрядної шкали; визначення математичної моделі видових чисел стовбурів;

встановлення закономірностей розподілу об'єму стовбурів за розмірно-якісними категоріями.

Крім того, необхідно було вивчити закономірності розподілу, зв'язку та мінливості таксаційних ознак деревостанів (будова деревостанів), без моделювання яких неможливо розробити сучасні нормативи товарності деревостанів. Для побудови теоретичних рядів розподілу кількості стовбурів за різними таксаційними показниками насаджень і, передусім, за діаметром дослідники пропонують різні моделі розподілів: К. Є. Нікітін, А. З. Швиденко – розподіл Шарльє; О. А. Макаренко, О. О. Атрощенко – криву Пірсона I типу; С. М. Свалов – розподіл Вейбулла та γ -розподіл (Svalov, 1983), F. Zöhler (1972) – β -розподіл. Ми виконали у середовищі EXCEL за програмою БУДОВА розрахунки на основі β -розподілу як найоптимальнішого для цього об'єкта досліджень.

Мета дослідження: на основі попередньо розроблених сортиментних таблиць (Gaychuk & Girs, 2012) і рядів розподілу кількості стовбурів за діаметром (Gaychuk & Girs, 2015) показати особливості розроблення нормативів для оцінки товарності різновікових перестійних букових деревостанів та оцінити точність запропонованих нормативів.

Матеріали і методи дослідження. Вихідною інформацією для виконання досліджень сортиментної структури стовбурів бука були матеріали 39 пробних площ, закладених у перестійних деревостанах із рубкою та обміром 622 модельних дерев. Оскільки формування другого ярусу відбувається упродовж кількох останніх десятиліть розвитку різновікового деревостану, він майже не впливає на ріст, фаутист

і повнодеревність перестійного основного ярусу, тому нормативи сортиментної структури перестійних дерев бука не було сенсу розробляти окремо для одно- та різновікових деревостанів. Отримані нормативи (Gaychuk & Girs, 2012) були розроблені за загальнови-знаною методикою, а дослідна перевірка довела їхню високу точність.

Вивчення закономірностей розпо-ділу діаметра в перестійних букових деревостанах проводили на підставі матеріалів таксації 144 переліків де-ревостанів (у т. ч. 45 – у різновікових деревостанах), відведених у рубки го-ловного користування. Дослідження-ми було встановлено, що близько 80 % переліків стовбурів перестійного бука за діаметром у букових деревостанах можна описати за допомогою β - розпо-ділу. Також було виявлено, що перестій-ні букняки в Українських Карпатах, як правило, – різновікові, причому третина з них має бути протаксована за ярусами (другий ярус виділяють за наявності в ньому запасу деревини не менше ніж $30 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ та різниці в середній висоті між ярусами не нижче ніж 20 %).

У результаті відповідних розра-хунків було отримано ряди розпо-ділу діаметра одновікових і різновіко-вих (для першого та другого ярусів) перестійних букових деревостанів (Gaychuk & Girs, 2015), за якими за попередньо розробленими сорти-ментними таблицями були порахо-вані відповідні нормативи товарної структури. У підсумку ці нормативи вирівнювали з метою уникнення по-милок округлень результатів і переві-ряли на дослідному матеріалі.

Результати дослідження та їх обговорення. Дослідну перевірку та оцінку точності розроблених товар-них таблиць для таксації перестійних букових деревостанів проводили у

кілька етапів. Спочатку товарні табли-ці, розроблені для одновікових і різ-новікових деревостанів, перевіряли за матеріалами 28 пробних площ (пора-ховані за програмою ПЕРТА, причому 13 пробних площ – одновікові, а інші – різновікові букняки) з урахуванням даних фактичного розкряжування об-лікових дерев (цей варіант більш точ-ний). За другим варіантом результати товаризації порівнювали з даними оцінки деревостанів за розробленими сортиментними таблицями. Другий варіант цікавий із погляду перевірки відповідності сортиментних і товар-них таблиць, що має неабияке значен-ня для виробництва.

Аналіз показав, що розроблені то-варні таблиці для таксації перестій-них одновікових букових деревос-танів характеризуються незначною систематичною помилкою (-1,6 % для ділової та 1,9 % для дров'яної де-ревини), пов'язаною з високою мін-ливістю виходу категорій деревини в перестійних деревостанах (середня квадратична помилка становить 12–13 %). Врешті, перевірка нормативів за критичними значеннями t -крите-рію Стьюдента ($t_0=2,18$) довела їхню цілком достатню точність.

Слід зазначити, що окремі по-милки, виявлені й під час товариза-ції одновікових перестійних букових деревостанів, пов'язані з наявністю у дослідному матеріалі умовно од-новікових деревостанів з запасом другого ярусу в 11–16 $\text{м}^3/\text{га}$. Перевір-ка нормативів за другим варіантом показала відповідність розроблених сортиментних і товарних таблиць для таксації перестійних одновікових бу-кових деревостанів.

Дослідження різниці у виході ос-новних категорій деревини між чин-ними (Shvidenko, 1987), які були роз-

роблені для таксації стиглих букових деревостанів, та розробленими нормативами товарної структури букових деревостанів (на прикладі 70 % ділових стовбурів) показали, що перестійні одновікові букові деревостани мають значно нижчу товарну структуру. Зокрема, вихід ділової деревини в них становить 61–74 %, тоді як у стиглих деревостанах – 65–74 % загального запасу. Потрібно зауважити, що частка грубої деревини через розтягнутість рядів розподілу діаметра в перестійних деревостанах є більш стабільною і лежить у межах 52–59 %, натомість у стиглих насадженнях залежно від товщини деревостану вона змінюється від 30 до 63 %.

Слід докладніше зупинитися на моделюванні товарних таблиць для різновікових деревостанів, оскільки воно має свої особливості.

У табл. 1 наведено дані щодо середніх діаметрів, запасів і відсотка ділових стовбурів для масиву пробних площ різновікових букняків за ярусами, загалом для моделювання їхньої будови було використано 45 переліків.

Як видно з табл. 1, хоч запас другого ярусу в середньому становить лише 15 % загального, його виділення піднімає середній діаметр першого ярусу на 20 см (із 32 до 52 см), а кількість ділових стовбурів – на 35 % (із 28 до 63 %) порівняно з параметрами деревостану в цілому. Отже, помилка у виділенні ярусів може істотно впливати на точність оцінки структури запасу деревостанів за їх категоріями.

На рис. 1 із даних табл. 1 наведено взаємозв'язок між загальним середнім діаметром деревостану та середніми діаметрами його ярусів.

1. Параметри ярусів різновікових перестійних букових деревостанів

Шифр проби	Перший ярус			Другий ярус			Деревостан	
	Ділові, %	Д, см	М, м ³ /га	Ділові, %	Д, см	М, м ³ /га	Ділові, %	Д, см
4	49	56	440	10	22	49	28	40
6	38	52	401	6	20	38	18	35
7	29	44	290	14	18	29	20	32
882103	91	60	329	7	12	91	23	29
882106	67	52	257	8	14	67	25	30
882107	83	44	319	6	12	83	29	27
882108	86	48	226	19	16	86	38	29
882109	85	48	270	9	12	85	28	26
882110	84	52	255	10	12	84	32	30
882128	62	52	303	4	14	62	14	31
882129	64	56	334	13	22	64	33	39
882130	62	56	225	6	16	62	15	27
882131	52	48	405	7	14	52	19	28
882136	34	60	250	20	22	34	22	29
Середнє значення	63	52	307	10	16	63	28	32

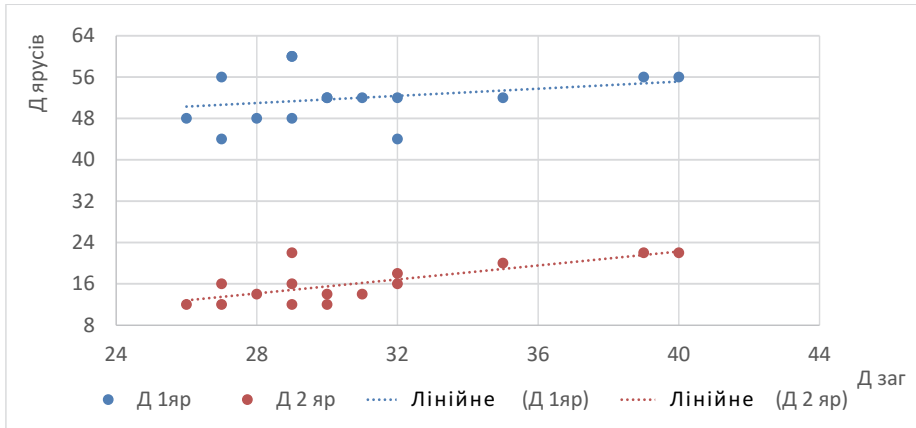


Рис. 1. Взаємозв'язок між загальним середнім діаметром деревостану та середніми діаметрами його ярусів

За даними рис. 1 можна легко знайти значення середніх діаметрів ярусів відповідно до зміни середнього діаметра деревостану.

Моделювати нормативи оцінки товарної структури перестійних дво-ярусних букових насаджень потрібно таким чином.

Будову деревостанів моделюють за загальним вибраним розподілом дерев (β -розподіл), оскільки відведення деревостанів у рубку головного користування та матеріальну оцінку лісосік здійснюють за сортиментними таблицями за загальним переліком дерев.

З метою моделювання будови деревостанів за ярусами слід моделювати один з ярусів за відповідним розподілом (краще той, який найбільшою мірою відповідає вибраному, наприклад, β -розподілу), а будову іншого ярусу розраховують як різницю теоретичних переліків загального розподілу та вибраного ярусу.

У нашому випадку розподіл дерев за ступенями товщини першого ярусу деревостану було одержано як різницю між об'єднаним переліком і

розподілом другого ярусу. На наш погляд, такий підхід має певну перевагу порівняно з моделюванням розподілів стовбурів за ступенями товщини окремо для кожного ярусу, оскільки дає можливість уніфікації нормативів, тобто існує взаємозв'язок попередньо розроблених сортиментних таблиць із майбутніми нормативами товарної структури деревостанів (на конкретно відведеній лісосіці розподіл запасів деревини за розмірно-якісними категоріями здійснюють за сортиментними таблицями відповідно до загального об'єднаного переліку дерев).

За отриманими розподілами (Gauchuk & Girs, 2015) та попередньо розрахованими сортиментними таблицями (Gauchuk & Girs, 2012) було змодельовано та відповідно вирівняно товарні таблиці для першого та другого ярусів, входами до яких є відсоток ділових стовбурів і середній діаметр конкретного ярусу. Розроблені нормативи містять значну кількість структурних елементів (перший і другий яруси), показники яких мають високу мінливість, а тому потребують обов'язкової перевірки.

Перевірку товарних таблиць для різновікових деревостанів спочатку проводили на 14 пробних площах за ярусами за даними фактичного обміру модельних дерев. Статистичний аналіз такої перевірки наведено в табл. 2.

Під час порівняння було виявлено, що в результаті високої мінливості середніх діаметра і відсотка ділових стовбурів між загальною частиною деревостану та його ярусами (а ці показники є входами до товарних таблиць), систематичні помилки у виході основних категорій деревини становили близько 6–10 %.

Отримані нормативи потребують перерахунку, оскільки містять істотні систематичні помилки (у першому ярусі завищено відсотки виходу грубої та ділової деревини, а у другому – навпаки), пов'язані зі зміщенням середніх діаметрів ярусів (на 16–24 см) порівняно з узятим за основу загальним середнім діаметром деревостану.

Як приклад на рис. 2 наведено розподіл дерев за ступенями товщини для деревостану з середнім діаметром 40 см.

Значні систематичні помилки нормативів пов'язані з тим, що об'єм дерев (запас відповідних категорій якості деревостанів) є кубічною величиною, яка зростає швидше, аніж середній діаметр, що є похідним від квадратної величини, суми поперечних перетинів.

Зокрема, за даними пробної площі № 882128 середній діаметр деревостану становить 32 см, тоді середній діаметр першого ярусу – 52 см, загальний вихід ділової деревини за сортиментними таблицями становить 57 %, а за товарними таблицями (60 % ділових стовбурів) для діаметра першого ярусу (52 см), складеними за параметрами загального розподілу, – 65 %. Приблизно те саме, але з протилежним знаком, відбувається під час товаризації другого ярусу деревостану.

Починати перерахунок потрібно з першого ярусу, оскільки він має принципове значення для матеріальної оцінки деревостану, причому структура товарних таблиць, порашованих за параметрами рядів загального розподілу дерев, не має змінюватись. У та-

2. Оцінка точності першого варіанта розроблених товарних таблиць для таксації перестійних різновікових букових деревостанів

Позначення статистики	Значення статистик для категорій деревини				
	для грубої	для середньої	для дрібної	для ділової	для дров
Перевірка першого ярусу перестійних деревостанів ($t_0 = 2,16$)					
u	6,6	0,2	0,2	7,0	-7,6
σ	4,2	0,8	0,4	4,0	4,3
s	7,8	0,9	0,4	8,0	8,7
t	8,30	1,48	3,11	9,24	-9,26
Перевірка другого ярусу перестійних деревостанів ($t_0 = 2,16$)					
u	-1,3	-6,7	-1,1	-9,1	9,9
σ	1,2	3,0	1,3	3,4	3,8
s	1,8	7,3	1,7	9,7	10,6
t	-5,76	-12,00	-4,36	-14,14	13,88

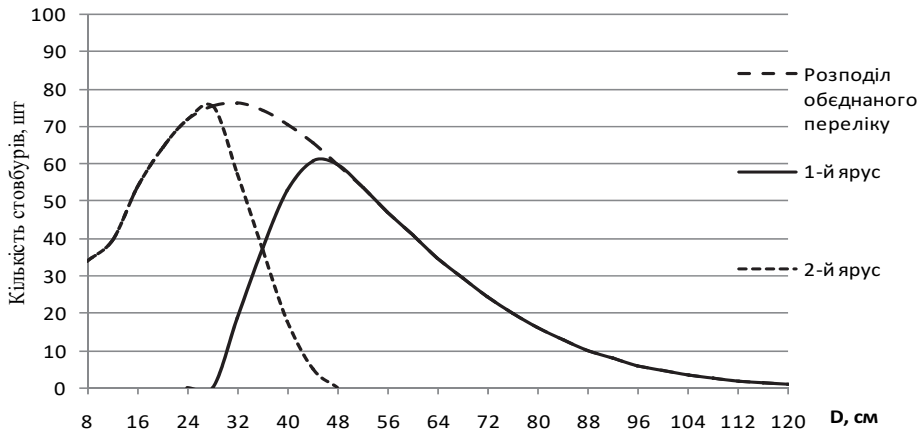


Рис. 2. Розподіл дерев за ступенями товщини для деревостану з середнім діаметром 40 см

кому разі з табл. 2 видно, що плюсові систематичні помилки нормативів (до 7 % для ділової деревини) можна компенсувати зменшенням частки ділових стовбурів у розроблених нормативах.

У табл. 3 наведено фрагмент запропонованих нормативів товарної структури перестійних різновікових букових деревостанів.

Із попередньо розроблених сортиментних таблиць (Gauchuk & Girs, 2012) видно, що вихід ділової деревини з ділових стовбурів перестійного бука в середньому становить 80 % по запасу. Отже, зменшення виходу ділової деревини на 7 % компенсується 9–10-відсотковим зменшенням частки ділових стовбурів у першому ярусі деревостану. Тобто, як перше коригування, у розроблених нормативах достатньо замінити підписи відсотка ділових стовбурів (80 % замінити на 70 %, 70 на 60 і т. д.). В тому ж ключі, але з протилежним знаком розробляли нормативи товарної структури другого ярусу букових деревостанів. Звичайно, остаточний варіант товарних таблиць потребував графічної інтерпретації, аналізу та вирівнювання.

У подальшому виправлені нормативи перевіряли за сортиментними таблицями. За результатами перевірки в табл. 4 за ярусами наведено статистичну оцінку товарних таблиць перестійних різновікових букових деревостанів.

Перевірку за попередньо розробленими сортиментними таблицями, а не за фактичним кряжуванням на сортименти (програма ПЕРТА), проводили з кількох причин: була можливість залучити до перевірки значно більшу кількість дослідного матеріалу у вигляді не тільки пробних площ, а й виробничих переліків. Крім того, вище наведені дослідження довели достатню точність розроблених нормативів, а виробництво зацікавлене у відповідності нормативів сортиментної і товарної структури деревостанів.

Для перевірки точності товарних таблиць першого ярусу було виконано порівняння виходу категорій деревини за 45 переліками з розробленими сортиментними таблицями. Аналіз показав, що систематична помилка нормативів для першого ярусу для ділової (у т. ч. грубої) деревини становить - 0,3 і 0,6 % відповідно. Розрахункові для цих

**3. Товарна структура перестійних різновікових букових деревостанів
(фрагмент для 50–70 % ділових стовбурів)**

Середній діаметр, см	Товарна структура першого ярусу							Середній діаметр, см	Товарна структура другого ярусу					
	груба	середня	дрібна	ділова	дрова	відходи	груба		середня	дрібна	ділова	дрова	відходи	
70 % ділових стовбурів														
24	41	23	2	66	28	6	12	0	22	40	62	31	7	
28	51	15	1	67	27	6	14	1	33	30	64	29	7	
32	57	9	1	67	27	6	16	6	37	21	64	29	7	
36	62	6	0	68	26	6	18	17	34	16	67	26	7	
40	63	4	0	67	27	6	20	20	34	13	67	26	7	
44	63	4	0	67	27	6	22	24	31	11	66	27	7	
48	61	4	0	65	29	6	24	32	27	8	67	26	7	
52	58	4	0	62	33	5								
56	57	3	0	60	35	5								
60	57	3	0	60	35	5								
60 % ділових стовбурів														
24	36	18	2	56	39	5	12	0	19	35	54	40	6	
28	45	12	1	58	37	5	14	1	29	26	56	38	6	
32	49	7	1	57	38	5	16	5	32	20	57	37	6	
36	53	5	0	58	37	5	18	15	30	14	59	35	6	
40	54	4	0	58	37	5	20	18	29	11	58	36	6	
44	54	3	0	57	38	5	22	21	27	10	58	36	6	
48	52	3	0	55	40	5	24	27	24	7	58	36	6	
52	50	3	0	53	42	5								
56	48	3	0	51	44	5								
60	47	3	0	50	46	4								
50 % ділових стовбурів														
24	30	14	1	45	51	4	12	0	16	31	47	48	5	
28	36	9	1	46	50	4	14	1	25	22	48	47	5	
32	41	6	1	48	48	4	16	4	28	16	48	47	5	
36	44	4	0	48	48	4	18	13	26	11	50	45	5	
40	44	3	0	47	49	4	20	15	25	10	50	45	5	
44	43	3	0	46	50	4	22	18	23	8	49	46	5	
48	41	3	0	44	52	4	24	23	20	7	50	45	5	
52	39	3	0	42	54	4								
56	38	3	0	41	56	3								
60	38	2	0	40	57	3								

4. Оцінка точності розроблених товарних таблиць для таксації перестійних різновікових букових деревостанів за ярусами

Позначення статистики	Значення статистик для категорій деревини				
	для грубої	для середньої	для дрібної	для ділової	для дров
Перевірка за першим ярусом ($t_0 = 2,01$)					
u	0,6	-0,4	-0,1	-0,3	0,2
σ	4,3	1,7	0,2	4,7	4,8
s	4,3	1,7	0,2	4,7	4,8
t	0,87	-1,59	-3,07	-0,37	0,27
Перевірка за другим ярусом ($t_0 = 2,16$)					
u	-0,3	-0,7	1,0	0,0	-0,2
σ	1,3	3,8	1,5	4,6	5,0
s	1,4	3,8	1,8	4,6	5,0
t	-0,70	-0,73	2,38	-0,02	-0,18

категорій критерії Стьюдента лежать у межах критичного його значення ($t_0=2,01$). Значення статистики дрібної ділової деревини за t -критерієм дещо завищені, однак, через незначну її частку у загальному запасі, вона не має істотного впливу на товаризацію запасу.

Перевірка виходу категорій деревини для другого ярусу за товарними та сортиментними таблицями також засвідчила їхню високу точність. Систематична помилка нормативів для другого ярусу для ділової деревини за 14 переліками дорівнює нулю і лише для дрібної та середньої ділової деревини вона становить 1,0 і -0,7 %. В цьому випадку розрахунковий показник критерію Стьюдента також невеликою мірою перевищує його критичне значення, але, як і у першому ярусі, тут дрібна деревина має невеликі абсолютні показники.

Висновки і перспективи. Висвітлені методичні положення щодо розроблення та розрахунку нормативів товарної структури двоярусних деревостанів є новими за змістом і формою, у тому числі з наукового по-

гляду, й можуть бути використані у лісовпорядному проектуванні.

Розроблені для перестійних деревостанів нормативи істотно різняться від чинних нормативів (Kashpor, 2013), створених для оцінки товарної структури стиглих букових деревостанів. Представлені нормативи значно підвищують точність таксації перестійних букняків і тому можуть бути рекомендовані для практичного ведення лісового господарства та лісовпорядного проектування.

Список літератури

- Bala, O. P., Terentiev, A. Yu., & Vasylyshyn, R. D. (2011). Comparative characteristic of stands indicators of modal beech stands in Carpathian region of Ukraine. *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 6 (28). Retrieved from http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_6/11bop.pdf [in Ukrainian].
- Gaychuk, S., & Girs, O. (2012). Dimensional-Qualitative structure beech trees of Overmature Beech Forest Stands of the Ukrainian Carpathian Mountains. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 173 (3), 16–23 [in Ukrainian].

- Gaychuk, S., & Girs, O. (2015). Taxation structures in diameter of uneven-aged of Overmature Beech Forest Stands of the Ukrainian Carpathian Mountains. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 216 (1), 44–50 [in Ukrainian].
- Girs, O. (2011). *Maturity of forest stands and use of wood resources in forests of different functional purpose*. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Kashpor, S. (2013). *Forest inventory handbook*. Kyiv [in Ukrainian].
- Nikitin, K. E., & Shvidenko, A. Z. (1978). *Methods and techniques for processing forest information*. Moscow: Forestry industry [in Russian].
- Nikitin, K., & Schvidenko, A. (1972). *Evaluation of cutting areas on computers*. Kyiv [in Russian].
- Shvidenko, A. (Ed.). (1987). *Normative and reference materials for the forest inventory of Ukraine and Moldova*. Kyiv, 560 [in Russian].
- Svalov, N. N. (1983). The main provisions of the methodology for modeling tree stand productivity. *Scientific bulletin of Lithuanian Academy of Agriculture*, 38–40 [in Russian].
- Zöhrer, F. (1972). The beta-distributions for best fit of stem-diameter-distributions. *UFRO 3 Conf. Gr. Consult statist forest*, 91–104. Paris.
-

O. A. Girs, Yu. Y. Kaganiak, V. P. Pasternak (2019). Features of the development of standards for assessing the commodity structure of overmature two-layer beech forest stands. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4): 43-52. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.043>.

Modern researches of mensuration structure, assortment and commodity structure of forest stands of different tree species and age groups show certain specific features which do not correspond to the regularities, which are modeled in the current assortment and commodity tables. And first of all, this concerns to beech stands as the main forest-forming tree species of the Ukrainian Carpathians. Therefore, the development of appropriate regulatory information materials, that would account for the regional and age peculiarities of growth and commodity structure of overmature beech stands is relevant.

It was the first time that the structure of two-layer stands was modeled for the subsequent development of commodity tables. For this purpose, first there were modeled the theoretical lists of tree distribution and the second layer (has lower variance of trees by diameter compared to the first layer), and then the distribution of trees by diameter classes of the stand's 1st layer was determined as the difference between the combined list and 2nd layer distribution.

It is determined that the main feature of the development of precise standards for assessing the commodity structure of two-layer stands is the need for their subsequent recalculation in connection with the displacement of the average diameter of layers (by 16–24 cm) compared to the total average diameter of the stand (for example, if the average diameter of a stand is 32 cm, then the average diameter of the 1st layer is 52 cm and the average diameter of the 2nd layer is 16 cm).

This offset has a rather complex relationship with the structure of the distribution of growing stock, since the stock of the corresponding categories of quality of stands, expressed in terms of volume of trees, is a cubic quantity that changes faster than the change in the mean diameter, which in turn depends on the square of the sum of trees' cross sections in the stand.

Keywords: over-mature stands, two-layer stands, commodity tables, statistical analysis, systematic errors.

Отримано: 2019-10-21

ПРОВІДНИКИ ГОРІННЯ НИЗОВИХ ПОЖЕЖ У СОСНОВИХ ЛІСОСТАНАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

В. А. КОРЕНЬ, здобувач,

О. М. СОШЕНСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук,

orcid.org/0000-0002-3028-0723

В. В. ГУМЕНЮК, кандидат сільськогосподарських наук,

orcid.org/0000-0003-4143-0739

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: Volodymyrkoren@gmail.com

Комплексне оцінювання лісових горючих матеріалів (ЛГМ) є основою планування протипожежних профілактичних заходів на території лісового фонду, а їх класифікація потрібна для прогнозування розвитку пожеж та оцінювання ризику виникнення пожеж. У статті наведено результати дослідження запасів наземних ЛГМ, які формуються в умовах свіжих і вологих борів і суборів Західного Полісся України. Дослідження запасів наземних горючих матеріалів виконували в розрізі груп ЛГМ відповідно до класифікації М. П. Курбатського (I – мохи, лишайники і дрібні рослинні рештки; II – лісова підстилка; III – трав'яна рослинність і напівкущі). За результатами дослідження встановлено закономірності накопичення наземних ЛГМ у соснових лісах, зокрема залежність їх запасів від віку насадження, його повноти, типу лісорослинних умов та особливостей проведення лісгосподарських заходів. Встановлено, що абсолютні значення запасів ЛГМ зростають зі збільшенням віку насаджень, проте відносні значення запасу різних груп вказують на їх сталість, зокрема, в середньому запас I групи ЛГМ становить 13,4 %, II групи – 85,2 %, III групи – 1,4 % їх сумарного запасу. Мінливість запасу ЛГМ II групи становить 4,1 %, I групи – 27,7 % і III групи – 49,5 %. Загальний запас ЛГМ на зрубі є вищим порівняно зі вкритими лісом ділянками, зокрема, загальна маса I–III груп ЛГМ на зрубі вища у 1,2 разу, ніж у стиглих і перестійних соснових насадженнях. Запас наземних ЛГМ у незімкнутих лісових культурах вищий, ніж відповідний середній запас у молодняках, у 2,6 разу. На основі дослідних даних встановлено, що розвиток пожежі та її вид визначається вологістю та просторовою структурою переважно II групи ЛГМ.

Ключові слова: лісові горючі матеріали, лісові пожежі, пожежна небезпека, Західне Полісся України.

Актуальність. Згідно з офіційними даними, у середньому за період 1990–2017 рр. на території України щорічно трапляється близько 3,8 тис. лісових пожеж на загальній площі 5,0 тис. га, при цьому спостерігається тенденція до зростання кількості великих пожеж (Zibtsev et al., 2019). Вагомий вплив на зростання ризиків виникнення і розвитку пожеж мають кліматичні зміни, які слід враховувати, досліджуючи питання пожежної безпеки в лісах. Останніми десятиріччями нестабільність погоди зросла, а періоди з тривалими посухами, тепловими хвилями і днями інтенсивних опадів почастишали і стали більш деструктивними (Jones & Moberg, 2003). Упродовж двох останніх століть частота посух у середньому зросла в 2–3 рази (Svydenko et al., 2014). За прогнозами, упродовж наступних десятиліть на території України слід очікувати негативних змін погодних умов із погляду пожежної безпеки: підвищення температури повітря, зміщення сезонів, зростання тривалості вегетаційного і пожежонебезпечного періодів, зростання повторюваності та інтенсивності хвиль тепла і стихійних гідрометеорологічних явищ, зміну водних ресурсів місцевого стоку (Balabukh et al., 2016; Shevchenko et al., 2014; Svydenko et al., 2016).

Негативні щодо пожежної безпеки кліматичні зміни, які сприяють зростанню рівня пожежної безпеки в лісах, зумовлюють актуальність дослідження лісових горючих матеріалів, комплексна оцінка яких потрібна для прогнозування розвитку пожежі та її перебігу. Наявність інформації про лісові горючі матеріали є передумовою ефективного планування профілактичних протипожежних заходів

та основою оцінювання можливої емісії продуктів горіння у атмосферу і моніторингу зміни запасів вуглецю в екосистемах (Prichard & Susan, 2013).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ризик розвитку лісової пожежі визначається наявністю першого шару горючих матеріалів, яким поширюється горіння. У соснових лісостанах провідниками горіння найчастіше є опад, мохи, лишайники та лісова підстилка (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970; Voron, 2018). У нинішній час комплексних досліджень лісових горючих матеріалів у регіоні Західного Полісся України немає, вивчали лише запаси та фракційний склад підстилки соснових насаджень у межах дослідження у 1970-х рр. малого біологічного кругообігу речовин (Myakushko, 1978). Результати попередніх досліджень лісових горючих матеріалів, які проводили в Україні інші вчені, дають змогу виконати загальну оцінку запасів горючих матеріалів у лісах українського Полісся (Borsuk, 2011; Kuzuk, 2012; Voron, 2018), проте для більш повного аналізу потрібно мати поглиблену інформацію – про фракційний склад наземних горючих матеріалів, потужність, щільність, а також висоту, склад та проективне покриття ярусів рослинності (живого надгрунтового покриву, підросту, підліску), які в сукупності дають можливість змоделювати розвиток лісової пожежі в конкретних умовах. Так, за даними М. Софронова наявність у насадженнях підліску та підросту може суттєво підсилити низові пожежі за показника його зімкнутості на рівні 0,3 і вище, а ярус трав'янистих рослин і кущиків доцільно враховувати за його проективного покриття на рівні 0,4 і вище (Sofronov et al., 2005). Під час

стійких низових пожеж значні запаси лісової підстилки сприяють пошкодженню кореневих систем і стовбурів, що підвищує відпад дерев у насадженнях (Sydorenko et al., 2015). Температура горіння ЛГМ залежить від запасу та вологості підстилки, а також від наявності та складу живого надґрунтового вкриття й запасу опаду (Levchenko et al., 2015). Також, згідно з класичними положеннями, ЛГМ поділяють за їхньою участю у процесі горіння на ті, що підтримують горіння, затримують або не беруть участі у горінні, й ті, що є провідниками горіння (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970). Отже, системні дослідження накопичення ЛГМ та їх зв'язку з лісівничо-таксаційними показниками насаджень у Західному Поліссі не проводили, що зумовлює актуальність цієї роботи.

Метою дослідження є встановлення закономірностей формування наземних лісових горючих матеріалів у соснових лісах Західного Полісся за окремими групами відповідно до класифікації М. П. Курбатського (Kurbatskiy, 1970). Групування ЛГМ здійснюється відповідно до ролі, яку вони відіграють під час пожеж із урахуванням місця їх розташування у насадженні та функцій, які вони виконують під час пожежі. Дослідження спрямоване на визначення запасів наземних лісових горючих матеріалів трьох груп, відповідно до класифікації М. П. Курбатського: I – мохи, лишайники і дрібні рослинні рештки; II – лісова підстилка; III – трав'яна рослинність і напівкущі.

Матеріали і методи дослідження. Дослідні дані збирали на території Сарненського, Кричильського, Страшівського та Костянтинівського лісництв ДП «Сарненське лісове господарство». Під час збирання до-

слідних даних використовували загальноприйняті методи досліджень у лісівництві та лісовій пірології (Kurbatskiy, 1970; Remezov, 1965; Sample areas, 2006). Під час класифікації лісових горючих матеріалів використовували шкалу Н. П. Курбатського, яка передбачає їх розподіл на шість груп (Kurbatskiy, 1970). Предметом дослідження є провідники горіння під час низових пожеж I, II і III груп ЛГМ. ТПП закладали у сосняках I^a–II класів бонітету віком від 9 до 135 років у ТЛУ А₂, А₃, В₂, В₃, які є типовими для регіону дослідження і мають високі відносні показники горимості (Koren, 2015). За формою насадження, в яких проводили дослідження, – одноярусні, підлісок і підріст рідкий, поодинокий або відсутній, представлений листяними деревними видами (береза, дуб, осика, горобина, крушина та ін.) і сосною звичайною. Окрім того, для порівняння виконано збирання дослідних даних на зрубі та у соснових культурах віком 4 роки. Дані щодо запасу ЛГМ на тимчасових пробних площах (ТПП) збирали шляхом визначення їхньої маси на облікових майданчиках розміром 1×1 м, у поєднанні з оцінкою визначення проективного покриття живого надґрунтового покриву за допомогою лінійних трансект. Запас горючих матеріалів визначали шляхом їх зважування в сирому вигляді з подальшим висушуванням зразків до абсолютно сухого стану за температури 105 °С та повторного зважування. Облікові майданчики розміщували у типових місцях насадження, у межах проекції крон дерев. Дослідні дані у польових умовах збирали упродовж липня–серпня.

Враховуючи те, що відповідно до методики FIREMON гілки діаметром до 0,6 см згорають повністю, а діаме-

тром 0,7–2,5 см – лише на 25 %, що визначає участь цих фракцій гілок у процесі горіння, їх було розділено на дві фракції: до 0,6 см і від 0,7 до 2,5 см (Fuel Load Sampling Methods, 2019).

Відбір ЛГМ проводили пошарово: опадовий шар, до якого відносили відпалу хвою, елементи кори, шишки, гілки та інші дрібні відмерлі рослини рештки; ферментативний шар підстилки – напіврозкладені рослини рештки з ознаками анатомічної будови; гуміфікований шар підстилки – однорідна маса розкладених рослинних решток. Окремо відбирали фракцію мохів і лишайників. Живий надґрунтовий покрив, який належить до III групи ЛГМ, аналізували без урахування мохів і лишайників.

Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень, у яких відбирали зразки ЛГМ із розподілом насаджень за категоріями земель та за групами віку, наведено у табл. 1, зокрема, вказано діапазон значень основних лісівничо-таксаційних показників насаджень на пробних площах.

У лісових насадженнях визначальними для можливого виникнен-

ня пожежі є фракційний склад і маса I групи, яку розподіляють на мохово-лишайникову та опадову підгрупи (Sofronov et al., 2005). Висихання верхнього двосантиметрового шару опад у сухих сосняках від рівня вологості 100 % до 30 % може відбуватися за 8–10 годин, тоді як висихання мохового покриву до вологості 25 %, за якої він здатен горіти, – відбувається повільніше (на третій день після дощу обгорає тільки поверхня шару мохового покриву *Hylocomium splendens* Schimp. (Volokitina et al., 2002), який має екологічний ареал у вологих борах, свіжих та вологих субборах Полісся і масово траплявся на пробних площах у межах цього дослідження). Горіння цієї групи ЛГМ є полуменим і відбувається переважно під час проходження крайки вогню з виділенням достатнього обсягу теплової енергії для підготовки до горіння інших груп ЛГМ, зокрема більших деревних решток і нижніх шарів підстилки (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970).

ЛГМ II групи у соснових насадженнях становлять, зазвичай, най-

1. Діапазон лісівничо-таксаційних показників соснових насаджень на тимчасових пробних площах у розрізі груп віку

Показники	Категорії земель, групи віку					
	зруб	незмінку-ті лісові культури	вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки			
			молодняки	середньовікові	пристигаючі	стиглі та перестійні
Кількість ТПП, шт.	1	1	10	6	8	5
Тип лісорослинних умов	B ₂	A ₃	A _{2,3²} B _{2,3}	A _{2,3²} B _{2,3}	A _{2,3²} B _{2,3}	A _{2,3²} B _{2,3}
Вік, років	-	4	11÷34	42÷55	62÷80	94÷139
Середній діаметр, см	-	-	3,6÷16,2	15,2÷23,5	20,2÷29,6	31,2÷46,1
Середня висота, м	-	0,9	3,2÷15,4	14,8÷24,6	19,4÷27,9	24,9÷34,1
Повнота	-	-	0,67÷1,00	0,75÷1,00	0,73÷1,00	0,57÷0,99
Клас бонітету	-	-	I ^a –II	I ^b –I	I ^a –II	I–II
Запас, м ³ ·га ⁻¹	-	-	30÷320	180÷540	340÷490	380÷540

більшу частку запасу наземних ЛГМ провідників горіння і значно впливають на розвиток пожежі (Myakushko, 1978; Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970; Ryabuha, 1972). За високих температур у період тривалих засух лісова підстилка може мати вологість до 14 %, що зумовлює майже повне її згорання (Kurbatskiy, 1970). Проте упродовж більшої частини пожежо-небезпечного періоду її вологість вища, ніж у ЛГМ I групи, але нижча, ніж вологість III групи ЛГМ, до якої належать трави та напівкущі. Лісова підстилка у посушливий період здатна поступово підвищувати вологість ЛГМ I групи (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970) та виконувати роль ізолятора проходження тепла від пожежі у ґрунт, не допускаючи пошкодження кореневих систем рослин (Fuel Load Sampling Methods, 2019).

III група ЛГМ характеризується різнобічним впливом на перебіг пожежі, що залежить від видового складу живого надґрунтового покриву, умов пожежо-небезпечного

періоду і типу лісорослинних умов. Деякі види, зокрема папороті, затримують поширення вогню, інші – як от верес, багно – підсилюють горіння (Kurbatskiy, 1970).

Результати дослідження та їх обговорення. В умовах свіжих та вологих борів і суборів, які є найпоширенішими у Західному Поліссі України, накопичується значний обсяг наземних горючих матеріалів, який збільшується з віком і в стиглих насадженнях може становити $180 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (рис. 1). Найбільшу частку наземних ЛГМ складає лісова підстилка, запас якої може сягати до $170 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Запас мохів, лишайників і дрібних рослинних решток може сягати до $15 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Найменшу частку наземних ЛГМ займає трав'яна рослинність та напівкущі – до $6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Загалом потрібно зазначити, що запас наземних ЛГМ і їх розподіл за групами залежить від віку насадження, складу, повноти, ТЛУ та особливостей проведення лісгосподарських заходів. Результати цього дослідження характеризують запаси

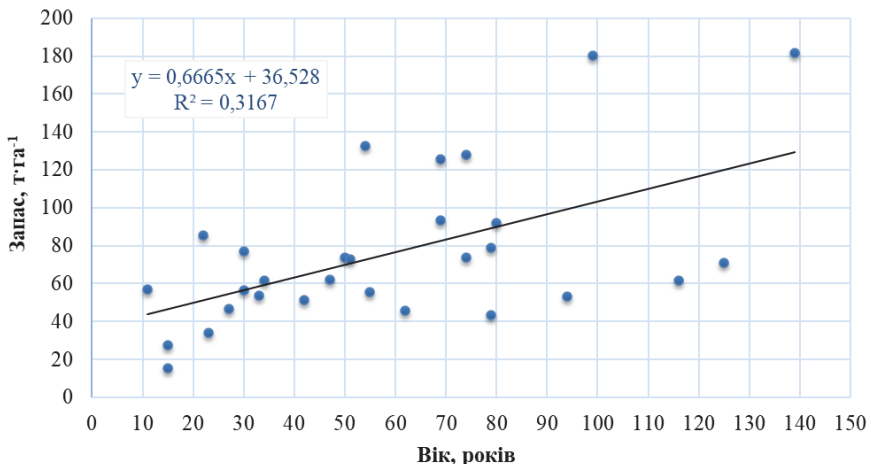


Рис. 1. Зміна сумарного запасу наземних ЛГМ I–III груп з віком у сосняках Західного Полісся

ЛГМ типових соснових насаджень Західного Полісся (зокрема склад, ТЛУ, повноту, бонітет насаджень).

Враховуючи зв'язок запасу ЛГМ із віком насаджень, дослідження особливостей накопичення їх у насадженні виконували у розрізі вікових груп. Для порівняння закономірностей накопичення наземних горючих матеріалів у насадженнях і на некритих лісом площах було закладено пробні площі на зрубі та у незімкнутих лісових культурах, що засвідчило вагому різницю у запасах наземних ЛГМ. Середні показники маси ЛГМ в абсолютно сухому стані наведено у табл. 2.

Запас І групи ЛГМ характеризується незначними змінами у розрізі вікових груп: середнє значення становить 8,2 т·га⁻¹ (дисперсія 0,8 за $p=0,05$), що свідчить про сталість запасу мохів, лишайників і дрібних рослинних решток у сосняках незалежно від віку насадження. Середній запас ІІ групи збільшується з 42,9 т·га⁻¹ у молодняках до 99,5 т·га⁻¹ у стиглих і перестійних насадженнях, тому під час моделювання запасу лісової підстилки потрібно враховувати вік насаджень. Середнє значення запасу ЛГМ ІІІ групи становить 1,2 т·га⁻¹ (дисперсія 0,7 за $p=0,05$) і в порівнянні з іншими групами займає найменшу частку.

Відповідно до результатів дослідження, наведених у табл. 2, абсолютні значення запасу ЛГМ (окрім І групи)

зростають зі збільшенням їхнього віку, проте відсотковий розподіл запасів різних груп у їх загальному запасі є порівняно сталим. Так, у середньому, запас мохів, лишайників і дрібних рослинних решток становить 13,4 % (дисперсія 3,7 за $p=0,05$), лісової підстилки – 85,2 % (дисперсія 3,5 за $p=0,05$), трав'яної рослинності і напівкущів – 1,4 % (дисперсія 0,70 за $p=0,05$) (рис. 2).

Запас ЛГМ І групи у молодняках, пристигаючих, стиглих і перестійних насадженнях коливається у межах 7,7–7,9 т·га⁻¹, а у середньовікових насадженнях становить 9,4 т·га⁻¹ запасу. Такий розподіл пояснюється зростанням маси фракцій хвої та гілок у середньовікових соснових насадженнях (Myakushko, 1978; Vorsuk, 2013), що пов'язано з періодом максимального приросту деревостанів за запасом, що збігається з максимумом кількості хвої у деревостані (Fuel Load Sampling Methods, 2019; Myakushko, 1978). Детально характеризуючи ЛГМ І групи, потрібно зазначити, що 61,7 % їхнього запасу становить опад, а 38,3 % – мохи. Розподіл ЛГМ І групи за фракціями подано на рис. 3.

Особливу роль у поширенні пожежі відіграють шишки. Під час верхових пожеж шишки у наметі соснового деревостану згорають не відразу і підхоплюються та переносяться на значні відстані конвекційними потоками, що сприяє утворенню плямистих пожеж (Peguman, 2009). Під час дослідження встановлено,

2. Середні значення запасу ЛГМ та їх середньоквадратичні відхилення (за $p=0,05$) у соснових насадженнях Західного Полісся, т·га⁻¹

Група ЛГМ	Зруб першого року	Незімкнуті лісові культури	Групи віку			
			молодняки	середньовікові	пристигли	стигли та перестиглі
І група ЛГМ	39,97	0,86	7,70±3,70	9,36±2,62	7,93±1,79	7,82±1,98
ІІ група ЛГМ	116,2	128,2	42,95±21,04	64,78±29,68	76,05±31,88	99,46±66,82
ІІІ група ЛГМ	0,35	0,22	0,83±1,80	0,58±0,80	1,07±1,14	2,24±2,51
Всього	149,9	134,3	51,48±21,55	74,71±29,84	85,05±31,72	109,52±65,57

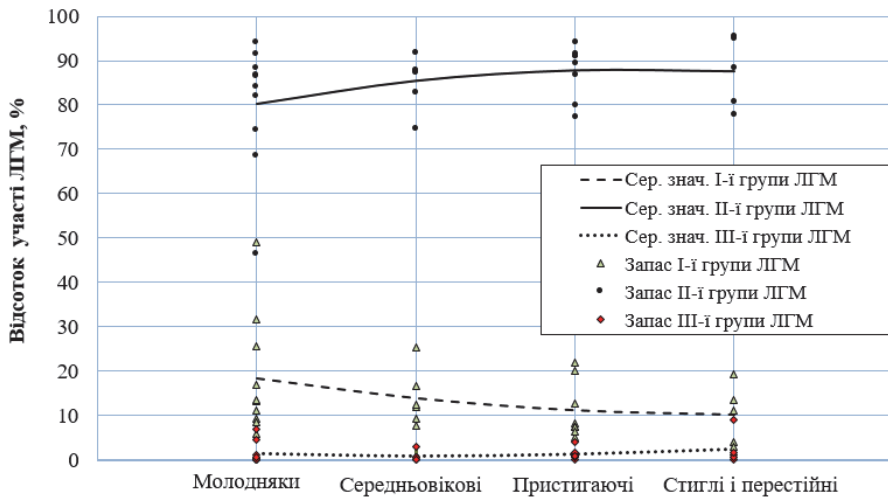


Рис. 2. Розподіл запасів ЛГМ I, II і III груп за часткою їх участі у сумарному запасі у розрізі вікових груп

що запас шишок на ТПП коливається в межах $0,7\text{--}1,5\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$, максимальні значення спостерігаються у стиглих і перестійних насадженнях.

Формування шарів лісової підстилки відбувається за певними закономірностями, зокрема, частка шару підстилки, до якого належать напіврозкладені рослинні рештки з

ознаками анатомічної будови, становить у середньому $12,4\%$ (дисперсія $6,2$ за $p=0,05$), а шар гуміфікації – $87,6\%$ (дисперсія $6,2$ за $p=0,05$). В абсолютних величинах запас напіврозкладених рослинних решток залежить від віку та лежить у діапазоні $4,4\text{--}41,5\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$, а запас шару гуміфікації – $12,7\text{--}153,0\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$.

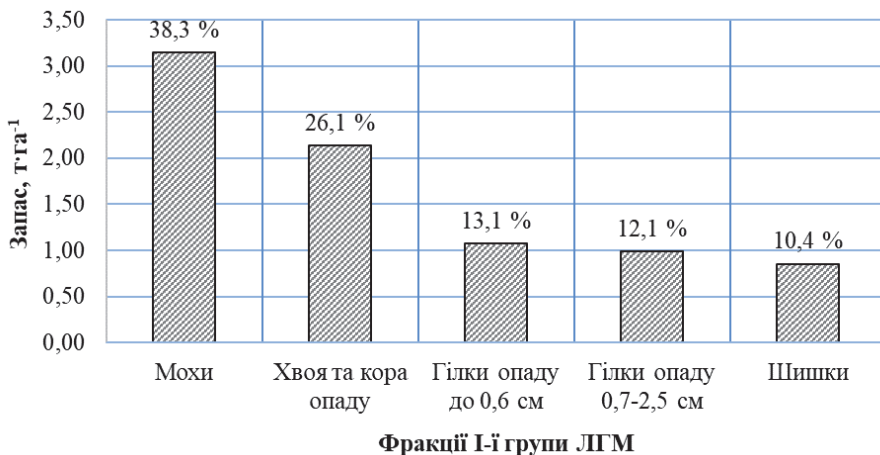


Рис. 3. Розподіл запасу ЛГМ I групи за окремими фракціями

Аналізуючи живий надгрунтовий покрив, встановили, що в досліджуваних типах лісорослинних умов основну частку проективного покриття займає чорниця, в умовах A_2 спостерігались куртини вересу. Інші види, які самостійно не беруть участі у горінні, трапляються у незначних кількостях. У переважній більшості випадків покрив трав'янистих рослин і напівкущів мав незначне проективне покриття – до 0,3.

Типові та поширені у лісовому фонді неокриті лісові ділянки – зруби та незімкнуті лісові культури – мають кардинально інші особливості накопичення наземних ЛГМ порівняно з лісостанами. Так, запас ЛГМ на зрубі, після збирання порубкових решток у купи для їх спалювання є вищим у 1,2–2,9 разу, а в незімкнутих лісових культурах – у 1,1–2,6 разу порівняно з лісовими насадженнями. Фракційна структура наземних ЛГМ на таких ділянках також відрізняється. На зрубках можна виділити всі фракції, крім моху та шишок, і їх запас значно перевищує запаси у насадженнях: за опадом – у 8 разів (у тому числі хвоя і кора – у 7,3 разу, гілки – в 11 разів), лісова підстилка – у 1,6 разу. У незімкнутих лісових культурах немає таких фракцій ЛГМ, як мохи, хвоя та кора опад, шишки. Опад є у дуже незначних кількостях – $0,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а головну питому масу становить лісова підстилка – $116,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, яка за запасом перевищує в 1,6 разу відповідне середнє значення в насадженнях.

Порівнюючи результати дослідження із результатами, отриманими для інших регіонів поліської природної зони, встановили значні відмінності між ними. Зокрема, у сосняках мохових і вересових білоруського Полісся (Usenia, 2002) максимальний

запас наземних ЛГМ спостерігався у насадженнях віком 30–40 років, за повноти $0,9$ і становив $29,2$ – $30,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ відповідно, а за отриманими під час дослідження результатами середній запас ЛГМ у віці 30–40 років становить $56,5$ – $63,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Запас наземних ЛГМ у 40–60-річних сосняках Київського Полісся сягає $18,8$ – $26,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (Borsuk, 2013), а згідно з результатами цього дослідження запас ЛГМ у таких насадженнях – $63,2$ – $76,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Згідно з дослідженнями, проведених в умовах Центрального Полісся, запас I–II груп ЛГМ у ТЛУ A_3 і B_3 становить $162,7$ – $143,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (Ryabuha, 1972), а за результатами цього дослідження відповідний середній запас – $79,0 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. За результатами дослідження, проведеного в сосняках Рівненського Полісся України, запас лісової підстилки у віці 20–30 років становить $12,4$ – $24,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, в 40 років – $46,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у 80 років – $83,0 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (Voron, 2018). Для порівняння, середній запас лісової підстилки, визначений за результатами цього дослідження, у 20–30 років становить $41,3$ – $47,8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, в 40 років – $54,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у 80 років – $80,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$.

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що в нинішній час оцінка ЛГМ в Україні є фрагментарною з погляду охоплення пожежонебезпечних регіонів і дослідження фракційного складу горючих матеріалів. Брак єдиної, загальноприйнятої методики дослідження ЛГМ призводить до використання різних підходів у визначенні запасів горючих матеріалів та їх розподілу за фракційним складом, відтак – до значних відмінностей у результатах подібних досліджень. Єдина методика дослідження запасів ЛГМ потрібна для розроблення

на національному рівні стандартних моделей горючих матеріалів, що є основою довгострокового й оперативного прогнозування ймовірності виникнення та розвитку лісових пожеж. Встановлені відмінності запасів горючих матеріалів у межах Полісся вказують на необхідність лісопожежного районування території України з урахуванням особливостей ЛГМ, клімату, горимості конкретних територій, ризиків виникнення пожеж та особливостей лісокористування.

Отримані результати дають змогу краще розуміти особливості формування природної пожежної небезпеки у соснових насадженнях Західного Полісся України і можуть в майбутньому використовуватись для розроблення моделей розвитку лісових пожеж.

Висновки і перспективи. Отримані результати демонструють зростання середнього запасу II групи ЛГМ у високоповнотних соснових насадженнях з $42,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ у молодняках до $99,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ у стиглих і перестійних насадженнях. Середнє значення запасу I групи ЛГМ у молодняках, пристигаючих, стиглих і перестійних насадженнях коливається у межах $7,70\text{--}7,93 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у середньовікових насадженнях становить $9,36 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ запасу. Стабільність запасу мохів, лишайників та опадів зумовлює сталі умови для виникнення пожежі, які визначаються вологістю цієї групи ЛГМ.

Також за результатами дослідження встановлено суттєвий вплив вологості лісорослинних умов на запас ЛГМ у соснових насадженнях, зокрема, мінімальні значення запасу наземних ЛГМ (провідників горіння) спостерігались у свіжих гігротопах, а максимальні – у вологих, що також підтверджують інші дослідження (Voron, 2018; Ryabuha, 1972). Най-

більша різниця запасів ЛГМ у різних за вологістю умовах спостерігається у молодняках: мінімальне значення $15,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ спостерігається у свіжому суборі, а максимальне – $77,0 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ – у вологому суборі. Такий розмах значень пов'язаний зі значним обсягом органічних решток, які залишились після рубки попереднього деревостану, у насадженнях із вологим гігротопом. Запас провідників горіння у незімкнутих лісових культурах ТЛУ А₃ складає $134,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, що в 1,1–2,6 рази більше, ніж у лісостанах, це пов'язано, передусім, із запасом ЛГМ до рубки. Наявність значних запасів наземних ЛГМ у соснових насадженнях передбачає виділення більшої кількості теплової енергії під час горіння, а їх розміщення по площі та фракційний склад визначають умови розвитку пожежі.

Список літератури

- Balabukh, V. O., & Zibtsev, S. V. (2016). Impact of climate change on quantity and area of forest fires in the northern part of the Black sea region of Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 18, 60–72 [in Ukrainian].
- Borsuk, O. A. (2013). Comprehensive assessment of the fire hazard of forests of the Chernobyl NPP exclusion zone. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 187 (1), 167–175 [in Ukrainian].
- Fuel Load Sampling Methods*. FIREMON. Retrieved from: <https://www.frames.gov/partner-sites/firemon/sampling-methods/>.
- Jones, P. D., & Moberg, A., (2003) Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and Update to 2001. *Journal of Climate*, 16, 206–223. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/246364404/>.
- Koren, V. A. (2015). Fire history of forest fires in forests of Polissya part of Rivne oblast.

- Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 219, 1, 85–97 [in Ukrainian].
- Kurbatskiy, N. P. (1970). Investigation of the quantity and properties of forest fuel. *In Issues of forest pyrology* (pp. 5–58). Krasnoyarsk: Institute of Forest of the Siberian Division of the Russian Academy of sciences [in Russian].
- Kuzyk, A. D. (2012). *Ecological and forestry basis of fire safety in forest plantations of Small Polissya*. Lviv, 361 [in Ukrainian].
- Levchenko, V. V., Borsuk, O. A., & Borsuk, A. A. (2015). *Forest fire fuels*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Myakushko, V. K. (1978). *Pine forests of plate part of USSR*. Kiev: Naukova dumka, 255 [in Russian].
- Perryman, H. A. (2009). *A mathematical model of spot fires and their management implications*. A Thesis Presented to the Faculty of Humboldt State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in Environmental Systems: Mathematical Modeling, 115.
- Prichard, S. J., Sandberg, D. V., Ottmar, R. D., Eberhardt, E., Andreu, A., Eagle, P., & Swedin, K. (2013). *Fuel Characteristic Classification System Version 3.0: Technical Documentation (PNW-GTR-887)*. Portland, Oregon, USA.
- Remezov, N. P., & Pohrebniak, P. S. (1965). *Forest pedology*. Moscow: Forest industry, 323 [in Russian].
- Rjabuha, E. V. (1972). Accumulation of forest litter in forest stands of Ukrainian Polesye. *Lesovedenie*, 1, 26–34 [in Russian].
- Rodin, L. E., & Bazilevich, N. I. (1965). *Dynamics of organic matter and biological cycling in the main types of vegetation*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Shevchenko, O., Vlasiuk, O., Stavchuk, I., Vako-liuk, M., Illiash, O., & Rozhkova, A. (2014). *Climate Vulnerability Assessment: Ukraine*. Climate Forum East (CFE). Working Group on Climate Change Civic Organizations. Myf-laer. Kyiv. Retrieved from http://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability [in Ukrainian].
- Shvydenko A., Lakyda, P., Schepaschenko, D., Vasylyshyn, R., & Machuk, Yu. (2014). *Carbon, climate, and land-use in Ukraine: Forest sector*. Korsun-Shevchenkivskiy. Publisher V. M. Gavrishenko, 283 [in Ukrainian].
- Shvydenko, A., Buksha, I., & Krakovska, S. (2016). *Strengthening Ukraine's ability to assess the vulnerability of plain forests to climate change*. Clima East project report, CEEF2015-036-UA.
- Sofronov, M. A., Holdammer, Y. H., Volokytna, A. V., & Sofronova, T. M. (2005). *Wildland fire danger*. Krasnoyarsk, Russia: Sukachev Institute of Forest, 330 [in Russian].
- SOU 02.02–37–476 (2006). Sample areas for forest inventory. Method of doing. Kyiv. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 32 [in Ukrainian].
- Sydorenko, S. H., Voron, V. P., Melnyk, Ye. Ye., & Sydorenko, A. H. (2015). Peculiarities of the mature pine stands formation after surface fires. *Forestry and Forest Melioration*, 127, 169–176 [in Ukrainian].
- Usenya, V. V. (2002). *Forest fires: the consequences and the control*. Gomel: Institute of Forest of the National Academy of sciences of Belarus [in Russian].
- Volokitina, A. V., & Sofronov M. A. (2002). *Classification and mapping of forest fuels*. Novosibirsk: SO RAN, 314 [in Russian].
- Voron, V., Tkach, O., Sydorenko, S., & Melnyk, Ye. (2018). Stock of forest litter and ground vegetation as an indicator of fire risk in the pine forests of Polissya. *Proceedings of the forestry academy of sciences of Ukraine*, 16, 9–16. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/197> [in Ukrainian].
- Zibtsev, S. V., Soshenskiy, O. M., Humeniek, V. V., & Koren, V. A. (2019). Long term dynamic of forest fires in Ukraine. *Ukrainian journal of forest and wood science*, 10 (3), 27–40 [in Ukrainian].

V. A. Koren, O. M. Soshenskyi, V. V. Gumeniuk (2019). Fuel load in Scots pine stands of Western Polissya of Ukraine UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3): 53-63. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.053>.

Integrated assessment of forest fuel load is the basis for planning of fire prevention measures, while their classification is necessary for fire risk prediction and fire hazard assessment. The paper presents the results of study of fuel load in Scots pine stands in the fresh and humid site types in the western Polissya of Ukraine, particularly in Rivne oblast. Large and very large forest and peat fires regularly occur in the area burning up to 1000–2000 and more ha annually. In some cases, fires cross the border between Ukraine and Republic Belarus. So, developing fuel model for the region is an important step towards better fire management for both countries. For the purpose of this research forest fuel groups were used according to Kurbatsky's classification (I - mosses, lichens and small plant residues; II - forest litter; III - herbaceous vegetation and semi-shrubs). The results show an increase in the average stock of group II of fuel in pine stands from 42.9 t·ha⁻¹ in young forests (till 40 years old) to 99.5 t·ha⁻¹ in mature and overmatured stands. The average value of the stock of group I of fuel in stands of all age ranges from 7.70–9.36 t·ha⁻¹. The average value of the stock of fuels of group III is 1.2 t·ha⁻¹. It has been found that the absolute values of fuel load are increasing with age increase, while relative values of load for different groups indicate their stability with age: group I is 13.4%, group II – 85.2 % and in group III – 1.4 %. The study has found that the stock of cones fluctuates within 0.7–1.5 t·ha⁻¹, maximum values are observed in mature and overmatured stands. The essential forest fuels load of group II creates pre-conditions for the development of intensive and hot forest fires during drought periods.

Keywords: forest fuels, forest fires, fire danger, Western Polissya of Ukraine.

Отримано: 2019-11-26

СТАН ТА ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ЛІСОРозВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ

С. П. РАСПОПІНА, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, orcid.org/0000-0002-1880-9364

М. М. ВЕДМІДЬ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, orcid.org/0000-0003-4785-6490

Ю. М. БІЛА, кандидат сільськогосподарських наук, orcid.org/0000-0003-1446-8168

В. В. ГОРОШКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, orcid.org/0000-0002-8186-6214

Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва
E-mail: s_raspopina@ukr.net

Ґрунтовий покрив України внаслідок надмірної розораності земель потерпає від деградації. Одним із основних шляхів призупинення та запобігання деградаційним процесам є оптимізація структури земельного фонду України, зокрема збільшення площі лісів. Стратегічним завданням лісового господарства на найближчу перспективу є доведення лісистості держави до нормативного рівня – 20 %. Для цього потрібно заліснити близько 3 млн га земель. Залісненню насамперед підлягають деградовані та малопродуктивні землі, виведені із сільськогосподарської експлуатації. Наведено аналіз статистичних матеріалів щодо лісорозведення в Україні упродовж 2010–2014 рр. (у рамках виконання Державної цільової програми «Ліси України» на 2010–2015 рр.) та 2016–2018 рр., а також результати наукових досліджень щодо оцінювання лісорослинного потенціалу малопродуктивних земель, зокрема комплексу засоленних ґрунтів, переданих під заліснення Полтавському ОУЛМГ. Показано, що в Україні загальна площа прийнятих, але незаліснених земель становить 44 777 га, причому 96,9 % цієї площі припадає на лісові підприємства степової зони. Приживлюваність та особливо збереженість створених під час лісорозведення 1–3-річних лісових культур є дуже низькими – 66,4 і 60,9 % відповідно. Доведено, що залісненню малопродуктивних земель, зокрема заплавлених місцевостань, які з високою імовірністю представлені засоленими ґрунтами, має передувати обстеження з метою визначення рівня їхньої лісопридатності та загалом доцільності заліснення. Окреслено низку питань, вирішення яких дасть змогу підвищити ефективність лісорозведення та сприятиме доведенню лісистості України до оптимального рівня.

Ключові слова: малопродуктивні землі, заліснення, лісопридатність ґрунтів, приживлюваність і збереженість лісових культур.

Актуальність. Україна володіє великою кількістю родючих ґрунтів, у т. ч. 8 % світових запасів чорноземів, але понад 1,1 млн га її земель тією чи іншою мірою деградовано. Такі масштабні обсяги деградаційних процесів зумовлені насамперед найвищим у світі (близько 57 %) рівнем розораності її території.

Екстенсивне використання земель призвело до розвитку безпрецедентних ерозійних процесів. Щорічні втрати ґрунту становлять 600 млн т, гумусу – близько 20 млн т, води – 16 млрд м³. Площа деградованих ґрунтів кожного року збільшується на 80 тис. га. Особливо напружена ситуація у лісостеповій і степовій зонах, де спостерігаються найвищі інтенсивності яругоутворення та втрати орного шару ґрунту (більше ніж 20 т/га на рік). Високим є розвиток водної ерозії також на Поділлі, Прикарпатті та в північно-західній частині Українських Карпат (15 т/га орного шару на рік). Щорічні втрати чистого доходу сільськогосподарського виробництва унаслідок деградації ґрунтів сягають майже 3 млрд доларів США (Sayko, 2008). З огляду на значні обсяги (упродовж останніх десятиліть) незаконних рубок полезахисних лісових смуг, лісів, розташованих на землях запасу, зазначені втрати є більшими. Захисні лісові насадження, які збереглися, перебувають у занедбаному стані й не виконують своїх функцій, пошкоджуються хворобами, шкідниками, пожежами та інтенсивно всихають. Причиною деградації ґрунтів та опустелювання земель окрім надмірного розорювання є їх знеліснення.

Проблему деградації ґрунтів визнано на державному рівні, зокрема в березні 2016 р. було затверджено

Національний план дій із боротьби з деградацією і опустелюванням земель (On approval, 2016). За високої розораності території України, фактичний рівень її лісистості становить лише 15,9 %. Найдієвішим засобом зупинення та запобігання деградації ґрунтів є оптимізація співвідношення ріллі й екологічно стабілізувальних угідь, яка досягається шляхом вилучення з обробітку деградованих і малопродуктивних земель із наступною їх трансформацією у лісові та кормові угіддя (Stadnyk & Slavhorodska, 2018). За оцінками фахівців, вилучення потребує від 6,5 до 10 млн га ріллі. Процес лісорозведення нині має фрагментарний, несистемний характер, а його обсяги є вкрай низькими.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно із чинними нормативами, оптимальна лісистість території України має становити 20 %. При цьому, на нашу думку, лісистість необхідно розраховувати як співвідношення вкритої лісом площі до загальної площі суші, тобто вилучивши із площі лісів полезахисні лісові смуги, інші насадження лінійного типу, та внести відповідні зміни насамперед до Лісового і Земельного кодексів України та інших нормативних документів. Для досягнення оптимальної лісистості потрібно додатково створити лісові насадження на площі близько 3 млн га. Збільшення лісистості території держави шляхом розширення робіт із лісорозведення є одним із пріоритетних завдань «Стратегії реформування лісового господарства України на період до 2022 року» (Strategy of sustainable, 2017). Згідно з даними Державного агентства лісових ресурсів (Держлісагентства) України, упродовж 2010–2014 рр. державні лісогосподарські підпри-

емства (держлісгоспи) під заліснення прийняли близько 210 тис. га деградованих і малопродуктивних земель, зокрема у Поліссі – 4981,9 га, Лісостепу – 13 540,5, Степу – 190 931,9, у Карпатах – 578,6 га. У структурі цих земель переважають пасовища (29 %) та кам'янисті землі (24 %), дещо меншою мірою представлені яри (14 %) і малопродуктивна рілля (20 %), а також піски (9 %) і сіножаті (4 %). Переважну частку (91 %) цих земель прийняли держлісгоспи степового регіону у рамках виконання Державної цільової програми «Ліси України» на 2010–2015 рр. (State Target Program). Унаслідок низки причин, насамперед через недофінансування, складність процедури прийняття земель під заліснення, а також політичну ситуацію в Україні, зазначену Програму було реалізовано частково, а після закінчення терміну її дії цілком призупинено.

Мета дослідження: проаналізувати сучасний стан лісорозведення в Україні, його основні проблеми, завдання та перспективи, а також дослідити низку питань, які постають під час створення нових лісів на деяких видах малопродуктивних земель.

Матеріали і методика дослідження. Стан лісорозведення оцінювали на основі статистичних даних Держлісагентства України щодо обсягів лісорозведення за різними природно-кліматичними зонами та окремими адміністративними адміністративно-територіальними одиницями упродовж 2010–2014 і 2016–2018 рр., а також даних приживлюваності та збереженості 1–3-річних лісових культур.

Визначення лісопридатності заплавних ґрунтів, переданих під заліснення, проводили на ділянках, переданих під заліснення ДП «Лубенське ЛГ» Полтавського ОУЛМГ. Для цього

було закладено сім пробних площ на основі методу порівняльної екології (ділянки лісових культур однакові за ступенем вологості, але різні за ступенем засолення). Польові дослідження ґрунтів проводили за загальною методикою (Polupan et al., 1981), а ступінь їх солонцюватості визначали за даними аналізу водної витяжки, відібраних зразків ґрунту. Результати аналізу оброблювали методами математичної статистики. На основі проведених досліджень оцінювали рівень лісопридатності ґрунтів, переданих під заліснення (Migunova, 1978).

Результати дослідження та їх обговорення. Станом на 1 січня 2019 р. загальна площа прийнятих, але незаліснених земель становить 44 777 га. Основна їх частина – 43 382 га, тобто 96,9 % від загальної площі лісорозведення, – припадає на держлісгоспи степової зони (Public report, 2018). У Поліссі та Лісостепу площі таких земель є значно меншими – 216 га (0,5 %) і 1158 га (2,6 %) відповідно. Порівняно з 2014 р., площа незаліснених земель у Степу збільшилась, а у Поліссі та Лісостепу навпаки зменшилась (рис. 1). Площі прийнятих, але незаліснених земель за держлісгоспами степової зони становлять: у Одеському ОУЛМГ – 12 710 га (29,3 %), Луганському – 12 674 (29,2), Херсонському – 6272 (14,5), Запорізькому – 4801 (11,1), Миколаївському – 3709 (8,6), Кіровоградському – 2179 (5,0), Донецькому – 785 (1,8), Дніпропетровському – 252 га (0,6 %) (Public report, 2018).

Аналіз даних щодо співвідношення прийнятої держлісгоспами степових регіонів площі упродовж періоду 2010–2014 рр. до незалісненої (станом на 1 січня 2019 р.) показав, що найменша частка (6,4 %) незаліснених земель припадає на Дніпропе-

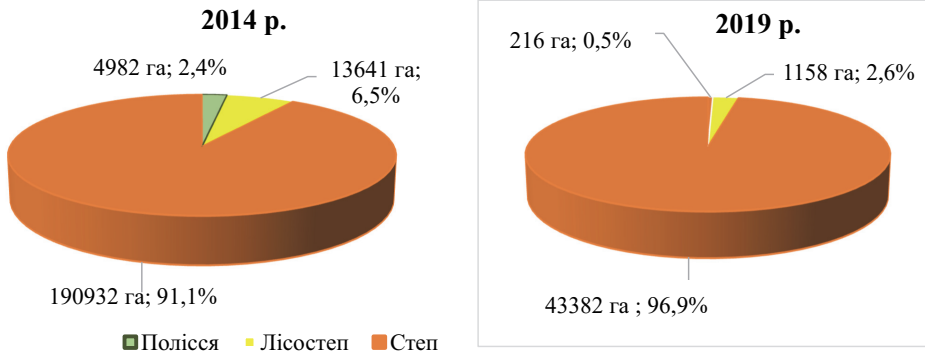


Рис. 1. Площа прийнятих, але незаліснених земель у 2014 і 2019 рр.

тровське ОУЛМГ, а найбільша – на Херсонське (51,5 %) (рис. 2). Значні обсяги таких земель також у Одеському, Запорізькому та Миколаївському ОУЛМГ. Подібний аналіз щодо Донецького, Луганського ОЛМГУ та Рескомлісу Автономної республіки Крим через брак даних із тимчасово окупованих територій не проводили.

Створення лісів у степових умовах як під час їх відновлення, так і тим більше лісорозведення було і є значною проблемою. Упродовж останніх трьох років (2016–2018 рр.) середнє значення фактичної приживлювано-

сті 1–3-річних лісових культур під час лісовідновлення тут становить 66,4 %, а лісорозведення знижується до 60,9 % (Public report, 2018) (рис. 3). Загалом така закономірність характерна також і для Полісся, і для Лісостепу, проте величини фактичної приживлюваності у цих зонах, на відміну від Степу, є доволі високими – 88,1 та 82,1 % відповідно.

Ще більш актуальною проблемою, аніж приживлюваність лісових культур, є їх збереженість. Загалом по Україні (станом на 1 січня 2018 р.) загинуло 1100 га культур попередніх

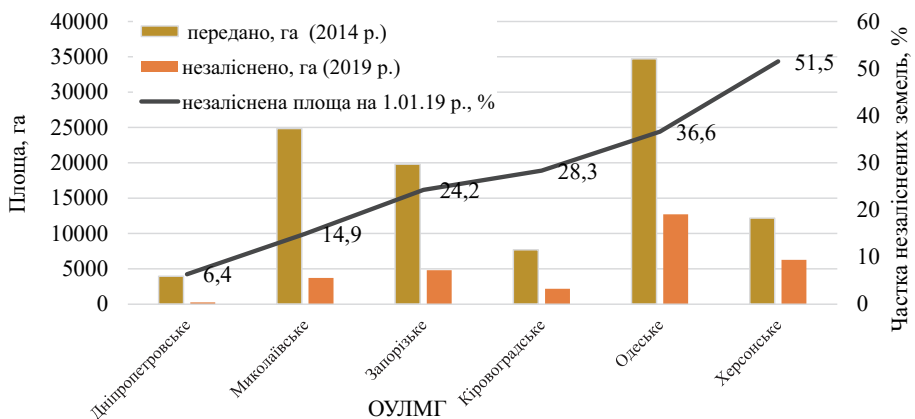


Рис. 2. Співвідношення площі переданих (на 1 січня 2014 р.) під заліснення земель до незаліснених (станом на 1 січня 2019 р.)

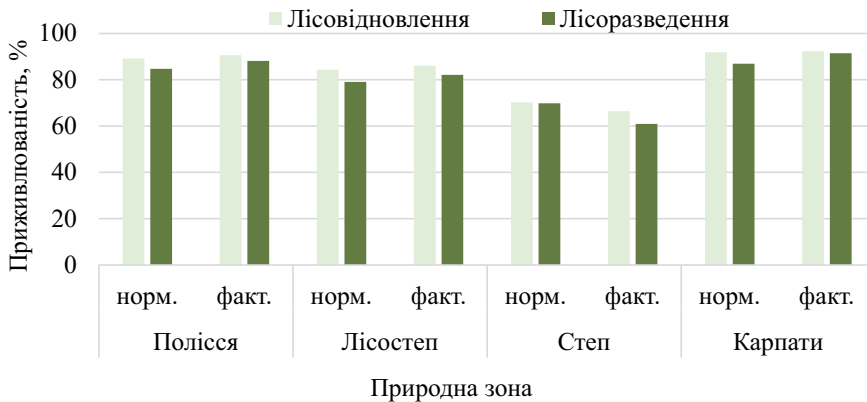


Рис. 3. Середня приживлюваність (нормативна та фактична) лісових культур під час лісовідновлення та лісорозведення за природними зонами (2016–2018 рр.)

років створення, з них 610 га (тобто 55,5 %) на прийнятих землях у Степу (Public report, 2018). Особливо низькою їх збереженість є на підприємствах Дніпропетровського, Донецького, Миколаївського, Херсонського, Запорізького ОУЛМГ. Основною причиною загибелі (66,3 %) культур є посуха (Public report, 2018). Загалом в Україні саме посуха здебільшого спричиняє загибель (63,7 %) лісових культур.

Лісорозведення – невід’ємна складова створення лісових насаджень у всіх природних зонах (рис. 4). Окрім Степу, доволі значні його обсяги при-

падають також на держлігоспи Лісостепу – 1701 га, з них 655 га нових лісів у 2018 р. створено на землях Полтавського ОУЛГ (Public report, 2018).

Лісостеп є зоною інтенсивного землеробства, сільськогосподарські угіддя тут займають близько 85 %, у т. ч. орні землі – 67 % загальної площі земель. У ґрунтовому покриві домінують ґрунти чорноземного типу та опідзоленої групи (темно-сірі, сірі лісові), також поширені засолені ґрунти (Polupan et al., 1981). Галофітні місцезростання приурочені до середньої течії Дніпра та його лівих

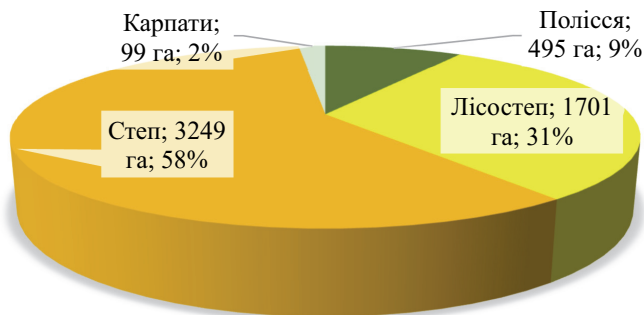


Рис. 4. Обсяги лісорозведення у 2018 р. за природними зонами

приток. За адміністративно-територіальним устроєм зона їх поширення більшою частиною припадає на Полтавщину. Саме солонцюваті ґрунти, зважаючи на їхню безперспективність застосування у рільні, значною мірою передаються держлісгоспам Полтавського ОУЛМГ, зокрема ДП «Лубенське ЛГ», під створення нових лісів. Зауважимо, що засолені ґрунти в Україні переважно сконцентровані на території сухо-степової зони, водночас, вони також приурочені до певних долинно-терасових ландшафтів Чернігівщини, Черкащини, Полтавщини, Дніпропетровщини, Херсонщини.

До категорії засолених відносять ґрунти з таким вмістом легкорозчинних солей, за якого погіршуються їхні властивості та починається пригнічення рослинності. Реакція рослин на засолення ґрунту залежить від багатьох факторів, у т. ч. від глибини залягання легкорозчинних солей. Щодо деревної рослинності, то унаслідок загальної чутливості до засолення та потужної зони ризосфери, більшість видів відчувають негативний вплив солей навіть за їх глибокого залягання. Заліснення солонцюватих ґрунтів завжди становило великі труднощі, що й було підтверджено дослідженням, яке ми провели на землях ДП «Лубенське ЛГ» (площа 90,9 га). На цих ґрунтах у різні роки створювали культури тополі, верби білої, дуба червоного, робінії псевдоакації, сосни звичайної, приживлюваність і стан яких під час обстеження оцінено як незадовільний, а подекуди вони взагалі всохли.

Результати дослідження довели значну комплексність ґрунтів, яка зумовила різні рівні їх засолення та відповідно лісопридатності (Rasporina

& Degtyarev, 2016). Ділянки загальною площею 36,7 га, представлені лучними на лесоподібних суглинках слабозасоленими (загальна сума водорозчинних іонів у профілі ґрунту становить $0,07 \pm 0,01$ %, токсичних – $0,47 \pm 0,05$ %) ґрунтами, які є цілком лісопридатними. Ба більше, їм притаманний високий рівень родючості, що створює передумови для ефективного запровадження на цих ґрунтах плантаційної системи лісовирощування (Debryniuk & Rasporina, 2019). На ділянках площею 43 га поширені лучно-чорноземні содово-солончакуваті на лесоподібних суглинках ґрунти середнього ступеня засолення (загальна сума водорозчинних іонів – $0,16 \pm 0,03$ %, токсичних – $2,43 \pm 0,32$ %), які оцінено як умовно лісопридатні. Ділянки площею 11,2 га, у ґрунтовому покриві яких домінують солонці солончакові содово-сульфатні на лесоподібних суглинках, характеризуються дуже високим (солончаковим) ступенем засолення (загальна сума водорозчинних іонів у профілі ґрунту становить $0,45 \pm 0,02$ %, токсичних – $4,25 \pm 0,55$ %), унаслідок чого вони є нелісопридатними. Суто теоретично, низку ділянок, які оцінено як нелісопридатні, можна було б віднести до умовно лісопридатних, тобто таких, де склад створюваних лісових порід обмежується найбільш солевитривалими видами (в'яз низький, маслинка вузьколиста, ясен зелений, жимолость татарська тощо). Проте доцільність їхнього заліснення, зважаючи на низькі приживлюваність і збереженість культур, а також незадовільний стан і недовговічність насаджень у подальшому, є дуже сумнівною. Отримані результати дали нам змогу зробити низку висновків щодо

лісорозведення на галофітних місцезростаннях. Так, перед прийняттям таких земель необхідно провести обстеження з метою оцінювання рівня лісопридатності, а їхнє заліснення, з огляду на значну мозаїчність ґрунтів, потребує диференційованого підходу.

Важливим питанням лісорозведення на деградованих і малопродуктивних землях є надання об'єктивної оцінки їх лісорослинного потенціалу й загалом рівня лісопридатності (Распоріна, 2010; Shlapak, 2019). Основою для цієї оцінки має бути синтез двох методологічних підходів – лісотипологічного, як провідного методу оцінювання потенціалу ґрунтів і місцезростань, та прямих ґрунтових досліджень. Саме такий підхід допоміг нам розробити методику визначення придатності ґрунтів для лісорозведення (Распоріна, 2018) та пакети маркерів лісотипологічної оцінки деяких груп малопродуктивних земель рівнинної частини України (Распоріна, 2017), використання якого надає можливість визначити доцільність лісорозведення та підвищити його ефективність.

Іншою вагомою проблемою створення лісів на землях, переданих під заліснення, є оформлення речових прав на земельні ділянки. Станом на 1 січня 2019 р. права на 17,6 тис. га таких ділянок узаконені, решта – 27,2 тис. га потребує оформлення.

Низькі приживлюваність і збереженість культур на малопродуктивних і деградованих землях часто зумовлені невисоким рівнем технологій лісокультурного виробництва. Лісорозведення на цих землях в усіх природних зонах, а особливо в умовах Степу, потребує ретельного дотримання технологій створення лісових культур (строки, якість

обробітку ґрунту, своєчасність та кратність доглядів за культурами), а також застосування сучасних методів і способів їх створення. Необхідно активніше застосовувати великомірний і садивний матеріал із закритою кореневою системою, а також сучасні препарати, які покращують забезпечення вологою (суперабсорбенти) та поживними речовинами (різноманітні органічні комплексні добрива), підвищують енергію росту культур (регулятори росту рослин), сприяють їх доволі швидкій загальній адаптації до нових умов середовища (мікоризоутворювачі) тощо.

Висновки і перспективи. Загальна площа прийнятих, але незаліснених земель (станом на 1 січня 2019 р.) становить 44 777 га, причому 96,9 % цих земель припадає на лісогосподарські підприємства степової зони, у Поліссі та Лісостепу їх частки значно менші – 0,5 та 2,6 % відповідно.

Площа створених нових лісів за усіма природними зонами у 2018 р. становила 5544 га, що вкрай недостатньо. Якщо темпи лісорозведення залишаться такими самими, то для досягнення нормативного рівня лісистості знадобиться понад 550 років.

Найнижча середня величина фактичної приживлюваності 1–3-річних лісових культур, створених під час лісорозведення упродовж 2016–2018 рр., спостерігається у Степу – 60,9 %, у той час як у Лісостепу та Поліссі вона підвищується до 82,1 та 88,1 % відповідно. Ще більш актуальною проблемою, аніж приживлюваність, є збереженість культур. На прийнятих землях (станом на 1 січня 2018 р.) загинуло 61,2 % культур попередніх років створення, причому всі ці культури приурочені до Степу та здебільшого (66,3 %) загинули від посухи.

Загалом саме посуха є основною причиною загибелі (63,7 %) лісових культур в Україні.

З огляду на те, що ксерофітизація є одним із головних наслідків глобального потепління, під час створення лісових культур потрібно ширше використовувати посухостійкі види деревних і чагарникових рослин із широким ареалом, що дасть змогу отримати біологічно стійкі насадження з меншими економічними витратами.

Головним пріоритетом степового лісорозведення має бути меліоративний ефект лісонасаджень, тобто насамперед вони мають створюватись на різних видах деградованих, малопродуктивних і водночас лісопридатних землях. Заходи з лісорозведення мають бути складовою системи загальнодержавних природоохоронних заходів і фінансуватися переважно з державного бюджету.

Значна мозаїчність ґрунтів галофітних місцезростань передбачає диференційований підхід щодо лісорозведення, якому має передувати лісотипологічна оцінка ґрунтів, проведена на основі їхнього польового та лабораторного дослідження.

Вирішення зазначених проблем потребує розроблення Національної та регіональних програм лісорозведення на найближчу та довгострокову перспективи, що сприятиме значному підвищенню ефективності лісорозведення та у кінцевому підсумку – доведенню лісистості території України до оптимального рівня.

Список літератури

Debryniuk, Iu., & Raspopina, S. (2019). Influence of plantation-type forests on forest soil fertility indicators under conditions

of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Proceedings of the forestry academy of sciences of Ukraine*, 18. doi: <https://doi.org/10.15421/411903> [in Ukrainian].

Migunova, E. S. (1978). *Forest plantations on saline soils*. Moscow: Forest industry [in Russian].

On approval of the National Action Plan for Combating Land Degradation and Desertification. (2016). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/271-2016-%D1%80> [in Ukrainian].

Polupan, N. I., Kysil, V. D., Kovalishin, D. I., Dusanovsky V. L., Vernander, N. B., ... Andrushchenko, H. A. (1981). *Field determinant of soils*. Kyiv: Harvest [in Russian].

Public report of public agency forest resources of Ukraine in 2018. (2018). Retrieved from https://drive.google.com/file/d/194P-skQpV9f1B0dYBGSKix_u1yHlfhQ/view [in Ukrainian].

Raspopina, S. P. (2017). Methodological problems of estimating the potential of soils withdrawn from agricultural circulation for forest growth. *Scientific Journal "Ukrainian Journal of Forest and Wood Science"*, 152 (2), 163–170 [in Ukrainian].

Raspopina, S. P. (2017). *The scientific basis of estimating the potential of soils for forest growth and the suitability of soils for growing forest plantations in plain parts of Ukraine* (Doctoral dissertation, Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine). Retrieved from http://old.nltu.edu.ua/docs/svr/d35.072.02/raspopina/aref_raspopina.pdf [in Ukrainian].

Raspopina, S. P., & Degtyarev, V. V. (2016). Effective use of soils transferred for afforestation. *Proceedings of the Uman National University of Horticulture. Part 1: Agricultural Sciences*, 88, 31–39 [in Ukrainian].

Raspopina, S. P., Lisnyak, A. A., Zborovska, O. M., Selivanova, L. O., Ivanicheva, E. V., Nojenko, N. I. (2018). *Methods for determining the suitability of soils for forestry*. Kharkiv [in Ukrainian].

- Sayko, V. F. (2008). The scientific rationale for agriculture in the context of climate change. *Bulletin of agricultural science*, 9, 5–10 [in Ukrainian].
- Shlapak, V. P. (2019). Reserves for increasing afforestation and productivity of pine cultures in the Central-prydniprovsky highland area. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (7), 50–59. doi: <https://doi.org/10.15421/40290711> [in Ukrainian].
- Stadnyk, A. P., Slavhorodska, Yu. V. (2018). Regulatory support of optimization of Structure agricultural landscapes. *Agroecological journal*, 3, 6–11. doi://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2018.147955 [in Ukrainian].
- State Target Program “Forests of Ukraine” for 2010–2015. Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/977-2009-n> [in Ukrainian].
- Strategy of sustainable development and institutional reform of forestry and hunting economy of Ukraine for the period up to 2022. (2017). Retrieved from <https://drive.google.com/filed/0B9CGEXC5v0a9MWZnbWZ-fY3BsdTg/view> [in Ukrainian].
-

S. P. Raspopina, M. M. Vedmid, Yu. M. Bila, V. V. Horoshko (2019). The state and main problems of afforestation in Ukraine. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4):64-72. <http://dx.doi.org/>.

In Ukraine level of arable lands is the highest in the world. Intensive exploitation of agricultural lands has led to their degradation. Degradation processes are associated with the erosion and compaction of soil as well as its salinization and pollution. One of the most effective tools that contribute to reducing the intensity of land degradation is withdrawal from service of degraded and unproductive lands and their transformation into forests and grasslands. The strategic objective of forestry in Ukraine in the near future is to optimize percentage of forest land of the country up to level of 20 %. To do this, on an area of about 3 million hectares, it is necessary to create forest stands. We have analyzed statistical materials of afforestation in Ukraine for the period 2010-2014 (within the implementation of the State special program «Forests of Ukraine» for 2010-2015 years) and 2016-2018 years as well as the results of scientific research on the assessment of forest vegetation potential of low-yield lands, particularly the complex of saline soils, transmitted under afforestation to Poltava Regional Directorate of Forestry and Hunting. It is shown that in Ukraine the total area of accepted but non-forested lands is 44777 ha, and 96.9 % of this area falls on forestry enterprises of the Steppe zone. Taking root and especially the survival of 1-3 year-old forests created during the afforestation are very low – 66.4 % and 60.9 % accordingly. It is proved that afforestation of low-yield lands, in particular floodplain and non-floodplain habitats, which are with high probability presented by saline soils must be preceded by examination with the aim of determining the level of their forest suitability and in general the expediency of afforestation. A number of issues are outlined, the solution of which will increase the efficiency of afforestation and will contribute to bringing the forest cover of Ukraine to the optimal level.

Keywords: low-yield lands, afforestation, forest suitability of soils, taking root and survival of forest crops.

Отримано: 2019-10-01

ДІЯ КОМПОНЕНТІВ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА НА РЕГЕНЕРАЦІЙНУ ЗДАТНІСТЬ ТКАНИН РОСЛИН *METASEQUOIA GLYPTOSTROBOIDES* HU & CHENG *IN VITRO*

О. Ю. ЧОРНОБРОВ, кандидат сільськогосподарських наук,

О. Е. ШИТОВА, молодший науковий співробітник,

ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»

С. Ю. БІЛОУС, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

orcid.org/0000-0002-1682-5352

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: oksana_chornobrov@ukr.net

Metasequoia glyptostroboides Hu & W. C. Cheng – реліктовий вид, занесений до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи у статусі такого, що зникає. Традиційні способи розмноження рослини достатньо трудомісткі та малоефективні. Мікроклональне розмноження дає змогу одержувати із мінімальної кількості донорного матеріалу оздоровлені рослини *in vitro*. Значна кількість біотехнологічних публікацій зосереджена на дослідженні морфогенетичного потенціалу тканин хвойних рослин і розробленні оптимальних протоколів їх розмноження. Разом із тим, автори зазначають, що немає стійкої системи регенерації деревних рослин, яка залежить від низки чинників. Мета дослідження – визначити дію компонентів живильного середовища на регенераційну здатність тканин рослин *M. glyptostroboides* для їх мікроклонального розмноження та збереження *in vitro*. Для досліджень використовували частини пагонів із 10-річних рослин-донорів *M. glyptostroboides* у березні 2019 р. Рослинний матеріал культивували за загальноприйнятою методикою у світловому приміщенні за температури $24 \pm 1^\circ\text{C}$ і освітлення 2,0–3,0 клк із 16-годинним фотоперіодом та відносною вологістю повітря 70–75 %. Застосовували біотехнологічні і статистичні методи досліджень. Дослідження проводили в науково-дослідній лабораторії біотехнології рослин ВП НУБіП України «Боярська ЛДС». Розроблено методику введення експлантатів рослин в умови *in vitro* у весняний період із застосуванням 2,5 % NaClO упродовж 10–11 хв із наступним перенесенням у 1,0 % AgNO³. Значну регенераційну здатність мали мікропагони, культивовані на живильному середовищі MS. Активний лінійний приріст мікропагонів фіксували на MS із додаванням 0,25 мг·л⁻¹ кінетину та 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля. Оптимальні умови ініціації ризогенезу в тканинах мікропагонів із частотою понад 60 % створено у

живильному середовищі із внесенням ІМК (3-індолілмасляна кислота). Одержано рослини-регенеранти та мультіпліковано їх шляхом активації росту наявних меристем експлантату. Подальші дослідження спрямовані на розроблення способу адаптації рослин-регенерантів *M. glyptostroboides* до умов закритого і відкритого ґрунтів для їх масового розмноження, збереження і відтворення.

Ключові слова: *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W. C. Cheng, культура тканин рослин *in vitro*, експлантати, живильне середовище, регенераційна здатність, мікроклональне розмноження, мікропагони *in vitro*.

Актуальність. Збереження і відтворення цінних генотипів рослин, що зникають, – одне із актуальних завдань сьогодення. До таких відносять рослини монотипного роду *Metasequoia* Hu & W. C. Cheng, який представлений єдиним реліктовим видом – *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W. C. Cheng. Вид занесений до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи у статусі такого, що зникає (Farjon, 2013). Природний ареал рослин обмежений територією Центрального Китаю (провінції Хубей і Сичуань) (Farjon, 2013). Спочатку рід *Metasequoia* було виявлено та описано за викопними рештками шишок і відбитків облістяних пагонів у 1941 р., знайдено в природі в 1944 р., в культурі – з 1948 р. (Karjun, 2010). Це хвойні однодомні дерева заввишки до 35 м із пірамідальною формою крони завширшки до 10 м, які на зиму скидають хвою та молоді гілки (Farjon, 2013). Традиційно рослина розмножується насінням і вегетативно. Однак насіння характеризується достатньо низьким (до 2,6 %) показником лабораторної схожості (Sliusar, 2005). Хвойні рослини, зокрема *M. glyptostroboides*, мають незначну різогенеративну здатність пагонів, яка значно знижується з віком і практично втрачається до 15–20 річного віку. Для успішного вегетативного розмноження рослин

необхідно використовувати живці з молодих рослин (до 10-річного віку), стимулятори росту (ауксини) та проводити укорінення у весняно-літній період (Sliusar, 2005). У цьому контексті значний інтерес становить метод культури ізольованих тканин та органів *in vitro*, який, на противагу традиційним способам розмноження, дає змогу одержувати оздоровлені генетично-однорідні рослини упродовж року з мінімальною кількістю донорного матеріалу та значно збільшити коефіцієнт розмноження (Butenko, 1964).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Значна кількість біотехнологічних досліджень хвойних рослин зосереджена на дослідженні морфогенетичного потенціалу тканин *in vitro*, їхньої регенераційної здатності й органогенезу, вивченні каріотипу за використання молекулярних і цитогенетичних методів, розробленні оптимальних протоколів розмноження *in vitro* для окремих генотипів та ефективного соматичного ембріогенезу на основі клітинної селекції, добори генетичних маркерів тощо (Momot, 1988; Yushkova et al., 2001; Huz et al., 2014; Sultonova, 2016; Muratova et al., 2019; Tretyakova et al., 2019).

У науковій літературі є публікації з мікроклонального розмноження рослин *M. glyptostroboides*. Зокрема, С. І. Слюсар і С. І. Кузнецов (Національ-

ний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України) для регенерації рослин *M. glyptostroboides* із меристемних тканин використовували живильне середовище MS (Murashige & Skoog, 1962), яке оптимізували додаванням $0,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ 6-бензиламінопурину (БАП) і β -індоліл-3-оцтовою кислотою (ІОК) / $0,3 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ 2,4-дихлорфеноксиоцтовою кислотою (2,4-Д) (Sliusar, 2005). Установлено, що регенераційна здатність рослинного матеріалу із віком значно знижується. Зокрема, частка регенераційно здатного рослинного матеріалу, ізольованого із 2–3-річних сіянців, становила 17,7–61,2 %, а із 50-річних не одержали життєздатних експлантатів. Експлантати, ізольовані в кінці вегетації (жовтень–листопад), характеризувались уповільненим органогенезом, який проходив упродовж 3–4 місяців (Sliusar, 2005). М. М. Гузь та інші (2014 р.) встановили умови ефективною (80,4 %) стерилізації вегетативних бруньок, ізольованих у лютому–березні із живців 5–6 річних рослин *M. glyptostroboides*: використання 96 % етанолу (15 с), споліскування у протічній воді з детергентом (16 год), стерилізація у 50 % водному розчині NaClO (10 хв), занурення у 0,2 % AgNO_3 (10 хв) із наступним триразовим промиванням у стерильній дистильованій воді (Huz et al., 2014). М. М. Гузь, Р. М. Гречаник, М. М. Лісовий, Ю. Є. Сиявський (НЛТУ України, м. Львів) розглядали аспекти ініціації, мікроклонального розмноження, вкорінення та адаптації рослин досліджуваного роду (Huz et al., 2014). Вчені для ініціації органогенезу використовували тверде MS із додаванням $0,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ α -нафтилоцтової кислоти (НОК), $0,3 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ 2,4-Д і $0,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ БАП. Активне мікроклональне розмноження фіксували на живильному середовищі за прописом

LM (Litvay et al., 1981) із внесенням $0,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ НОК і 2,4-Д і $1,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ БАП; для укорінення мікропагонів – $\frac{1}{2}$ LM з $0,25 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ 2,4-Д. Як експлантати використовували вегетативні бруньки із 5–6-річних рослин (Huz et al., 2014). На регенераційну здатність експлантатів деревних рослин в умовах *in vitro* діє низка чинників, що визначає необхідність ретельного підбору умов культивування для їхнього мікроклонального розмноження.

Мета дослідження: визначення дії компонентів живильного середовища на регенераційну здатність тканин рослин *M. glyptostroboides* для їх мікроклонального розмноження та збереження *in vitro*. Дослідженнями передбачалося вирішення таких завдань: 1) встановити спосіб ефективної стерилізації експлантатів; 2) визначити умови введення рослинного матеріалу в культуру *in vitro*; 3) дослідити дію ауксинів на ризогенез мікропагонів; 4) оптимізувати склад живильного середовища на етапі мікроклонального розмноження рослин.

Матеріали і методи дослідження. Для досліджень використовували частини пагонів завдовжки 15–20 см із 10-річних рослин-донорів *M. glyptostroboides* (рис. 1, а) у березні 2019 р. Як експлантати застосовували фрагменти здерев'янілих пагонів завдовжки 1,0–2,0 см із однією бічною брунькою (рис. 1, б). Стерилізація рослинного матеріалу полягала у витримуванні в мильному розчині і проточній воді (15–20 хв), споліскуванні дистильованою водою (1–2 хв), обробленні 70 % етиловим спиртом (1–2 хв), використанні стерилізуювальних речовин (2,5 % NaClO , 5,0 % NaClO , 1,0 % AgNO_3 , 2,0 % AgNO_3) та подальшому триразовому промиванні у стерильній дистильованій воді (по 5–6 хв у кожній порції). Ефективність

стерилізації (%) визначали як відношення асептичних життєздатних експлантатів до загальної кількості введених у культуру *in vitro* (Kataeva & Butenko, 1983). Асептичні умови створювали за методами, загальноприйнятими у біотехнології (Kataeva & Butenko, 1983).

На етапі введення в культуру *in vitro* використовували живильне середовище за прописом MS (Murashige & Skoog, 1962). До живильних середовищ вносили 100,0 мг·л⁻¹ мезоінозитулу, 0,25 мг·л⁻¹ 6-фурфуриламінопурина (кінетин), 30,0 г·л⁻¹ сахарози, 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля та 7,0–7,3 г·л⁻¹ агару мікробіологічного. Мікропагони завдовжки 1,0–2,0 см, активовані із бруньок, відокремлювали від ініціального експлантату та субкультивували на модифіковані регуляторами росту живильні середовища. Для укорінення мікропагонів використовували 3-індолілмасляну кислоту (ІМК) та НОК. Показник кислотності середовища (рН) доводили до рівня 5,7–5,9. Рослинний матеріал культивували за загальноприйнятою методикою (Butenko, 1964; Kalinin et al., 1980; Kataeva & Butenko, 1983) у світловому приміщенні за температури 24±1°C і освітлення 2,0–3,0 клк із 16-годинним фотоперіодом і відносною вологістю повітря 70–75 %. Для досліджень використовували біотехнологічні методи (культура тканин рослин *in vitro*, мікроклональне розмноження) (Butenko, 1964; Kalinin et al., 1980; Kataeva & Butenko, 1983). Статистично експериментальні дані опрацьовували з використанням пакета аналізу MS Excel. Дослідження проведено в науково-дослідній лабораторії біотехнології рослин ВП НУБІП України «Боярська ЛДС».

Результати дослідження та їх обговорення. Стерилізацію рослинного матеріалу проводили із застосуван-

ням широкого спектра стерилізувальних речовин із різною експозицією. Варіанти стерилізації експлантатів рослин *M. glyptostroboides* та отримані результати наведено у табл. 1.

Аналіз експериментальних даних свідчить, що для експлантатів недоцільно використовувати 2,5 % NaClO / 1,0 % AgNO₃, оскільки у цих процедурах ефективність стерилізації була недостатньою для отримання оптимальних результатів. У разі збільшення концентрацій NaClO (варіант 5) та експозиції витримування експлантатів (варіант 3) досліджуваний показник не перевищував 25 %. За умови застосування 1,0 % AgNO₃ упродовж 10–11 хв фіксували значне інфікування експлантатів міцелієм грибів (рис. 1, в). Для збільшення відсотка асептичності здерев'янілого рослинного матеріалу в умовах *in vitro* рекомендують застосовувати декілька стерилізувальних агентів (Kataeva & Butenko, 1983; Huz et al., 2014). Доволі значний відсоток ефективності стерилізації експлантатів (75,0 %) отримали за використання 2,5 % NaClO упродовж 10–11 хв із наступним перенесенням у 1,0 % AgNO₃.

Після одержання асептичних життєздатних експлантатів визначали дію живильного середовища MS (0,25 мг·л⁻¹ кінетину та 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля) на регенерацію (табл. 2).

Результати дослідження регенераційної здатності експлантатів рослин показали доцільність використання твердого живильного середовища MS як базового, що узгоджується із даними інших авторів (Slusar, 2005; Huz et al., 2014). Установлено, що регенераційна здатність рослинного матеріалу із віком значно знижується (Kataeva & Butenko, 1983; Slusar, 2005). У разі застосування середови-

1. Ефективність стерилізації фрагментів пагонів рослин *M. glyptostroboides* в умовах *in vitro*

Варіант	Режим стерилізації експлантатів	Ефективність стерилізації експлантатів (середнє значення \pm стандартна похибка), %
1	2,5 % NaClO упродовж 10–11 хв	14,6 \pm 1,7
2	2,5 % NaClO упродовж 10–11 хв із подальшим перенесенням у 1,0 % AgNO ₃	75,0 \pm 1,7
3	2,5 % NaClO упродовж 20–21 хв	21,0 \pm 2,5
4	1,0 % AgNO ₃ упродовж 10–11 хв	8,8 \pm 1,3
5	5,0 % NaClO упродовж 10–11 хв	20,0 \pm 1,7
6	2,0 % AgNO ₃ упродовж 10–11 хв	32,0 \pm 2,5

ща з 0,25 мг·л⁻¹ кінетину та 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля частка регенераційно здатних експлантатів, ізольованих із 10-річних рослин-донорів, на 28 добу культивування становила понад 60,0 \pm 3,5 % (рис. 1, г). За такого режиму культивування на 30 добу культивування отримали мікропаго-ни завдовжки 2,9 \pm 0,3 см. У разі культивування мікропагонів упродовж 60 діб на вище зазначеному середовищі без активованого вугілля одержали рослини із такими характеристиками: довжина – 5,5 \pm 0,2 см, коефіцієнт мультиплікації – 8,6 \pm 0,5, кількість мікропагонів/експлантат – 3,5 \pm 0,2 шт. Мікропаго-ни рослин мали характерну пігментацією без ознак хлорозу та вітрифікації (рис. 1, д).

Інтенсивність ризогенезу мікропагонів рослин зумовлена низкою чинників, зокрема типом, концентрацією та співвідношенням ауксинів у живильному середовищі (табл. 3).

Тип ауксину та концентрація достовірно впливали на довжину кореня і мікропагону, кількість коренів/мікропагонів та частку укорінених експлантатів. Загалом коренеутворення у мікропагонів відбувалося на 25–48 добу культивування; кількість коренів/експлантатів становила 3,4 \pm 0,5 шт., а довжина – 3,3 \pm 0,4 см. Значну частку укорінених мікропагонів (65,6 \pm 2,2 %) фіксували на середовищі MS із додаванням 7,5 мг·л⁻¹ ІМК.

За таких умов культивування оптимально формується мікропагін і коренева система (довжина мікропагону – 6,1 \pm 0,4 см, головного кореня – 1,3 \pm 0,1 см, рис. 1, е).

У разі застосування живильного середовища 8,0 мг·л⁻¹ ІМК і 9,0 мг·л⁻¹ ІМК частка укорінених експлантатів становила 50–60 і 40–50 %, відповідно. Для укорінення мікропагонів недоцільно використовувати 5,0–10,0 мг·л⁻¹ НОК.

2. Ініціація регенераційних процесів у експлантатів рослин *M. glyptostroboides in vitro* (травень)

Вид	Виявлення ознак життєздатності, доба	Регенерація бічних бруньок, доба	Коренеутворення, доба
<i>M. glyptostroboides</i>	7–10	15–20	немає

3. Дія регуляторів росту ауксинового типу на ризогенез мікропагонів рослин *M. glyptostroboides in vitro*, 55 доба культивування

Показники	Концентрація ауксинів, мг·л ⁻¹							
	НОК			ІМК				
	5,0	7,5	10,0	5,0	7,5	8,0	9,0	10,0
Початок ризогенезу, доба	48	–	42	–	35	32	28	25
Довжина головного кореня, см	1,7±0,1	–	2,6±0,2	–	1,3±0,1	1,4±0,1	1,6±0,1	3,0±0,4
Довжина мікропагона, см	5,0±0,4	3,4±0,6	3,8±0,3	5,3±0,5	6,1±0,4	2,5±0,2	3,5±0,5	7,3±0,9
Частка укорінених мікропагонів, %	12,5±1,0	–	25,8±2,2	–	65,6±2,2	58,2±3,1	44,5±2,1	34,5±2,1

Отже, у результаті проведених досліджень визначено дію компонентів живильного середовища на реге-

нераційну здатність тканин рослин *M. glyptostroboides in vitro* та одержано оздоровлені рослини-регенеранти.



Рис. 1. Етапи мікроклонального розмноження рослин *M. glyptostroboides in vitro*: а) рослина-донор; б) ініціальні експлантати після стерилізації; в) інфіковані експлантати рослин на 7 добу; г) життєздатні експлантати на 30 добу; д) активно проліферувальні мікропагони на 60 добу культивування *in vitro*; е) рослини-регенеранти зі сформованою кореневою системою на MS з додаванням 7,5 мг·л⁻¹ ІМК

Висновки і перспективи. Ефективної стерилізації (75 %) фрагментів пагонів рослин *M. glyptostroboides* досягнуто шляхом їх ізоляції у весняний період із застосуванням ступінчастого способу, який полягав у застосуванні 2,5 % NaClO упродовж 10–11 хв із наступним перенесенням у 1,0 % AgNO₃. Результати експериментів щодо дослідження регенераційної здатності експлантатів рослин показали доцільність використання живильного середовища MS як базового. Активний лінійний приріст мікропагонів фіксували на MS із додаванням 0,25 мг·л⁻¹ кінетину та 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля. Для укорінення мікропагонів рослин доцільно використовувати MS із внесенням 7,5 мг·л⁻¹ ІМК за циклу культивування 55 діб. Одержано рослини-регенеранти та мультипліковано їх шляхом активації росту наявних меристем експлантату. Подальші дослідження спрямовані на розроблення методики адаптації рослин-регенерантів *M. glyptostroboides* до умов закритого і відкритого ґрунтів для їх масового розмноження, збереження і відтворення.

Список літератури

- Butenko, R. G. (1964). *Culture of Isolated Tissues and Physiology of Plant Morphogenesis*. Moscow: Nauka, 272 [in Russian].
- Farjon, A. (2013). *Metasequoia glyptostroboides*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T32317A2814244. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T32317A2814244.en>.
- Huz, M. M., Hrechanyk, R. M., & Lisovyi, M. M. (2014). The Reproduction of *Metasequoia Glyptostroboides* Hu & Cheng under *In Vitro* Conditions. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 24.6, 8–14 [in Ukrainian].
- Huz, M. M., Hrechanyk, R. M., Lisovyi, M. M., & Syniavskiy, Yu. Ye. (2014). Method of *in vitro* reproduction of *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng. Patent of Ukraine for useful model. A01H 4/00. № 90219; declared 30.01.2014; published 12.05.2014, № 9 [in Ukrainian].
- Kalinin, F. L., Sarnatskaya, V. V., Polishchuk, V. E. (1980). *Methods of Tissue Culture in Plant Physiology and Biochemistry*. Kiev: Naukova dumka, 488 [in Ukrainian].
- Karpun, Yu. N. (2010). *Subtropical Ornamental Dendrology*. St. Petersburg: VVM, 399 [in Russian].
- Kataeva, N. V., & Butenko, R. H. (1983). *Clonal Micropropagation of Plants*. Moscow: Nauka, 96 [in Russian].
- Momot, T. S. (1988). Clonal micropropagation in various representatives of conifers. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 2, 181–189 [in Russian].
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Plant Physiology*, 3, 473–497.
- Muratova, E. N., Sedelnikova, T. S., Goryachkina, O. V., & Pimenov, A. V. (2019). The study of coniferous karyotypes by classical and molecular cytogenetic methods. *Proceedings of 6th international conference-meeting. Conservation of forest genetic resources*. Shchuchynsk, 147–149 [in Russian].
- Sliusar, S. I. (2005). *Biological features of Taxodiaceae F.W. Neger family species in connection with the forest-steppe introduction of Ukraine*. National Botanical Garden M. M. Hryshko, National Academy of Sciences of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
- Sultonova, M. S. (2016). *Features of microclonal propagation and organogenesis of some representatives of conifers*. St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirova. St. Petersburg [in Russian].
- Tretyakova, I. N., Pak, M. E., Shuklyna, A. S., Pakhomova, A. P., Kulahyn, D. V., Konstan-

tynov, A. V., & Padutov, V. E. (2019). Development of biotechnology of somatic embryogenesis and genetic markers for plantation forest growing of forest tree species (*Pinaceae*) under *in vitro* culture conditions based on cell selection. *Proceedings of 6th international conference-meeting*.

Conservation of forest genetic resources. Shchuchynsk, 227–228 [in Russian].

Yushkova, E. V., Nykonorova, E. V., Velychko, N. A., Konev, Y. K., & Repiakh, S. M. (2001). *In vitro* micropropagation of conifers. *University News. Forest magazine*, 4, 129–131 [in Russian].

O. Yu. Chornobrov, O. E. Shytova, S. Yu. Bilous (2019). Effect of nutrient media components on regeneration ability of plant tissues culture *Metasequoia glyptostroboides* Hu & Cheng in vitro. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4):73-80. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.073>.

Metasequoia glyptostroboides Hu & W. C. Cheng is a relict, endangered species included in the International Union for Conservation of Nature. Traditional methods of plant propagation often are time-consuming and inefficient. Micropropagation allows getting a big amount of healthy plants *in vitro* with a minimal quantity of donor material. A considerable number of biotechnological publications focus on the study of the morphogenetic potential of conifer tissues *in vitro*, the development of optimal protocols for their reproduction. However, most authors note the absence of a sustainable system of regeneration of woody plants *in vitro*, which depends on a number of factors. The purpose of the study is to determine the effect of nutrient media components on the regenerative capacity of tissues of *M. glyptostroboides* plants for their micropropagation and conservation *in vitro*. As donor plants we used a shoot parts of 10-year-old *M. glyptostroboides* in March 2019. All plant materials were cultured according to the conventional procedure in a light room at 24 ± 1 °C and illumination of 2 000–3 000 Lux with a 16-hour photoperiod and humidity of 70–75 %. Biotechnological and statistical methods of research were applied. The tissue, plant experiments *in vitro* were carried out in the research of Plant Biotechnology Laboratory of SU of NULES of Ukraine «Boiarka forest research station». A technique for introducing plant explants to *in vitro* conditions in spring period was developed with application of 2.5 % NaClO for 10–11 min and transfer into 1.0 % liquid of AgNO₃. The significant regenerative ability of vegetal regenerates was fixed on MS nutrient medium. Active linear growth of microshoots were matched on MS medium with the addition of 0.25 mg·L⁻¹ kinetin and 2.0 g·L⁻¹ activated carbon. Optimal conditions for the initiation of roots formation in tissues of microshoots with a frequency of more than 60 % were created in a nutrient medium supplemented with IBA. The plant regenerates were obtained and multiplied by activating the growth of the available meristem of the explant. Further studies are aimed to develop an adaptation method of regenerating plants of *M. glyptostroboides* to the *ex vitro* and *in vivo* conditions for mass propagation, conservation and reproduction.

Keywords: *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W. C. Cheng, plant tissue culture *in vitro*, explants, culture medium, regenerative ability of microshoots *in vitro*, microclonal propagation, microshoots *in vitro*.

Отримано: 2019-11-20

РАРИТЕТНІ ВИДИ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ВІДДІЛУ *PINORHYTA* БЕРЕЗНІВСЬКОГО ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ (ТАКСОНОМІЧНИЙ СКЛАД, СТАН, ЕКОЛОГІЧНА ТА БІОМОРФОЛОГІЧНА СТРУКТУРИ)

А. А. ДЗИБА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0003-4422-288X

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. А. ОСТРОВСЬКА, інженер,
Березнівський дендрологічний парк

М. П. ГАВРИЛЮК, магістр
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: orhideya_oncydium@ukr.net

Березнівський дендрологічний парк має велике значення для збагачення біорізноманіття дендрофлори Рівненщини. Займає площу 29,5 га. Рослини груповані за ботаніко-географічними зонами (вісім ділянок), а в межах зон – за систематичним принципом (п'ять ділянок). Наведено аналіз результатів інвентаризації дендрораритетів відділу *Pinorhyta* (36 видів), що належать до 10 родів трьох родин. Найбільшою кількістю представлений рід *Picea* A.Diet. (28,0 %) та *Pinus* L. (22,0 %), дещо менше – представників роду *Abies* Mill. (19,0 %). Роди *Tsuga* Carr., *Pseudotsuga* Carr., *Metasequoia* Miki, *Chamaecyparis* Spach, *Thuja* L., *Juniperus* L., *Taxus* L. мало представлені, що становить від 3,0 до 8,0 % видів загальної кількості дендрораритетів. Оцінено їхній сучасний стан. Стан переважної більшості дендрораритетів відділу *Pinorhyta* є задовільним. Наведено аналіз екологічної структури (за відношенням до світла; вибагливістю до вологи, вибагливістю до ґрунтів). Екологічна структура представлена переважно скіофітами – 23 види (63,9 % загальної кількості видів), майже однакова кількість геліофітів – шість видів (16,7 %) та геміскіофітів – сім видів (19,4 %). За вимогливістю рослин до родючості ґрунту виявлено 10 видів (27,8 %) евотрофів, 16 видів (44,4 %) – мезотрофів, дев'ять видів (25,0 %) – оліготрофів та семіевтроф. За результатами досліджень встановлено, що спектр видів дендрораритетів відділу *Pinorhyta* має три основні типи гігроморф: гігрофіти, мезофіти і ксерофіти. Поширеними є: мезофіти – 16 видів (44,5 %) та гігрофіти – 12 видів (33,3 %). Малопоширені

ксерофіти – три види (8,3 %), мезогігрофіти – три види (8,3 %), є один субмезофіт (2,8 %) – *Juniperus sabina* L. і мезоксерофіт (2,8 %) – *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Ключові слова: дендрораритети, хвойні, м. Березне, дендропарк, екологія, збереження.

Актуальність і аналіз останніх досліджень. Збереження та охорона рослин, особливо рідкісних, відіграє важливу роль. Осередками збереження рослин є дендрологічні парки, ботанічні сади та інші об'єкти природно-заповідного фонду України, у тому числі Березівський дендрологічний парк. Проект цього саду було розроблено у 1978 р. Н. А. Сіроченко, а з 1979 р. розпочалася робота над його реалізацією інтродукторами М. М. Новосад, В. І. Бойченко, В. М. Почаєвець, В. А. Островською, А. Л. Гулякевич. Було проведено планування території, створено колекції рослин (за ботаніко-географічним принципом: «Ліси рівнин України», «Карпати», «Крим», «Сибір», «Далекий Схід», «Середня Азія», «Північна Америка», «Китай і Японія»; за систематичним принципом: «Розарій», «Сирингарій», «Березовий гай», «Сад чубушників», «Вербові»), сформовано ландшафтні композиції на площі 29,5 га (Kurdiuk, Hrychuk, Lazarets & Ostrovska, 2015; Oleksiichenko, Podolkhova & Kurdiuk, 2019).

Наприкінці 1980-х рр. було висаджено 1533 види, різновиди, культивари (насадження закладали на виснажених землях колишнього колгоспу з переважно дерново-підзолистими піщаними ґрунтами, які мали малопотужний гумусовий шар), саджанці деревних рослин висаджували у ями (1,0×1,0×1,0 м³) із ґрунтовою сумішшю з чорнозему, торфо-крихти, компосту та попелу, що забезпечило

добру приживлюваність і розвиток рослин у перші 5–15 років, однак у процесі розвитку кореневої системи з віком стан деяких рослин погіршувався, що призводило до зниження стійкості рослин до біотичних факторів). Уже на початок 1986 р. зафіксовано зменшення кількості до 1350 видів, різновидів і культиварів, яке відбувалося і надалі (2004 р. – 850, 2008 р. – 750 видів, різновидів, культиварів) (Pochaievets, 2009; Kurdiuk et al., 2015). У 1989 р. дендропарку було надано статус об'єкта природно-заповідного фонду загальнодержавного значення (Постанова Ради Міністрів УРСР від 13 лютого 1989 р. № 53) (Oleksiichenko et al., 2019).

Із метою виявлення рослин, стійких до різних факторів, а також моніторингу динаміки стану, акліматизації, натуралізації, інвазійності необхідно проводити інвентаризацію рослин на природоохоронних територіях. В Україні дедалі частіше займаються інвентаризацією рідкісних видів деревних рослин (Popovych, Stepanenko, Ustyomenko, Diachenko & Korinko, 2011; Popovych, Vlasenko, Berehuta, Diachenko, Ustyomenko & Stepanenko, 2014; Popovych, Savoskina, Ustyomenko, Sherstiuk & Dzyba, 2017; Popovych, Savoskina, Sherstiuk, Mykhailovych & Dzyba, 2017). Дослідники у арборетумах ботанічних садів підсумовують багаторічну інтродукцію дендрофлори та аналізують її динаміку (Pakhomov,

Oranassenko, Kabar & Rusets'ka, 2008). Науковці комплексно оцінюють сучасний стан раритетних ценопопуляцій у різних фітоценозах (Sherstuk, 2017). Досліджують (Ustyenko, Porovuch & Dubyna, 2019) стан і динаміку раритетної фітоценозотаксономічної різноманітності України, на основі чого вказують основні групи наслідків трансформування раритетних фітоценозів у похідні угруповання і пропонують внесення змін до низки природоохоронних документів щодо використання різних форм режимів збереження у природо-заповідних об'єктах суворой охорони.

Метою дослідження є виявлення дендрораритетів відділу *Pinophyta* на території Березнівського дендрологічного парку; проведення їхньої інвентаризації (виявлення кількості екземплярів рослин та визначення їхніх біометричних показників), аналіз таксономічної, біоморфологічної та екологічної структур; оцінювання стану.

Матеріали і методи дослідження. Застосовано системний підхід і порівняльний аналіз отриманого фактичного матеріалу; види деревних рослин відділу *Pinophyta* перевіряли на належність їх до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (ЧС МСОП) (The IUCN Red List, 2019); інвентаризацію дендрораритетів проводили маршрутним методом, обстежували стан (Інструкція, 2002), уточнювали вид деревних рослин за працями (Kalinichenko, 2003; Kokhno et al., 2001; Kriussman, 1986; Zaiachuk, 2005). Видову назву визначали відповідно до міжнародної класифікації The Plant List (2013), класифікацію життєвих форм – за Raunkiaer (1934), розподіл видів деревних рослин за висотами – за Kalinichenko (2003). Згідно з вимогами до основних факторів

середовища проводили аналіз належності дендрораритетів до різних екологічних груп.

Результати дослідження та їх обговорення. Березнівський дендропарк, розташований у межах Західного Полісся, яке характеризується помірно-континентальним м'яким кліматом. На території Березнівського дендропарку зростають 36 видів деревних рослин відділу *Pinophyta*, що перебувають під охороною ЧС МСОП: 29 видів мають категорію низького ризику LC, тобто перебувають під невеликою загрозою; *Abies fraseri* (Pursh) Poir., *Picea omorika* (Pancic) Purk., *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C. Cheng – категорію EN (під загрозою зникнення); *Abies holophylla* Maxim., *Tsuga canadensis* (L.) Carriere, *Thuja standishii* Carriere – категорію NT (види близькі до загрозливого стану); *Picea asperata* Mast. належить до категорії вразливих VU). *Picea omorika* (Pancic) Purk. занесена також до Європейського Червоного Списку. Раритетні види деревних рослин відділу *Pinophyta* належать до 10 родів (*Abies* Mill., *Picea* A. Diet, *Pinus* L., *Tsuga* Carr., *Pseudotsuga* Carr., *Metasequoia* Miki, *Chamaecyparis* Spach, *Thuja* L., *Juniperus* L., *Taxus* L.), трьох родин (*Pinaceae*, *Taxaceae*, *Cupressaceae*), класу *Pinopsida*, порядку *Pinales* (табл. 1).

Під *Abies* Mill. представлений: *Abies alba* Mill. (1979 р. – 24 екземпляри, 2017 р. – 24 екземпляри; вік – 41 р., $H_{cp} = 18,90 \pm 0,30$ м, $D_{cp} = 35,08 \pm 1,93$ см, $H_{min} = 17,0$ м, $D_{min} = 20,0$ см, $H_{max} = 23,5$ м, $D_{max} = 61,0$ см), *A. balsamea* (L.) Mill. (1985 р. – два екземпляри, 2017 р. – один екземпляр; вік – 35 р., $H = 12,0$ м, $D = 16,0$ см, 13,0 см, 16,0 см), *A. concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr. (1981 р. – три екземпляри, (1983 р.

1. Таксономічний склад раритетних видів відділу *Pinophyta*

Клас	Поря-док	Родина	Рід	Вид
<i>Pinopsida</i>	<i>Pinales</i>	<i>Pinaceae</i>	<i>Abies</i> Mill.	<i>Abies alba</i> Mill.
				<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.
				<i>Abies concolor</i> (Gordon) Lindl. ex Hildebr.
				<i>Abies fraseri</i> (Pursh) Poir.
				<i>Abies holophylla</i> Maxim.
				<i>Abies nordmanniana</i> (Steven) Spach
			<i>Abies sachalinensis</i> (F.Schmidt) Mast.	
			<i>Picea</i> A.Diet.	<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.
				<i>Picea asperata</i> Mast.
				<i>Picea engelmannii</i> Parryex Engelm.
				<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss
				<i>Picea mariana</i> (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb.
				<i>Picea obovata</i> Ledeb.
				<i>Picea omorika</i> (Pancic) Purk.
				<i>Picea pungens</i> Engelm.
				<i>Picea rubens</i> Sarg.
				<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. & C.A.Mey.
				<i>Pinus</i> L.
		<i>Pinus cembra</i> L.		
		<i>Pinus contorta</i> Douglas ex Loudon		
		<i>Pinus koraiensis</i> Siebold & Zucc.		
		<i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold		
		<i>Pinus sibirica</i> (Rupr.) Mayr		
		<i>Pinus sylvestris</i> L.		
		<i>Pinus strobus</i> L.		
		<i>Tsuga</i> Carr.	<i>Tsuga canadensis</i> (L.) Carriere	
		<i>Pseudotsuga</i> Carr.	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	
		<i>Cupressaceae</i>	<i>Metasequoia</i> Miki	<i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu & W.C.Cheng
			<i>Chamaecyparis</i> Spach	<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Siebold & Zucc.) Endl.
			<i>Thuja</i> L.	<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don
				<i>Thuja occidentalis</i> L.
				<i>Thuja standishii</i> Carriere
			<i>Juniperus</i> L.	<i>Juniperus sabina</i> L.
				<i>Juniperus virginiana</i> L.
		<i>Taxaceae</i>	<i>Taxus</i> L.	<i>Taxus baccata</i> L.
				<i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc.
1	1	3	10	36

один екземпляр був зрубаний і поновився), 2017 р. – три екземпляри; вік – 37 р., $H_{cp} - 14,67 \pm 0,94$ м, $D_{cp} - 26,0 \pm 4,83$ см, $H_{min} - 11,5$ м, $D_{min} - 11,5$ та

14,0 см, $H_{max} - 16,5$ м, $D_{max} - 42,0$ см), *A. fraseri* (Pursh) Poir. (1985 р. – чотири екземпляри, 1992 р. – залишився один екземпляр, 2017 р. загинув), *A.*

holophylla Maxim. (1985 р. – три екземпляри, 2017 р. – три екземпляри; вік – 35 р., $H_{cp} - 13,33 \pm 0,167$ м, $D_{cp} - 30,67 \pm 3,18$ см, $H_{min} - 13,0$ м, $D_{min} - 27,0$ см, $H_{max} - 13,5$ м, $D_{max} - 37,0$ см), *A. nordmanniana* (Steven) Spach. (1985 р. – три екземпляри, 2017 р. – три екземпляри; вік – 35 р., $H_{cp} - 17,83 \pm 0,167$ м, $D_{cp} - 43,33 \pm 2,96$ см, $H_{min} - 17,5$ м, $D_{min} - 39,0$ см, $H_{max} - 18,0$ м, $D_{max} - 49,0$ см), *A. sachalinensis* (F.Schmidt) Mast. (1985 р. – один екземпляр, 2017 р. – один екземпляр; вік – 35 р., $H - 17,5$ м, $D - 32,0$ см) (рис. 1).

Під *Picea* A. Diet налічує такі дендрораритети: *Picea abies* (L.) H.Karst. (1979 р. – 20 екземплярів, 2017 р. – 20 екземплярів; вік – 41 р., $H_{cp} - 19,46 \pm 0,49$ м, $D_{cp} - 28,23 \pm 1,32$ см, $H_{min} - 17,0$ м, $D_{min} - 14,0$ см, $H_{max} - 23,5$ м, $D_{max} - 34,0$ см), *P. asperata* Mast. (1985 р. – 13 екземплярів, 2017 р. – 13 екземплярів; вік – 35 р., $H_{cp} - 16,43 \pm 0,94$ м, $D_{cp} - 23,73 \pm 1,95$ см, $H_{min} - 10,0$ м, $D_{min} - 15,0$ см, $H_{max} - 20,0$ м, $D_{max} - 37,0$ см), *P. engelmannii* Parryex Engelm. (1982 р. – 15 екземплярів, 2017 р. – 15 екземплярів; вік – 38 р., $H_{cp} - 11,1 \pm 0,30$ м, $D_{cp} - 18,76 \pm 1,12$ см, $H_{min} - 8,5$ м, $D_{min} - 12,0$ см, $H_{max} - 11,5$ м, $D_{max} - 25,0$ см), *P. glauca* (Moench) Voss (1985 р. – вісім екземплярів, 2017 р. – три екземпляри; вік – 35 р., $H_{cp} - 15,83 \pm 0,67$ м, $D_{cp} - 27,33 \pm 2,60$ см, $H_{min} - 16,0$ м, $D_{min} - 30,0$ см, $H_{max} - 16,5$ м, $D_{max} - 35,0$ см), *P. mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb. (1985 р. – чотири екземпляри, 2015 р. один екземпляр загинув, 2017 р. – три екземпляри; вік – 36 р., $H_{cp} - 11,3 \pm 0,12$ м, $D_{cp} - 12,6 \pm 0,81$ см, $H_{min} - 11,0$ м, $D_{min} - 10,0$ см, $H_{max} - 11,5$ м, $D_{max} - 15,0$ см), *P. obovata* Ledeb. (1985 р. – один екземпляр, 2017 р. – один екземпляр; вік – 36 р., $H - 17,0$ м, $D - 52,0$ см), *P. omorika* (Pancic) Purk. (1979 р. – один екземп-

ляр, 2017 р. – один екземпляр; вік – 41 р., $H - 12,5$ м, $D - 14,5; 17,0; 16,0$ см), *P. pungens* Engelm. (1982 р. – 17 екземплярів, 2017 р. – 17 екземплярів; вік – 37 р., $H_{cp} - 13,12 \pm 0,56$ м, $D_{cp} - 32,0 \pm 1,88$ см, $H_{min} - 11,0$ м, $D_{min} - 23,0$ см, $H_{max} - 17,5$ м, $D_{max} - 52,0$ см), *P. rubra* (DuRoi) Link (1985 р. – три екземпляри, 2017 р. – три екземпляри; вік – 36 р., $H_{cp} - 11,25 \pm 0,25$ м, $D_{cp} - 25,0 \pm 2,0$ см, $H_{min} - 11,0$ м, $D_{min} - 16,0$ см, $H_{max} - 11,5$ м, $D_{max} - 25,0$ см), *P. schrenkiana* Fisch. & C.A.Mey. (1979 р. – п'ять екземплярів, 2017 р. – п'ять екземплярів; вік – 40 р., $H_{cp} - 10,2 \pm 0,44$ м, $D_{cp} - 15,4 \pm 1,56$ см, $H_{min} - 9,5$ м, $D_{min} - 12,5$ см, $H_{max} - 11,5$ м, $D_{max} - 21,0$ см).

Серед представників роду *Pinus* L. виявлено такі дендрораритети: *Pinus banksiana* Lamb. (1979 р. – сім екземплярів, 2017 р. – чотири екземпляри; вік – 40 р., $H_{cp} - 11,7 \pm 0,12$ м, $D_{cp} - 20,2 \pm 1,98$ см, $H_{min} - 11,5$ м, $D_{min} - 17,0$ см, $H_{max} - 12,0$ м, $D_{max} - 27,0$ см), *P. cembra* L. (1979 р. – сім екземплярів, 2017 р. – сім екземплярів; вік – 41 р., $H_{cp} - 11,14 \pm 0,47$ м, $D_{cp} - 18,93 \pm 2,39$ см, $H_{min} - 10,5$ м, $D_{min} - 16,0$ см, $H_{max} - 12,5$ м, $D_{max} - 26,0$ см), *P. contorta* Douglas ex Loudon (1982 р. – 20 екземплярів, 2017 р. – 13 екземплярів; вік – 38 р., $H_{cp} - 12,8 \pm 0,44$ м, $D_{cp} - 22,38 \pm 1,39$ см, $H_{min} - 11,5$ м, $D_{min} - 17,0$ см, $H_{max} - 15,0$ м, $D_{max} - 30,0$ см), *P. koraiensis* Siebold & Zucc. (1982 р. – вісім екземплярів, 2017 р. – вісім екземплярів; вік – 38 р., $H_{cp} - 10,94 \pm 0,66$ м, $D_{cp} - 25,38 \pm 2,17$ см, $H_{min} - 10,0$ м, $D_{min} - 17,0$ см, $H_{max} - 13,5$ м, $D_{max} - 36,0$ см), *P. nigra* J.F. Arnold (1979 р. – 28 екземплярів, 2017 р. – 28 екземплярів; вік – 40 р., $H_{cp} - 13,12 \pm 0,67$ м, $D_{cp} - 26,48 \pm 1,58$ см, $H_{min} - 8,5$ м, $D_{min} - 16,0$ см, $H_{max} - 20,0$ м, $D_{max} - 49,0$ см), *P. sibirica* Du Tour. (1979 р. – 38 екземплярів,

2017 р. – 38 екземплярів; вік – 40 р., $H_{cp} - 8,22 \pm 0,26$ м, $D_{cp} - 17,43 \pm 1,01$ см, $H_{min} - 5,7$ м, $D_{min} - 9,0$ см, $H_{max} - 13,0$ м, $D_{max} - 33,0$ см), *P. sylvestris* L. (1979 р. – чотири екземпляри, 2017 р. – чотири екземпляри; вік – 41 р., $H_{cp} - 16,8 \pm 0,34$ м, $D_{cp} - 35,4 \pm 5,71$ см, $H_{min} - 15,5$ м, $D_{min} - 32,0$ см, $H_{max} - 17,5$ м, $D_{max} - 49,0$ см) – 4 екземпляри, *P. strobus* L. (1979 р. – 11 екземплярів, 2017 р. – 11 екземплярів; вік – 41 р., $H_{cp} - 19,0 \pm 0,57$ м, $D_{cp} - 43,53 \pm 2,95$ см, $H_{min} - 16,0$ м, $D_{min} - 28,0$ см, $H_{max} - 18,5$ м, $D_{max} - 56,0$ см) (рис. 1).

Podu Tsuga Carr., *Pseudotsuga* Carr. *Metasequoia* Miki, *Chamaecyparis* Spach, *Thuja* L., *Juniperus* L. та *Taxus* L представлені: *Tsuga canadensis* (L.) Carriere (1979 р. – один екземпляр, 2017 р. – один екземпляр; вік – 41 р., $H - 11,0$ м, $D - 32,0$ см), *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (1979 р. – 13 екземплярів, 2017 р. – дев'ять екземплярів; вік – 40 р., $H_{cp} - 18,27 \pm 0,67$ м, $D_{cp} - 47,72 \pm 2,91$ см, $H_{min} - 15,0$ м, $D_{min} - 37,0$ см, $H_{max} - 21,0$ м, $D_{max} - 66,0$ см), *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C. Cheng (2008 р. – один екземпляр, 2017 р. – один екземпляр; вік – 12 р.,

$H - 4,0$ м, $D - 5,5$ см), *Thuja plicata* Donn ex D.Don (1979 р. – два екземпляри, 2017 р. – два екземпляри багатостовбурні; вік – 41 р., $H - 11,0$ м, $D - 23,0; 19,0; 19,0; 14,0$ см, $H - 10,0$ м, $D - 18,0; 25,0; 12,0$ см), *Thuja occidentalis* L. (1979 р. – п'ять екземплярів, 2017 р. – сім екземплярів двійчатки та трійчатки; вік – 41 р., $H_{min} - 5,0$ м, $D_{min} - 5,0; 6,0; 7,0$ см, $H_{max} - 16,5$ м, $D_{max} - 30,0; 27,0$ см), *Thuja standishii* (Gordon) Carriere (1987 р. – дев'ять екземплярів, 2017 р. – 10 екземплярів багатостовбурні; вік – 33 р., $H_{min} - 5,5$ м, $D_{min} - 6,0; 9,0; 12,0$ см, $H_{max} - 6,0$ м, $D_{max} - 12,0; 10,0; 14,0; 7,0$ см), *Juniperus sabina* L. (1988 р. – чотири групи, 2017 р. площа 0,20 га; вік – 33 р.), *Taxus baccata* L. (1979 р. – три екземпляри, 2017 р. – два екземпляри; вік – 41 р., $H - 5,5$ м, $D - 6,0; 9,0; 7,0$ см, $H - 4,0$ м, $D - 8,0$ см), *Taxus cuspidata* Siebold & Zucc. (1985 р. – один екземпляр, 2017 р. – один екземпляр; вік – 36 р., $H - 6,0$ м, $D - 8,0$ см), *Chamaecyparis pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl. (1985 р. – один екземпляр, 2017 р. – один екземпляр; вік – 35 р., $H - 14,0$ м, $D - 32,0; 22,0; 18,0$ см) (рис. 1).

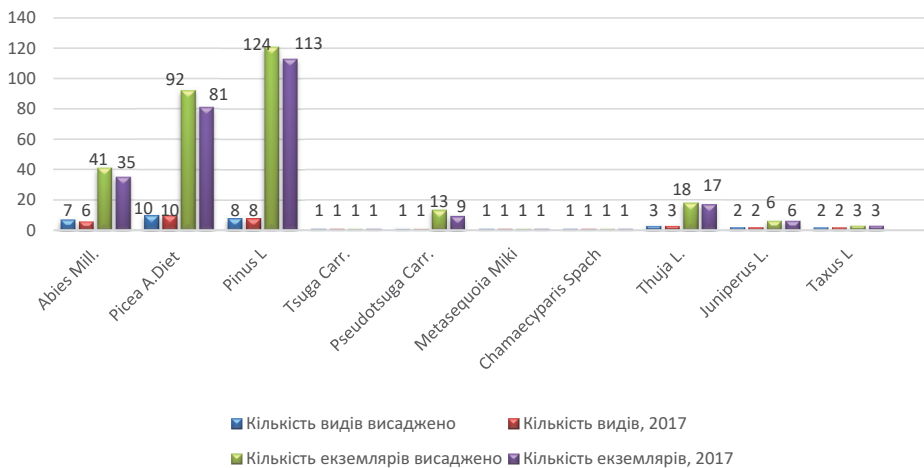


Рис. 1. Кількісний розподіл дендрореліктів відділу *Pinophyta*

Проведено розподіл дендрораритетів відділу *Pinophyta* за такими показниками: родючості ґрунту, вимогливістю до ґрунтової вологи, освітлення. Виявлено, що поширені мезотрофи 16 видів (44,4 %); 10 видів (27,8 % загальної кількості видів) є евтотрофами, до них належать: *Abies alba* Mill., *Abies balsamea* (L.) Mill., *Abies fraseri* (Pursh) Poir., *Abies holophylla* Maxim., *Abies nordmanniana* (Steven) Spach, *Picea obovata* Ledeb., *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc., *Chamaecyparis pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl., *Thuja plicata* D. Don., *Thuja standishii* Carriere; 9 видів (25,0 %) – олиготрофи: *Picea engelmannii* Parry ex Engelm., *Picea glauca* (Moench) Voss, *Picea pungens* Engelm., *Pinus banksiana* Lamb., *Pinus contorta* Douglas ex Loudon, *Pinus nigra* J.F. Arnold, *Pinus sylvestris* L., *Pinus strobus* L., *Juniperus virginiana* L. та сімівтроф – *Juniperus sabina* L. (табл. 2).

Спектр видів дендрораритетів відділу *Pinophyta* має такі три основні типи гігроморф: гігрофіти, мезофіти, ксерофіти. Поширеними є дві групи: мезофіти – 16 видів (44,5 %) і гігрофіти – 12 видів (33,3 %). Малопоширені ксерофіти – три види, до них належать – *Pinus nigra* J.F. Arnold, *P. sylvestris* L., *Juniperus virginiana* L.; мезогігрофіти, три види – *Picea rubens* Sarg., *Abies alba* Mill., *Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.; субмезофіт – *Juniperus sabina* L., мезоксерофіт – *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Аналіз за вибагливістю до світла засвідчив домінування скіофітів – 23 види (63,9 %), сім видів (19,4 %) – геміскіофітів (*Abies concolor* (Gordon) Lindl. ex Hildebr., *Picea abies* (L.) H. Karst. *Abies holophylla* Maxim., *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc., *Pinus nigra* J.F. Arnold, *Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr., *Chamaecyparis pisifera* (Siebold &

2. Екологічна структура дендрораритетів відділу *Pinophyta*

Екофактор	Екологічна група	Кількість видів	% кількості видів
трофність	Евтотрофи	10	27,8
	Мезотрофи	16	44,4
	Оліготрофи	9	25,0
	Сімівтроф	1	2,8
	Всього:	36	100
волога	Гігрофіти	12	33,3
	Мезогігрофіти	3	8,3
	Мезофіти	16	44,5
	Субмезофіти	1	2,8
	Мезоксерофіти	1	2,8
	Ксерофіти	3	8,3
	Всього:	36	100
світло	Скіофіти	23	63,9
	Геліофіти	6	16,7
	Геміскіофіти	7	19,4
	Всього:	36	100

Zucc.) Endl.) та шість видів (16,7 %) – геліофітів (*Pinus banksiana* Lamb., *Pinus contorta* Douglas ex Loudon, *Pinus sylvestris* L., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Pinus strobus* L., *Metasequoia glyptostroboides* Hu&W.C. Cheng.).

Згідно з класифікацією життєвих форм Раункієра, 36 видів дендрораритетів відділу *Pinophyta* належать до фанерофітів (20 мегафанерофітів, 15 мезофанерофітів і один нанофанерофіт).

Розподіл досліджуваних деревних рослин за висотами показав, що 25 видів – дерева першої величини (більше ніж 25 м); шість видів – дерева другої величини (від 15 до 25 м) – *Abies fraseri* (Pursh) Poir., *Picea mariana* (Mill.) Britton, Sterns & Poggenb., *P. rubens* Sarg., *Pinus banksiana* Lamb., *Pinus cembra* L., *Thuja standishii* (Gordon) Carriere; третьої величини – *Abies balsamea* (L.) Mill., *Taxus baccata* L., *Taxus cuspidata* Siebold & Zucc.; дерево четвертої величини *Pinus contorta* Douglas ex Loudon; один чагарник середній – *Juniperus sabina* L. (1– 2,5 м).

Важливим показником життєздатності рослин є їхній якісний стан. На сучасний стан дендрораритетів впливають різні чинники: низька температура взимку, недостатня кількість опадів влітку, особливо після припиненням подавання води у ставки з 2000-х років. *Abies fraseri* (Pursh.) Poir – загинуло (рис. 2). Окремі екземпляри *Abies alba* Mill., *Picea abies* (L.) H. Karst., *P. glauca* (Moench) Voss., *P. obovata* Ledeb., *P. rubra* (Du Roi) Link уражено *Chermes abietis* (рис. 3), деякі екземпляри пошкоджені *Tenthredinidae*, спостерігається пошкодження шишок і хвої рослин, деякі рослини дендропарку уражені *Melolontha melolontha* L., на стовбурах та гілках окремих екземплярів *Picea schrenkiana* Fisch. & С.А.Мей. виявлено *Parmelia sulcata* (рис. 4), *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc уражено *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.

Серед досліджених дендрораритетів 14 видів мають добрий стан, 18 видів – задовільний, чотири види – незадовільний стан. Деякі види ма-



Рис. 2. Засохле дерево *Abies fraseri* (Pursh.) Poir



Рис. 3. *Chermes abietis* на *Picea obovata* Ledeb.



Рис. 4. *Parmelia sulcata* на *Picea schrenkiana* Fisch. & С.А. Мей.

(фото М. П. Гаврилук)

ють представників із різним станом. Наприклад, *Abies holophylla* Maxim. – один екземпляр із добрим станом якості, один – задовільним та один – незадовільним, *Picea asperata* Mast. – вісім екземплярів у доброму стані та п'ять – у задовільному, *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. – має 23 екземпляри із задовільним станом, 15 – незадовільним, *Pseudotsugamenziesii* (Mirb.) Franco. – вісім екземплярів у доброму стані та один екземпляр у задовільному. *Abies balsamea* (L.) Mill., *Abies nordmanniana* (Steven) Spach., *Abies sachalinensis* (F. Schmidt) Mast., *Picea omorika* (Pancic) Purk., *Picea rubra* (Du Roi) Link., *Pinus banksiana* Lamb., *Tsuga canadensis* (L.) Carriere, окремі екземпляри *Thuja plicata* Donn ex D. Don, *Thuja standishii* (Gordon) Carriere, *Juniperus virginiana* L., *Juniperus sabina* L., *Taxus baccata* L., *Taxus cuspidata* Siebold & Zucc. мають добрий стан. Один екземпляр *Pinus sibirica* Du Tour, *Pinus sylvestris* L., *Pinus strobus* L., *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C. Cheng, *Chamaecyparis pisifera* (Siebold & Zucc.) Endl. мають незадовільний стан. *Abies fraseri* (Pursh) Poir. було видалено із насадження у 2017 р.

Висновки і перспективи. У Бerezнівському дендропарку з 1979 р. до 2008 р. було висаджено 300 екземплярів 36 видів відділу *Pinophyta*, які належать до ЧС МСОП (29 видів мають категорію LC; по три види – категорію EN і NT; *Picea asperata* Mast. належить до категорії VU). Серед них – 20 мегафанерофітів, 15 мезофанерофітів і один нанофанерофіт. Вік рослин становить 33–41 рік. Мезотрофи становлять 44,4 %, евтотрофи – 27,8 %, оліготрофи – 25,0 %. Мезофіти представлені 44,5 %, гігро-

фіти – 33,3 %, малопоширені ксерофіти, мезогігрофіти, субмезофіти та мезоксерофіти. Домінують скіофіти – 63,9 %, дещо менше геміскіофітів – 19,4 % та геліофітів – 16,7 %. Протягом 40 років загинули 11 % екземплярів, у тому числі всі представники *Abies fraseri* (Pursh) Poir. Стан більшості дендрораритетів відділу *Pinophyta* – задовільний. На основі проведених досліджень ми пропонуємо проводити поповнення колекції та дотримуватись чинного законодавства України, що регламентує утримання і збереження цінних об'єктів культурної спадщини.

Список літератури

- Instruction on inventory of green spaces in settlements of Ukraine.* Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0182-02>.
- Kalinichenko, O. A. (2003). *Decorative dendrology*. Kyiv: Higher School, 199 [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: Higher school, 207 [in Ukrainian].
- Kriussman, H. (1986). *Coniferous species*. Moscow: Forest industry, 254 [in Russian].
- Kurdiuk, O. M., Hrychuk, M. O., Lazarets, M. V., & Ostrovska, V. A. (2015). Taxonomic composition and structure of plantations in the dendrological park of Berezniivsky Forest College. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. Series: Forestry and landscape-gardening*, 216 (1), 168–175. Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lisivnytstvo/article/view/5015> [in Ukrainian].
- Oleksiihenko, N. O., Podolkhova, M. O., & Kurdiuk, O. M. (2019). *Dendrological parks of the Ukrainian Polissya*. Bila Tserkva: Pshonkivskiy O. V., 251 [in Ukrainian].

- Pakhomov, O. Y., Opanasenko, V. F., Kabar, A. M., & Rusets'ka, L. L. (2008). Results of lignosa and shrubs introduction in arboretum of botanical garden of the Dnipropetrovsk university. *Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology. Ecology*, 16 (2), 131–136. doi: <https://doi.org/10.15421/010859> [in Ukrainian].
- Pochaievets, V. M. (2009). *The Catalog of tree plants of the Bereznian state arboretum*. Berezne: Berezniivsky Forest College, 47 [in Ukrainian].
- Popovych, S. Y., Savoskina, A. M., Ustymenko, P. M., Sherstiuk, M. Y., & Dzyba, A. A. (2017). *The dendrosozological catalogue of the natural-reserved fund of the Ukrainian Polissya*. Kyiv: Ltd. "CP Komprint", 466 [in Ukraine].
- Popovych, S. Y., Stepanenko, N. P., Ustymenko, P. M., Diachenko, Y. M., & Korinko, O. M. (2011). *The dendrosozological catalogue of the natural-reserved fund of the Forest-steppe of Ukraine*. Kyiv: Ltd. "Agrar Media Group", 800 [in Ukraine].
- Popovych, S. Y., Vlasenko, A. S., Berehuta, Y. I., Diachenko, Y. M., Ustymenko, P. M., & Stepanenko, N. P. (2014). *The dendrosozological catalogue of the natural-reserved fund of the Steppe of Ukraine*. Kyiv: Ltd. "CP Komprint", 888 [in Ukraine].
- Popovych, S. Y., Savoskina, A. M., Sherstiuk, M. Y., Mykhailovych, N. M., & Dzyba, A. A. (2017). *The reserved dendrosozoflora of the Ukrainian Polissya*. Kyiv: Ltd. "CP Komprint", 188 [in Ukraine].
- Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford: Clarendon Press, 632.
- Sherstuk, M. Yu. (2017). Coenopopulations of *Ledum palustre* (Ericaceae) in forest and forest-swamp phytocoenoses of Novhorod-Siversky Polissya. *Ukrainian Botanical Journal*, 74 (1), 37–45. doi: [10.15407/ukrbotj74.01.037](https://doi.org/10.15407/ukrbotj74.01.037) [in Ukrainian].
- The IUCN Red List of Threatened Species, 2019, Version 3.1. Retrieved from <https://www.iucnredlist.org>.
- The Plant List, 2013, Version 1.1. Retrieved from <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/G>.
- Ustymenko, P. M., Popovych, S. Yu., & Dubyna, D. V. (2019). Current trends in the dynamics of rare phytocoenoses in Ukraine and modification of the concept of absolute conservation. *Ukrainian Botanical Journal*, 76 (5), 434–444. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.05.434> [in Ukrainian].
- Zaiachuk, V. Y. (2005). *Dendrology. Gymnospermae: Tutorial*. Lviv: Ltd. "Firma Kamula", 175 [in Ukrainian].

A. A. Dzyba, V. A. Ostrovska, M. P. Havryliuk (2019). Rare species of woody plants of Pinophyta Division in Berezne Dendrological Park (taxonomic composition, state, ecological and biomorphological structures). UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4): 81-91. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.081>.

Berezne Dendrological Park plays an important role in the enrichment of dendrofloral biodiversity in Rivne region. The park covers an area of 29.5 hectares. Plants are grouped by botanical-geographical zones (eight areas), and within zones – by a systematic principle (five areas). The results of the inventory of dendrorarities of the Pinophyta Division of 36 species, that belong to 10 genera of three families, have been analyzed. The largest number is represented by the genus Picea A. Diet. (28.0 %), Pinus L. (22.0 %), whereas genus Abies Mill has somewhat fewer representatives (19.0 %). The genera Tsuga Carr., Pseudotsuga Carr., Metasequoia Miki., Chamaecyparis Spach, Thuja L., Juniperus L., Taxus L. are poorly represented, accounting for between 3.0 and 8.0 % of the total number of the species of dendrorarities. Their current state has been

assessed. The condition of the overwhelming majority of the Pinophyta Arboretum is satisfactory. The ecological structure (by relation to light; by exactingness to moisture, by exactingness to soil) has been analyzed. The ecological structure is represented mainly by scyophytes – 23 species (63.9 % of the total number of species), by heliophytes 6 species (16.7 %) and by hemiskiophytes 7 species (19.4 %). By demand of plants for soil fertility 10 species (27.8 %) of eutotrophs, 16 species (44.4 %) of mesotrophs, 9 species (25.0 %) of oligotrophs and semiotrophs have been detected. According to the results of the research, it has been established that the spectrum of the species of the dendrorarities of the Pinophyta division has three main types of hygromorphs: hygrophytes, mesophytes, xerophytes. Widespread species are: mesophytes 16 species (44.5 %) and hygrophytes 12 species (33.3 %). Less widespread are: xerophytes 3 species (8.3 %), mesohygrophytes 3 species (8.3 %), there is one submesophyte (2.8 %) – *Juniperus sabina* L. and mesoxerophyte (2.8 %) – *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco.

Keywords dendrorarities, conifers, Berezne, arboretum, ecology, conservation.

Отримано: 2019-11-26

ОЦІНЮВАННЯ ЯКІСНОГО СТАНУ ГАЗОННОГО КУЛЬТУРФІТОЦЕНОЗУ НА ТЕРИТОРІЇ САДУ БУДИНКУ УРЯДУ УКРАЇНИ

О. Ю. СТРАШОК, кандидат біологічних наук,
orcid.org/0000-0002-2779-7692

О. В. КОЛЕСНІЧЕНКО, доктор біологічних наук, професор,
orcid.org/0000-0003-4767-6844

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Д. Ю. КРІВОВА, провідний інженер Управління адміністративних
будинків, Кабінет Міністрів України

Ю. В. ЛЕЩЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: landscape_architecture@nubip.edu.ua

Озеленення та благоустрій державних установ характеризуються комплексом особливих ландшафтно-планувальних рішень, що зумовлено, насамперед, функціональним призначенням об'єкта. Газонні покриття – екостабілізуювальний ландшафтовірний елемент садово-паркових територій різного призначення. Автори проаналізували історію благоустрою саду будинку Уряду України (БУ України) за архівними даними та встановили, що формування благоустрою саду має довготривалу історію. Літературні та картографічні дані свідчать, що в перші роки заснування саду БУ України асортимент насаджень складався із різноманітних видів плодових рослин, які компонувалися із декоративними деревами та чагарниками з великими за площею газонними покриттями. Для оцінювання якості структури газонного культурфітоценозу і показників загальної декоративності автори використали методики українського газонознавця О. О. Лаптева (1983). Проведено розподіл газонних покриттів за різними типами функціонального призначення, який представлено у роботі графічним матеріалом. На дослідній території зафіксовано 25 видів синантропної рослинності, зокрема найбільше – *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F. H. Wigg., водночас виявлено лише поодинокі екземпляри *Asarum europaeum* L., *Ranunculus repens* L. і *Omphalodes scorpioides* (Haenke) Schrank. Результати досліджень свідчать, що 5705 м² газонного покриття дослідної території оцінено у 4 бали із зімкнуто-мозаїчним розміщенням пагонів травостою та 75 % проективного покриття, 1089,5 м² – 3 бали й 60 % проективного покриття, 815,1 м² – 2 бали, 362 м² одиночно-роздільного покриття – 1 бал. Автори надали рекомендації щодо покращення стану та загальної декоративності газонного культурфітоценозу.

Ключові слова: газон, декоративність, дернина, пагоноутворення, проективне покриття, функціональне призначення.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Газонні покриття – невід’ємні елементи озеленення садово-паркових об’єктів різного функціонального призначення у всьому світі, які одночасно відіграють роль важливого екостабілізуючого компонента урбоєкосистеми (Beard & Green, 1994; Laptev, 2001; Leshchenko et al., 2015). Також від якості газонного покриття залежить сприйняття різноманітних конструктивних елементів ландшафтного об’єкта. Газонні покриття виконують декоративні й санітарно-гігієнічні функції у містах та займають 70–75 % загальної площі міста (Ignatieva et al., 2015). Газонна індустрія має довготривалу історію становлення в різних куточках світу, однак науковці досі дискутують про її позитивний і негативний вплив на навколишнє середовище (Yang et al., 2019). М. Л. МакКінні (McKinney, 2006) зазначає, що, незважаючи на відмінність кліматичних умов, у різних куточках земної кулі спостерігається тенденція подібності флори урботериторій, і визначає це поняттям «біогічна гомогенізація». Газонні покриття розрізняють за поліфункціональним призначенням (декоративні, спортивні та спеціальні), і тому вони слугують базисом архітектурно-планувального рішення різноманітних садово-паркових об’єктів (Ignatieva, 2011). За будь-якого типу архітектурного і ландшафтного стилю садово-паркового об’єкта газон завжди є його компонентом та горизонтальною віссю.

Озеленення та благоустрій територій садово-паркових об’єктів обмеженого користування потребує індивідуального підходу через специфіку призначення, особливо урядових споруд. У літературних джерелах

ми не знайшли результатів оцінювання газонних покриттів БУ України з дати заснування саду, тому вважаємо за доцільне провести оцінювання стану газонного культурфітоценозу за загальноприйнятими методиками. БУ України є пам’яткою архітектури, його побудовано у 1936–1938 рр. Відомо, що будівля спочатку слугувала для Народного комісаріату внутрішніх справ, з 25 березня 1946 р. там розміщувалася Рада Міністрів УРСР, у 1990 р. – Кабінет Міністрів УРСР, лише з 1991 р. – Кабінет Міністрів України, коли будівля отримала нову назву, що збереглася дотепер: Будинок Уряду України. Будинок Уряду і Клуб Кабінету Міністрів України утворюють спільний внутрішній двір. Сад розташований на території внутрішнього двору цих двох споруд.

Нині на території саду БУ України працівники відділу з утримання подвір’я та будівель сектору з благоустрою та озеленення територій виконують усі агротехнічні операції з утримання та догляду за насадженнями, зокрема газонними покриттями, згідно з державним документом «Правила утримання зелених насаджень у населених пунктах України», що є обов’язковими для виконання всіма установами, підприємствами, організаціями та громадянами, які займаються проектуванням, створенням, ремонтом і утриманням зелених насаджень, розташованих на територіях населених пунктів України (розділ 1, пункт 1.3 «Правил...»).

Матеріали і методи дослідження. Об’єктом нашого дослідження слугувало газонне покриття на території саду БУ України.

Види газоноутворювальної та бур’янової рослинності визначали відповідно до «Определителя высших расте-

ний України» (1986). Українські назви рослин наведено згідно з «Конспектом декоративних фітоавтохтонів України» (2018), латинські – «The Plant List».

Оцінювання фактичної забур'яненості проводили за методом О. О. Лаптева (Laptev, 1983) і оцінювали в балах, де: 0 – бур'янів немає; 1 – трапляються поодинокі екземпляри бур'янів, ступінь покриття близький до 0,1–3 бур'яни на 1 м²; 2 – ступінь покриття до 5 %, 3–5 бур'янів на 1 м²; 3 – 5–20 %, 5–15 бур'янів на 1 м², культурні рослини домінують над бур'янами; 4 – 20–50 %, 20–30 бур'янів на 1 м², культурні рослини ще домінують над бур'янами; 5 – 50–70 %, кількість бур'янів рівна або більша, ніж кількість культурних рослин, культура під загрозою; 6 – 75–100 % суцільне засмічення, бур'яни значно переважають над культурними рослинами.

Оцінювання декоративності газонного культурфітоценозу проводили відповідно до 5-бальної шкали



Рис. 1. Приклад визначення продуктивності пагоноутворення та структури газонного культурфітоценозу на території саду БУ України зі сторони Національного банку України (фото автора)

оцінювання загальної декоративності газонних травостоїв О. О. Лаптева (Laptev, 1983). Тобто ми оцінювали декоративність газонних покриттів у 5 балів, якщо вони характеризувалися 100 % покриттям земної поверхні вегетативними органами рослин і рівномірним, зімкнуто-дифузним розміщенням пагонів, у 70–80 % – зімкнуто-мозаїчним і т. д.

Аналіз якості структури газонного культурфітоценозу проводили за 6-бальною шкалою О. О. Лаптева (Laptev, 1983), що полягає у визначенні кількісних показників одиниць пагонів на площу 100 см² (рис. 1).

Результати дослідження та їх обговорення. За матеріалами інвентаризації 1952 р. внутрішньоквартальний зелений масив площею 21 395 м² представлений фруктовим садом, що складався з мішаних насаджень різноманітних плодкових рослин і декоративних дерев на фоні газону. За основу було взято ідею створення декоративного плодового саду, в якому дерева саджали за принципом декоративних груп у ритмічному кольоровому поєднанні з урахуванням забарвлення і розмірів плодів та газонного покриття.

Остання реконструкція саду БУ України відбулася у 2004 р. На території проведено заміну та посадку дерев і чагарників, реставровано газонне покриття (рис. 2).

Також у 2004 р. було встановлено систему автоматичного поливу, яка зрошує всі зони саду за запрограмованим графіком, тому, у разі потреби, полив можна здійснювати в будь-який зручний час (рис. 3).

Під час реконструкції доріжок асфальтове покриття замінили на ФЕМ, встановили систему додаткового освітлення території саду БУ України.



Рис. 2. Загальний вигляд звичайного садово-паркового і партерного газонів саду БУ України (фото автора, 2018 р.)

Класифікація, розроблена О. О. Лаптевим (Laptev, 1983), охоплює різнопланові щодо структурно-функціонального аспекту газонні угруповання, що об'єднані в загальні категорії, зокрема основними типами газонів є декоративні, спортивні та спеціального призначення. Загальна площа газонних покриттів на території саду БУ України становить 9056,6 м². На дослідній території, згідно з класифікацією газонних покриттів за призначенням, ми виокремили газонні покриття різного функціонального призначення – звичайний садово-парковий і партерний (рис. 4).

Партерні, або так звані парадні, газони (рис. 5) характеризуються найвищими показниками декоративності, але є нестійкими проти різних видів навантаження.

Звичайний садово-парковий газон, як правило, займає значну частину трав'яного дернового покритву на території парків, скверів, бульварів, мікрорайонних та внутрішньо-квартильних насаджень тощо (рис. 6).

Для формування газонних покриттів на території саду БУ України працівники відділу з утримання подвір'я та будівель сектору з благоустрою та озеленення території використовують суміш насіння



Рис. 3. Автоматичний полив газону на території саду БУ України (фото автора)



Рис. 4. План-схема розподілу типів газонного покриття саду БУ України

газонних трав фірми DLF *Robustica*, Данія, яка складається з 25 % *Festuca rubra* ‘Корейл’, ‘Гондолін’; 25 % *Festuca rubra*

trachyphylla ‘Максіма-1’, ‘Франклін’, ‘Містік’, ‘Росінант’; 5 % *Poa pratensis* L. ‘Балінм’, ‘Евора’, ‘Бродвей’, ‘Плагіні’,



Рис. 5. Ліва частина саду БУ України, зона квадрат, партерний газон (фото автора)



Рис. 6. Звичайний садово-парковий газон на дослідній території
(фото автора)

‘Собра’, ‘Геронімо’; 45% *Lolium perenne* ‘Калібра’, ‘Матильде’, ‘Наварра’, ‘Ес-квейр’, ‘Капрі’.

На території саду БУ України під час досліджень упродовж двох вегетаційних періодів ми зафіксували 24 види небажаних для газонних покриттів рослин. Також ми проаналізували ступінь трапляння рослин, провели фотообстеження та визначили видовий склад рослин наявного газонного культурфітоценозу (табл. 1). Встановлено, що найвищі показники трапляння характерні для *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F. H. Wigg. виявлено поодинокі екземпляри рослин *Asarum europaeum* L., *Ranunculus repens* L. та *Omphalodes scorpioides* (Haenke) Schrank.

На нашу думку, така висока забур’яненість газонного культурфі-

тоценозу спричинена забороною використання пестицидів у межах населених місць згідно з «Правилами утримання зелених насаджень у населених пунктах України», що значно ускладнює боротьбу з синантропною рослинністю на газонних покриттях, зважаючи на те, що значна кількість насіння рудеральної рослинності зберігає свої посівні якості у ґрунті довгий період часу.

Навесні 2017 р. ми розпочали дослідження оцінювання якості газонного покриття на території саду БУ України: для цього виокремлено п’ять дослідних територій з різними рівнями інсоляції (відкриті простори й під кронами дерев), де оцінювали загальну декоративність газонного покриття і продуктивність пагоноутворення (табл. 2).

1. Випадкові види рослин газонного культурфитоценозу саду БУ України та показники їх трапляння

№ пор.	Українська назва	Латинська назва	Трапляння рослин, бал
1	Берізка польова	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	2
2	Вербозілля лучне	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	1
3	Журавець круглолистий	<i>Geranium rotundifolium</i> L.	2
4	Гикавка сіра	<i>Berteroa incana</i> L.	1
5	Жовтець повзучий	<i>Ranunculus repens</i> L.	1
6	Жовтоосот городній	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	2
7	Жовтоосот шорсткий	<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	2
8	Зірочник середній	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	3
9	Копитняк європейський	<i>Asarum europaeum</i> L.	1
10	Кульбаба лікарська	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H.Wigg.	6
11	Нечуйвітер волохатий	<i>Hieracium villosum</i> Jacq.	2
12	Осот звичайний	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten.	3
13	Пальчатка звичайна	<i>Digitaria ischaemum</i> (Schreb.) Muhl.	5
14	Перстач індійський	<i>Duchesnea indica</i> (Jacks.) Focke	5
15	Пирій повзучий	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	6
16	Плевроцій Шребера	<i>Pleurozium schreberi</i> (Willd. ex Brid.) Mitt.	2
17	Подорожник ланцетолистий	<i>Plantago lanceolata</i> L.	2
18	Подорожник середній	<i>Plantago media</i> L.	2
19	Пупівник лісовий	<i>Omphalodes scorpioides</i> (Haenke) Schrank	1
20	Стокротки звичайні	<i>Bellis perrenis</i> L.	3
21	Суниці лісові	<i>Fragaria vesca</i> L.	4
22	Тонконіг однорічний	<i>Poa annua</i> L.	5
23	Тонкопрямник однорічний	<i>Phalacrolooma annuum</i> (L.) Dumort.	2
24	Чистотіл звичайний	<i>Chelidonium majus</i> L.	2

За результатами наших досліджень газонне покриття на території саду БУ України розподілено на кластери, кожен з яких характеризується певними показниками зімкнутості травостою та загальної декоративності. На основі отриманих даних ми сформуваємо план-схему кластеризації ділянок за показниками загальної

декоративності газонів, що дала змогу класифікувати газонне покриття на різні типи (рис. 7).

Таким чином, перший кластер 1085 м², другий кластер газонного покриття площею 5705 м² за шкалою О. О. Лаптева ми оцінили у 4 бали, де пагони травостою розміщено зімкнуто-мозаїчно, проективне покриття,

2. Результати оцінювання якості структури газонного культурфітоценозу саду БУ України






№ пор.	Кількість пагонів на 100 см ²	Бал	Фотоілюстрація дослідної території
Дослідна ділянка № 1			
1	150	5	
2	110	5	
3	228	6	
4	100	4	
5	136	5	
144,8		5	
Дослідна ділянка № 2			
1	231	6	
2	116	5	
3	83	3	
4	98	4	
5	69	2	
119,4		5	
Дослідна ділянка № 3			
1	96	4	
2	52	2	
3	67	2	
4	100	4	
5	60	2	
75,0		4	
Дослідна ділянка № 4			
1	144	5	
2	122	5	
3	81	3	
4	93	4	
5	54	2	
98,8		5	
Дослідна ділянка № 5			
1	75	3	
2	58	2	
3	26	1	
4	35	1	
5	51	2	
50,0		2	



Рис. 7. План-схема оцінювання загальної декоративності газонного покриття саду БУ України

в середньому, становило 75 %, третій кластер площею 1089,5 м² оцінено 3 балами зі 60 % проєктивним покриттям, четвертий кластер площею 815,1 м² займає газон низької якості та, відповідно, має оцінку 2 бали з 45 % проєктивним покриттям та роздільно-груповим розміщенням пагонів. Газон на території останнього, п'ятого кластера площею 362 м² оцінено лише 1 балом, враховуючи одночодно-роздільне розміщення пагонів за 20 % проєктивного покриття.

Висновки і перспективи. Рекомендуємо провести реконструкцію трьох кластерів газонних покриттів на території саду БУ України, якість яких була незадовільною (загальна площа – 2266,6 м², оцінка декоративності за шкалою О. О. Лаптева (Laptev, 1983) – від 1 до 3 балів). Газонні покриття високої якості першо-

го і другого кластерів, декоративність яких становила 4 і 5 балів, не потребують проведення додаткових технологічних операцій, для відновлення декоративності газонів задовільної якості потрібно здійснити комплекс таких агротехнічних операцій, як аерація, землювання та підживлення. Рекомендуємо поєднувати операцію аерації з підживленням комплексними добривами пролонгованої дії. На партерному газоні центральної частині саду БУ України зрошувальна система потребує оновлення.

Проведення благоустрою території саду БУ України має довгу історію. На цій території ми виокремили два типи газонних покриттів – звичайний садово-парковий і партерний, де зафіксовано 25 видів синантропної рослинності. Більшість сформованих газонних покриттів саду БУ України

характеризуються високими показниками декоративності – 4 і 5 балів за рівномірного розміщення пагонів (тип розміщення пагонів травостою – зімкнуто-дифузне та зімкнуто-мозаїчне), що відповідає показникам найвищим за якістю газонних культур-фітоценозів. Результати оцінювання якісного стану газонних покриттів на території БУ України свідчить, що вони відповідають усім вимогам «Правил утримання зелених насаджень у населених пунктах України».

Автори висловлюють щиру подяку керівництву та співробітникам Департаменту обслуговування будинку Уряду України за надану допомогу при проведенні досліджень.

Список літератури

- Beard, J. B., Green, R. L. *The Role of Turfgrasses in Environmental Protection and Their Benefits to Humans*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.599.5602&rep=rep1&type=pdf>.
- Ignatieva, M. (2011). Plant Material for Urban Landscapes in the Era of Globalization: Roots, Challenges and Innovative Solutions. In Richter M., & Weiland, U. (Eds.). *Applied Urban Ecology*. doi:10.1002/9781444345025.ch11
- Ignatieva, M., Ahrné, K., Wissman, J., Eriksson, T., Tidåker, P., Hedblom, ... Bengtsson, J. (2015). Lawn as a cultural and ecological phenomenon: A conceptual framework for transdisciplinary research. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14 (2), 383–387. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.003>
- Laptev, A. (1983). *Lawns*. Kyiv: Nauk. dumka, 176 [in Russian].
- Laptev, O. (2001). *Plant ecology with the basics of biocenology*. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 144 [in Ukrainian].
- Leshchenko, O., Kolesnichenko, O., & Leshchenko, Yu. (2015). Qualitative assessment of lawn phytocenosis from plants of varieties of Ukrainian breeding at the territory of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. *Forestry and landscape gardening*, 8, Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/viewFile/9014/8289> [in Ukrainian].
- McKinney, M., L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127 (3) 247–260. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005>
- Popovych, S. Yu., Vlasenko, A. S., & Vakearenko, V. O. (2018). *Abstract of decorative phyto-autochthons of Ukraine*. Kyiv: Kompyrnt, 265 [in Ukrainian].
- Prokudin, Yu. N. et al. (Eds.). (1987). *Determinant of higher plants*. Kyiv: Naukova dumka, 548 [in Russian].
- Rules for maintaining green space in settlements of Ukraine* (2006). Retrieved from <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0880-06> [in Ukrainian].
- Technical project of park planning*. (1952). «Kyivproekt». Vykonavchyi komitet Kyivskoi miskoi rady deputativ trudiashchykh: Derzhavnyi instytut po proektuvanniu [in Ukrainian].
- The Plant List*. Retrieved from <http://www.theplantlist.org>.
- Yang, F., Ignatieva, M., Larsson, A., Xiu, N., & Zhang, S. (2019). Historical Development and Practices of Lawns in China. *Environment and History*, 25 (32), 23–54.

O. Yu. Strashok, O. V. Kolesnichenko, D. Yu. Krivova, Yu. V. Leshchenko (2019). Assessment of the lawn quality in the garden of building of the Cabinet of Ministers of Ukraine. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4): 92-101. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.092>.

*Landscaping and greening of state institutions characterized by a set of special landscape planning decisions due to the functional purpose of the objects. Lawn coverings are eco-stabilizing elements of landscape objects for various purposes. Moreover, the perception of various structural elements of landscape objects depend on the quality of a lawn. The authors analyzed the history of the landscaping of the Building of the Cabinet of Ministers of Ukraine (CMU) according to archival data and found that the formation of the landscaping of the garden is characterized by a long history. Literature and cartographic data show that in the early years of the foundation of the garden of the building of CMU the plants assortment consisted of various types of fruit plants, which are arranged with ornamental trees, shrubs and lawn. The authors used the methods of Ukrainian scientist O. O. Laptev (1987) to evaluate the quality of the structure of lawn and indicators of general decorativeness. In the article we presented results of distribution of lawn coverings by different types of functional purpose, which is represented with graphic material. We found 25 species of undesirable vegetation in the study area, where the highest hit rates is characteristic for the plants *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H.Wigg. and solitary species such as *Asarum europaeum* L., *Ranunculus repens* L. and *Omphalodes scorpioides* (Haenke) Schrank. The results of the research show that 5705 m² of lawn cover was evaluated by 4 points with closed mosaic inclination with 75 % projective cover, 1089.5 m² – 3 points and 60 % of projective cover, 2 points – 815.1 m² and single (1 point) – 362 m². The authors provide recommendations for improving the overall decorative condition of lawn.*

Keywords: decorative effect, functional purpose, projective cover, shoots, turf.

Отримано: 2019-11-11

ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ ІЗ СУХОСТІЙНИХ ДЕРЕВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ У ВИРОБНИЦТВІ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Н. В. МАРЧЕНКО, кандидат технічних наук, доцент,
orcid.org/0000-0003-1826-930X

С. В. НОВИЦЬКИЙ, асистент, *orcid.org/0000-0001-7849-0212*

С. М. МАЗУРЧУК, кандидат технічних наук,
orcid.org/0000-0002-6008-9591

Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: nv_marchenko@ukr.net

У статті наведено основні результати визначення показників фізико-механічних властивостей деревини, що були отримані у процесі проведення експериментальних досліджень за міжнародними стандартами ISO та міждержавними ГОСТ на малих «чистих» зразках деревини вологістю 12 % із сухостійних і неослаблених всиханням дерев сосни звичайної. На основі експериментальних досліджень визначено показники щільності за ISO 13061-2 неослабленої всиханням і сухостійної деревини сосни з деревостанів I, II і III груп всихання. Отримано залежність модуля Юнга від щільності деревини для неослабленої всиханням і сухостійної деревини з деревостанів I, II і III груп всихання.

Для встановлення основних характеристичних показників міцності та жорсткості деревини сосни звичайної як матеріалу виконано експериментальні дослідження з визначення впливу температури термічного оброблення (77 та 120°C) на механічні властивості деревини, а саме: на межу міцності та модуль пружності за статичного згинання, а також межу міцності за стискання вздовж волокон. Експериментальні дослідження проведено на зразках неослабленої всиханням і сухостійної деревини сосни з деревостанів I, II і III груп всихання згідно з методиками ISO 13061-4, ISO 13061-3 та ISO 13061-17. Встановлено, що показники міцності та жорсткості зразків деревини з деревостанів I групи всихання та неослаблених всиханням, оброблених за температур 77 та 120 °C, відрізняються незначно – в межах 1–5 %, що дає змогу розглядати таку деревину як конструкційний матеріал. Подано регресійні рівняння залежності межі

міцності за статичного згинання від модуля пружності за статичного згинання неослаблених всиханням дерев та деревини з сухостійних дерев I групи всихання.

Ключові слова: конструкційний пиломатеріал, деревина із сухостійних дерев, сосна звичайна, групи всихання, фізико-механічні властивості, візуальне та механічне сортування.

Актуальність і аналіз останніх досліджень. Упродовж останнього десятиріччя внаслідок змін клімату обсяги всихання деревостанів набули значних масштабів у розрізі більшої частини Європи, а за минулі п'ять років – особливо на територіях України, Білорусі, Польщі та Німеччини тощо. Цей процес стає глобальним і несе великі загрози. Станом на початок 2019 р. загальна площа всихання насаджень досягла 413 тис. га, з яких сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), яка є основною лісоутворювальною породою України, – 222 тис. га.

Основним засобом запобігання масовому всиханню є рубки догляду за лісом, у результаті яких отримують значну кількість необробленої деревини, яку класифікують як сухостійну. Лісоматеріали із сухостійних дерев характеризуються мікологічними та інсектицидними ураженнями, тріщинами тощо, вплив яких на міцнісні та експлуатаційні характеристики деревної продукції нині мало досліджено. Значно нижча вартість лісоматеріалів із сухостійних дерев сосни звичайної, порівняно з лісоматеріалами із неослаблених всиханням дерев, перетворює таку сировину на привабливу з економічного погляду.

Брак характеристик такої деревини унеможливує прогнозування її поведінки у процесі оброблення та експлуатації і, відповідно, ускладнює визначення напрямів її раціонального використання. Оцінка фізико-механічних властивостей конструкційних

елементів із деревини із сухостійних дерев є актуальним і малодослідженим завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності використання такої деревини у будівництві.

Одним із можливих напрямів використання сухостійної деревини сосни може бути виробництво пиломатеріалів конструкційного призначення. Про це свідчить розвиток масового дерев'яного домобудування в Західній Європі та Північній Америці, який змусив спеціалістів переглянути підходи до відбору пиломатеріалів, що використовуються як елементи будівельних конструкцій, де зовнішній вигляд не має вирішального значення.

Конструкційними називають пиломатеріали (structural timber), які мають певний клас міцності згідно з (EN 338:2016, 2016). Такий сегмент пиломатеріалів виник у середині 1960-х рр., коли лісопромислові підприємства країн-імпортерів напівфабрикатів із деревини, зокрема Великої Британії, зрозуміли, що внаслідок зростання дефіциту й підвищення вартості пиломатеріалів деревина втрачає конкурентоспроможність порівняно з іншими будівельними матеріалами. Під час відповідних досліджень було доведено, що у разі оцінки якості пиломатеріалів не за видимими ознаками деревини, а за їхніми міцнісними характеристиками істотно розширюються ресурси для будівництва, з'являється можливість знизити деревинність конструкцій у середньому на 18 % у результаті підвищення точнос-

ті будівельних розрахунків (Goldstein, 1975, Saldaeva & Tsvetkova, 2014).

Дослідження, проведені на експортних пиломатеріалах, які за візуальним сортуванням було віднесено до 4-го і 5-го класів якості, показали, що за механічного сортування згідно з британським стандартом (BS EN 14081-2:2005, 2005) ці пиломатеріали можна віднести до конструкційних, а саме: 77–87,8 % соснових і 88–99,5 % ялинових пиломатеріалів (Rohanova, 2009). Тобто візуальний спосіб оцінювання якості пиломатеріалів не сприяє їх якісному використанню.

Нині в Європі використовують велику кількість різних правил візуального сортування за міцністю, однак у країнах Європейського Союзу (ЄС), де введено стандарти на конструкційні пиломатеріали, найбільший попит мають конструкційні пиломатеріали, піддані механічному сортуванню за міцністю згідно з (Toshiaki, 2014).

На сьогодні в Україні якість пиломатеріалів, у тому числі конструкційного призначення, визначають на основі візуального огляду. Оцінювання якості конструкційних пиломатеріалів за фізико-механічними характеристиками дасть змогу ефективніше й раціональніше використовувати деревні ресурси, особливо низьких сортів, до яких також належить сухостійна деревина.

На сьогодні найбільшу кількість досліджень показників фізико-механічних властивостей вітчизняних промислових порід деревини (зокрема сосни звичайної) виконано за міждержавними стандартами на малих «чистих» зразках. Тому доцільним є проведення експериментальних досліджень на малих «чистих» зразках деревини із сухостійних і неослаблених всиханням дерев за міждержавними стандартами ISO для встановлення значень показників фізи-

ко-механічних властивостей деревини сосни звичайної як матеріалу та порівняння з чинною нормативною базою даних (GSSSD 69-84, 1985).

Мета дослідження: експериментальне обґрунтування можливості використання деревини із сухостійних дерев сосни звичайної як конструкційного пиломатеріалу.

Матеріали і методи дослідження. Згідно з ДСТУ EN 338:2004 «Лісоматеріали конструкційні. Класи міцності» основним показником міцності деревини є межа міцності за статичного згинання, жорсткості – модуль пружності за статичного згинання. Інші параметри міцності (межа міцності за розтягування, стискання тощо) згідно з ДСТУ prEN 384:2001 «Лісоматеріали конструкційні. Визначення характеристичних значень механічних властивостей» (prEN 384:2000, IDT) розраховують за показниками межі міцності та модуля пружності за статичного згинання, а також нормалізованої щільності. Для використання конструкційних пиломатеріалів у будівельній галузі необхідно знати характеристичні значення показників їхніх фізико-механічних властивостей, які мають відповідати квантілю статистичного розподілу характеристики лісоматеріалу, який, як правило, є 5-процентильним (DSTU prEN 384:2001, 2003).

Для оцінки характеристичних властивостей деревини сосни звичайної як матеріалу та її фізико-механічних показників виконано серії досліджень з визначення: модуля Юнга (динамічний модуль пружності) ультразвуковим методом; модуля пружності та межі міцності за статичного згинання; межі міцності за стискання вздовж волокон; нормалізованої щільності.

Для визначення динамічного модуля пружності (модуля Юнга) вимірювали швидкість проходження звукової

хвилі через зразок деревини вздовж волокон (GOST 16483.31-74, 1999) за допомогою пристрою для генерування ультразвукових коливань УК-10 ПМС. Методикою дослідження передбачено визначення за щільності зразків деревини вологістю 12 % (ISO 13061-2:2014, 2014). Суть методу полягає у визначенні за відповідної вологості деревини маси й об'єму зразка та обчисленні показника щільності. Вологість зразків визначали сушильно-ваговим методом (DSTU 4922:2008, 2009).

Для встановлення основних характеристикних показників міцності та жорсткості деревини сосни звичайної як матеріалу виконано експериментальні дослідження з визначення впливу температури термічного оброблення (77 та 120°C) на механічні властивості деревини. Вибір таких температур оброблення зумовлений параметрами кінцевих етапів сушіння соснових пиломатеріалів завтовшки 20 мм за м'яким та форсованим режимами сушіння (GOST 19773-84, 2009).

Термічне оброблення проводили на зразках неослабленої всиханням і сухостійної деревини сосни із середньою початковою вологістю 35 % до кінцевої вологості 12 %. Після завершення процесу термічного оброблення за допомогою розривної машини Р-5 було проведено дослідження з визначення показників фізико-механічних властивостей малих «чистих» зразків деревини сосни звичайної згідно з методиками (ISO 13061-4:2014, 2014; ISO 13061-3:2014, 2014; ISO 13061-17:2017, 2017).

Для виготовлення зразків було відібрано деревину неослаблених всиханням і сухостійних дерев сосни із зони Українського лісостепу та південної частини Полісся на переході в Лісостеп. Сухостійні дерева за (TU U 16.1-00994207-001:2018, 2019) було віднесено до трьох груп, які характеризуються

такими ознаками: I група – наявні усі компоненти наземної біомаси; II група – у верхівковій частині немає понад 50 % дрібних гілок (менше ніж 1 см); III група – у верхівковій частині немає дрібних гілок (не більше ніж 1 см) і понад 50 % грубих гілок (більше ніж 1 см) (рис. 1).

Методичну сітку проведення дослідів наведено в табл. 1.

Результати дослідження та їх обговорення. Встановлено зменшення показника модуля Юнга для сухостійної деревини, на відміну від неослабленої всиханням, у межах від 11 % для зразків I групи всихання до 21 % для III групи всихання. Результати експериментів з визначення показників модуля Юнга та нормалізованої щільності подано в табл. 2.

За результатами досліджень отримано залежність модуля Юнга від щільності деревини (рис. 2), яку можна описати такими рівняннями для деревини з деревостанів:

$$- \text{неослаблених всиханням} - \\ E_{д(нв)} = 0,0176 \cdot \rho_{12} + 4,416; \quad (1)$$

$$- \text{I групи всихання} - \\ E_{д(I)} = 0,0232 \cdot \rho_{12} + 1,569; \quad (2)$$

$$- \text{II групи всихання} - \\ E_{д(II)} = 0,0263 \cdot \rho_{12} + 0,410; \quad (3)$$

$$- \text{III групи всихання} - \\ E_{д(III)} = 0,0235 \cdot \rho_{12} + 0,106; \quad (4)$$

де E_d – модуль Юнга, ГПа; ρ_{12} – нормалізована щільність зразків, кг/м³.

Адекватність математичних моделей було перевірено за критерієм Фішера, який склав: для рівняння (1) – $F_{розр} = 0,72 < F_{табл} = 2,97$; для рівняння (2) – $F_{розр} = 0,92 < F_{табл} = 2,97$; для рівняння (3) – $F_{розр} = 1,09 < F_{табл} = 2,97$; для рівняння (4) – $F_{розр} = 1,55 < F_{табл} = 2,97$. Коефіцієнт кореляції для рівнянь (1–4) лежить у межах $R = 0,77–0,93$.

Аналогічну лінійну залежність показника модуля Юнга від нормалізованої щільності наведено у праці (Тамбі, 2015).



Рис. 1. Візуальні ознаки груп всихання деревостанів згідно з (TU U 16.1-00994207-001:2018, 2019)

1. Методична сітка проведення досліджень із визначення показників фізико-механічних властивостей малих «чистих» зразків деревини сосни

Назва показника	Стандарт	Кількість зразків, шт.	Розміри зразків, мм (Д×Ш×В)	Вологість зразків, %
Модуль Юнга (E_d , ГПа)	ГОСТ 16483.31, 1999	80	300×20×20	12
Модуль пружності за статичного згинання (E_{σ} , ГПа)	ISO 13061-4, 2014	80		
Межа міцності за статичного згинання (σ_{σ} , МПа)	ISO 13061-3, 2014	80		
Межа міцності за стискання вздовж волокон ($\sigma_{\sigma_{\text{стиск}}}$, МПа)	ISO 13061-17, 2017	80	30×20×20	
Щільність (ρ_{12} , кг/м ³)	ISO 13061-2, 2014	80		

2. Результати експериментальних досліджень із визначення динамічного модуля пружності деревини сосни

Назва показника		Категорія стану дерев			
		Неослаблені всиханням	I група всихання	II група всихання	III група всихання
Модуль Юнга (E_d , ГПа)	Значення	12,8±0,2	11,4±2,1	10,7±2,9	10,1±0,6
	Коефіцієнт варіації, %	1,47	18,35	26,62	6,16
	Точність, %	0,03	0,12	0,06	0,08
Нормалізована щільність (ρ_{12} , кг/м ³)	Значення	474,5±10,3	467,7±75,7	435,2±23,2	417,6±25,9
	Коефіцієнт варіації, %	2,16	17,44	5,34	6,20
	Точність, %	0,36	1,35	0,97	0,79

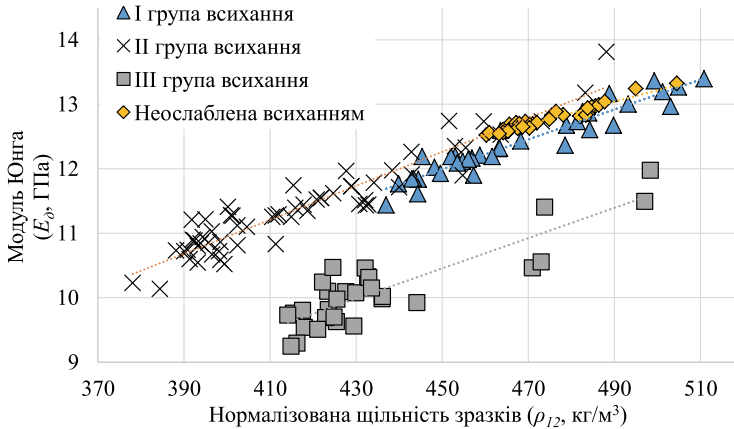


Рис. 2. Взаємозв'язок щільності деревини сосни з модулем Юнга

Результати експериментальних досліджень із впливу термічного оброблення на механічні показники деревини сосни звичайної порівнювали із значеннями, регламентованими у ДБН В.2.6-161:2010 «Дерев'яні конструкції. Основні положення» для малих «чистих» зразків та з довідковими даними для деревини сосни звичайної європейської частини СРСР (Bokshchanin, Kviatkovskaia, Lashmanov, Sergeev & Khodak, 1987) (табл. 3, рис. 3).

Виконані дослідження дали змогу встановити, що показники міцності та жорсткості зразків деревини з деревостанів I групи всихання та неослаблених всиханням, оброблених за температур 77 і 120 °С, відрізняються в межах 1–5 %, отже таку деревину можна розглядати як конструкційний матеріал. Своєю чергою, показники механічних властивостей сухостійної деревини сосни з деревостанів II і III груп всихання вже значно різняться від неослабленої всиханням – від 14 до 19 %.

Як бачимо в табл. 3, у ДБН В.2.6-161:2010 «Дерев'яні конструкції. Основні положення», що були чинні до 2018 р., закладено великий запас міцності для конструкційних елементів із деревини із розрахунку значення модуля пружності за

статичного згинання – 10 ГПа; межі міцності за статичного згинання – 44 МПа. Натомість експериментальне значення модуля пружності становить 15–17 ГПа (табл. 3), межі міцності – 44,2–54,5 МПа (табл. 3). Проектування конструкційних елементів за реальними показниками міцності пиломатеріалів дасть змогу більш раціонально використовувати деревину як конструкційний матеріал за рахунок використання пиломатеріалів меншого перерізу за збереження необхідного запасу їхньої міцності.

За результатами експериментальних досліджень отримано регресійні рівняння залежності межі міцності за статичного згинання від модуля пружності за статичного згинання, що мають такий вигляд:

- для деревини з неослаблених всиханням дерев:

$$\sigma_{c3} = 0,0057 \cdot E_{c3} + 4,8977, \quad (5)$$

- для деревини з сухостійних дерев I групи всихання:

$$\sigma_{c3} = 0,0051 \cdot E_{c3} + 1,2529, \quad (6)$$

де σ_{c3} – значення межі міцності за статичного згинання, МПа; E_{c3} – значення модуля пружності за статичного згинання, МПа.

Адекватність математичних моделей було перевірено за критерієм Фі-

3. Результати експериментальних досліджень показників міцності та жорсткості малих «чистих» зразків деревини сосни звичайної, оброблених за різних температур

Назва показника	Категорія стану дерев				ДБН В.2.6-161:2010	Довідкові дані**
	I група всихання	II група всихання	III група всихання	Неослаблені всиханням		
Модуль пружності за статичного згинання ($E_{ст}$, ГПа)	$15,38 \pm 2,2$ $15,12 \pm 2,5^*$	$15,47 \pm 2,0$ $14,78 \pm 2,7$	$16,10 \pm 3,7$ $15,29 \pm 4,2$	$17,63 \pm 3,0$ $16,98 \pm 3,6$	10	16,8
Коефіцієнт варіації, %	14,37	12,90	23,06	18,07	-	-
Показник точності, %	3,59	3,22	5,77	2,89	-	-
Межа міцності за статичного згинання ($\sigma_{ст}$, МПа)	$81,72 \pm 8,3$ $78,34 \pm 8,5$	$62,67 \pm 8,2$ $58,55 \pm 9,0$	$59,14 \pm 6,8$ $56,87 \pm 7,4$	$73,07 \pm 8,1$ $71,23 \pm 8,3$	80	88,3
Коефіцієнт варіації, %	10,15	13,05	11,46	11,7	-	-
Показник точності, %	2,54	3,26	2,86	1,77	-	-
Межа міцності за стискання вздовж волокон ($\sigma_{ствр}$, МПа)	$52,54 \pm 4,4$ $49,15 \pm 4,9$	$51,79 \pm 7,7$ $47,61 \pm 8,4$	$44,19 \pm 3,6$ $41,46 \pm 3,9$	$54,53 \pm 5,3$ $51,61 \pm 5,7$	44	50,5
Коефіцієнт варіації, %	8,4	14,9	8,09	10,15	-	-
Показник точності, %	2,1	3,72	2,02	1,27	-	-
* У чисельнику вказано значення для зразків, висушених за температури 77 °С, у знаменнику – 120 °С.						
** (Bokshchanin et al., 1987)						

шера, який склав: для рівняння (5) – $F_{розр} = 0,74 < F_{табл} = 1,97$; для рівняння (6) – $F_{розр} = 0,97 < F_{табл} = 1,97$. Причому для всіх залежностей спостерігається сильний кореляційний зв'язок, на рівні $R = 0,67-0,7$, між межею міцності та модулем пружності за статичного згинання.

Рівняння (5) і (6) можуть бути використані для визначення показника межі міцності за статичного згинання пиломатеріалів із деревини сосни звичайної, якщо відоме значення показника модуля міцності за статичного згинання. Модуль пружності можливо визначити шляхом проведення неруйнівних випробувань безпосередньо за допомогою сортувальних машин (EN 14081-2:2005, 2005) у процесі поточного виробництва пиломатеріалів, що дасть змогу оцінити показники міцності окремо для кожного пиломатеріалу.

Висновки і перспективи. Із результатів досліджень показників фізико-механічних властивостей деревини сосни звичайної можна зробити висновок, що спостерігається тенденція до зниження показників міцності та жорсткості від I до III групи всихання деревини, що пов'язано із загальним ослабленням деревини дією деревозабарвлювальних грибів, комах і зменшенням середньої щільності. Найбільш придатною як конструкційні елементи (балки перекриття, опорні стійкі тощо), поряд із неослабленою всиханням, є сухостійна деревина з деревостанів I групи всихання.

Впровадження на лісопилно-деревообробних підприємствах автоматизованих ліній сортування пиломатеріалів за показниками міцності у процесі виробництва дасть змогу використовувати ту частину з них, яку було відбраковано

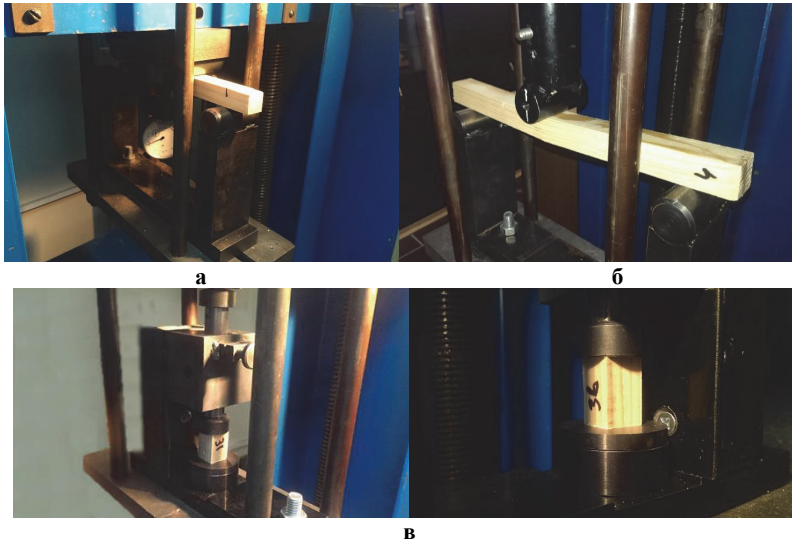


Рис. 3. Візуалізація експериментальних досліджень із визначення показників фізико-механічних властивостей малих «чистих» зразків деревини сосни звичайної: а – модуля пружності за статичного згинання; б – межі міцності за статичного згинання; в – межі міцності за стискання вздовж волокон

за зовнішніми ознаками. Таким чином, деревина із сухостійних дерев сосни звичайної може слугувати резервом, придатним для застосування як сировина конструкційного напрямку використання, за умови механічного сортування пиломатеріалів із такої деревини.

Список літератури

- Bokshchanin, Iu. R., Kviatkovskaia, A. P., Lashmanov, V. I., Sergeev, B. V., & Khodak, V. M. (1987). *Handbook of the master of wood processing* [in Russian].
- DSTU 4922:2008 Timber and lumber products. Moisture Determination Methods (2009). P 11 [in Ukrainian].
- DSTU prEN 384:2001 Timber structural. Determination of characteristic values of mechanical properties (2003). P 15 [in Ukrainian].
- BS EN 14081-2:2005 Timber structures – Strength graded structural timber with rectangular cross section – Part 2: Machine grading; additional requirements for initial type testin. P 34.
- EN 338:2016 Structural timber. Strength classes. 2016. P 16.
- Goldstein, A. Ya. (1975). *Dependence of the propagation velocity of longitudinal pulsed ultrasonic waves on the geometric dimensions of samples of natural and codification polystyrene of birch wood*. Riga, 5–38 [in Russian].
- GOST 16483.31-74. *Resonance method for determining moduli of elasticity and shear and decrement of oscillations* (1999). Moscow: Izd-vostandartov [in Russian].
- GOST 19773-84. *Softwood and hardwood sawn timber. Drying modes in batch chambers* (2009). Moscow: Standartynform [in Russian].
- GSSSD 69-84. *Drevesina. Wood. Indicators of physical and mechanical properties of small pure samples* (1985). Moscow: Izd-vostandartov [in Russian].
- ISO 13061-17:2017 Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 17: Determination of ultimate stress in compression parallel to grain. 2017. P 4.

- ISO 13061-2:2014 Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests. 2014. P 5.
- ISO 13061-3:2014 Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 3: Determination of ultimate strength in static bending. 2014. P 5.
- ISO 13061-4:2014 Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 4: Determination of modulus of elasticity in static bending. 2014. P 6.
- Rohanova, A. (2009). Characteristics of spruce timber quality determined by ultrasonic and bending methods. *Life Science Forestry and Wood Technology*, 69, 234–238.
- Saldaeva, E. Yu., & Tsvetkova, Ye. M. (2014). Preliminary diagnosis of the strength properties of wood by the indicator of the dynamic modulus of elasticity by the vibration method. *Bulletin of the Volga State Technological University. Ser.: Forest. Ecology. Nature management*, 2 (22), 55–62 [in Russian].
- Tambi, A. A. (2015). Scientific basics of gradeformation of lumber (Doctoral dissertation). Saint Petersburg [in Russian].
- Toshiaki, O. (2014). Marketing Environment of Structural Lumber in Japan. *Scandinavian Forest Economics: Proceedings of the Biennial Meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics*, 40, 327–336.
- TU U 16.1-00994207-001:2018 Timber Round and Saw. Visual Features. Classification, Terms and Definition, Measurement Methods (2019). P 132 [in Ukrainian].

N. V. Marchenko, S. V. Novytskyi, S. N. Mazurchuk (2019). Constructional lumber from wood of pine dead trees. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(4): 103-112. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.103>.

The article presents the main results definition of indicators of the physical and mechanical properties of wood, obtained as a result of experimental studies on interstate ISO and GOST standards on small «clean» wood samples with a moisture content of 12 % from pine non-weakened by drying and standing deadwood. Presented density indices according to ISO13061-2 of pine not weakened by drying and deadwood from stands of drying groups I, II and III are determined on the basis of experimental studies. The dependence of the Young's modulus on the density of wood is obtained, which is described by equations for wood non-weakened by drying and deadwood from stands of I, II, and III drying groups.

To establish the main characteristics of the strength and stiffness of pine wood as a material, experimental studies were carried out to determine the effect of heat treatment temperature (77 and 120 °C) on the mechanical properties of wood, namely: tensile strength and modulus of elasticity under static bending, as well as ultimate compressive strength along the fibers. Experimental studies were carried out on samples of pine not weakened by drying and deadwood from stands of groups I, II, and III drying according to the methods of ISO13061-4, ISO13061-3 and ISO 13061-17. It has been established that the strength and stiffness indices of wood samples from stands of I group of drying and non-weakened by drying treated at temperatures of 77 and 120 °C differ slightly – within 1–5 %, which allows us to consider such wood as a structural material. The regression equations are presented for the dependence of the tensile strength for static bending on the elastic modulus for the static bending of pine not weakened by drying and deadwood of I group of drying.

Keywords: structural lumber, deadwood, pine, drying groups, physical and mechanical properties, visual and mechanical sorting.

Отримано: 2019-11-05

ДО УВАГИ АВТОРІВ!

До розгляду приймаються наукові статті обсягом 10–20 сторінок тексту (без врахування бібліографічних посилань). 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.

Структура наукової статті:

рядок 1 – УДК (вирівнювання по лівому краю, шрифт – напівжирний);

рядок 2 – назва наукової статті (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери);

рядок 3 – ініціали та прізвище автора (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери); науковий ступінь і вчене звання, ідентифікатор ORCID, місце роботи (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний курсив), кожен співавтор з нового рядка; студенти і аспіранти додатково вказують наукового керівника;

рядок 4 – електронна адреса автора;

рядок 5 – анотація (кегль шрифту - 14, курсив, міжрядковий інтервал - 1). Обсяг анотації повинен бути не менше 1800 знаків;

рядок 6 – ключові слова (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1), жодне з них не дублює слова з назви статті;

рядок 7 – текст наукової статті із зазначенням наступних елементів:

Актуальність, де висвітлюється важливість дослідження, існуючі проблеми та напрями їх вирішення у контексті поставлених наукових завдань; вказуються невідомі частини проблеми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, де подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті.

Мета дослідження, де вказуються мета і завдання наукового дослідження.

Матеріали і методи дослідження, де висвітлюються основні методи і прийоми, застосовані у науковій статті.

Результати дослідження, де висвітлюються основні отримані результати дослідження, подані у науковій статті.

Висновки і перспективи, де подаються конкретні висновки за результатами дослідження та перспективи подальших розробок.

У кінці наукової статті подається Список літератури у порядку згадування або у алфавітному порядку (кегль шрифту - 14, міжрядковий інтервал - 1). Список використаних джерел оформляється згідно з вимогами APA 6th Edition (American Psychological Association (APA) Style). Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Hulse, 2000), три та більше авторів – (Davis et al., 1989). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланнями: <http://journals.nubip.edu.ua/>. Також можна оформити цитування за стилем APA онлайн: www.citationmachine.net/apa/cite-a-book

Всі літературні джерела потрібно наводити англійською мовою, не менше трьох статей в списку повинні мати DOI. Транслітерація допускається лише прізвищ авторів відповідно до Постанови КМУ від 27 січня 2010 р. № 55 (онлайн трансліт: <https://dmsu.gov.ua/services/transliteration.html>), а російських – згідно системи BGN/PCGN.

рядок 8 – тема, ініціали і прізвище автора, анотація та ключові слова, які надаються англійською (українською) мовою.