

ISSN 2664-4452
2019 | 10 (3)



Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ЛІСІВНИЦТВА ТА ДЕРЕВИНОЗНАВСТВА

Науковий журнал. Vol. 10, No 3, 2019
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Редакційна колегія

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

П. І. Лакида, 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. Бليщик, к. с.-г. н.

ЧЛЕНИ КОЛЕГІЇ

205 – Лісове господарство

Р. Д. Василишин, 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. Лакида, 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 мебелі 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 Blyshchik, Ph.D.

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Forestry

Roman Vasylyshyn, Dr. Sci., Assoc. Prof.
Sergiy Zibtsev, Dr. Sci., Prof.
Florian Kraxner, Ph.D.
Serhii 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.
Serhii Popovych, Dr. Sci., Prof.
Myroslava Soroka, Dr. Sci., Prof.

Wood Processing and Furniture Technologies

Pavlo Bekhta, Dr. Sci., Prof.
Andiy 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: nti_dep@nubip.edu.ua

Рекомендовано до друку

Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України Протокол
№ 2 від 25.09.2019 р.

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

Науковий редактор – Пазюк О.Г.

Підпи сано до друку 18.10.2019 р. Формат 70х100/16. Друк офсетний.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 9,26. Зам. № 1135

Віддруковано у ТОВ «КОМПРИНТ»
03150, м. Київ, вул. Предславинська, 28, тел.: 067-209-54-30

CONTENTS

FORESTRY

Bala O. P., Terentiev A. Yu., Lakyda I. P., Matushevych L. M. APPLICATION OF SOME PARAMETRIC AND NON-PARAMETRIC CRITERIA FOR GROUPING FORESTS BIOMETRIC DATA.....	4
Bidolakh D. I., Bilous A. M., Kuziovych V. S. THE ACCURACY OF MEASURING THE HEIGHT OF TREES WITH THE USE OF A QUADROPTER	19
Zibtsev S. V., Soshenskyi O. M., Gumeniuk V.V., Koren V. A. LONG TERM DYNAMIC OF FOREST FIRES IN UKRAINE.....	27
Maurer V. M., Pinchuk A. P. UKRAINIAN FORESTS DEGRADATION: CURRENT STATE, MASS DRYING REASONS AND WAYS OF ITS PREVENTION	41
Tertyshnyi A. P., Yakubenko B. Ye. MEADOWS OF THE NORTHERN LEFT-BANK FOREST-STEPPE: THE CLASS PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA (UKRAINE)...	53
Yukhnovskiy V. Yu., Rybak V. O., Rybak O. V. FEATURES OF GROWTH AND PRODUCTIVITY OF PINE STANDS WITH UNDERSTORY ADMIXTURE OF RED OAK	62
Yavorovskiy P. P., Dulniev P. H., Moshenska V. V. CULTIVATION TECHNIQUES IMPROVEMENT OF PLANTING MATERIAL OF <i>Juglans nigra</i> L. IN FOREST NURSERY OF STATE ENTERPRISE «LISIAN FORESTRY ENTERPRISE».....	70
Yakubenko B. Ye., Churilov A. M. BIOMORPHOLOGICAL STRUCTURE OF RESTORED VEGETATION COVER OF ABANDONED LANDS OF THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE	79

LANDSCAPE-PARK MANAGEMENT

Kolesnichenko O. V., Kuchynska L. Y. PHYTOCOMPOSITIONAL DESIGN OF TRADITIONAL FOLK HOLIDAYS	86
--	----

WOOD PROCESSING AND FURNITURE TECHNOLOGIES

Tsapko Yu. V., Tsapko O. Yu. INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURE FILLERS ON ACTIVATION ENERGY OF COATING FOR WOOD PROTECTION.....	98
--	----

ЗМІСТ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Бала О. П., Терентьев А. Ю., Лакида І. П., Матушевич Л. М. ВИКОРИСТАННЯ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ТА НЕПАРАМЕТРИЧНИХ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ГРУПУВАННЯ ЛІСОТАКСАЦІЙНИХ ДАНИХ.....	4
Бідолах Д. І., Білоус А. М., Кузьович В. С. ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ ДЕРЕВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КВАДРОКОПТЕРА.....	19
Зібцев С. В., Сошенський О. М., Гуменюк В.В., Корень В. А. БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ	27
Маурер В. М., Пінчук А. П. ДЕГРАДАЦІЯ ЛІСІВ УКРАЇНИ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПРИЧИНИ МАСОВОГО ВСИХАННЯ ТА ШЛЯХИ ЙОГО УНЕМОЖЛИВЛЕННЯ.....	41
Тертишний А. П., Якубенко Б. Є. ЛУКИ ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ: КЛАС RHAGMITO- MAGNOCARICETEA (англійською мовою)	53
Юхновський В. Ю., Рибак В. О., Рибак О. В. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ ІЗ ПІДНАМЕТОВИМИ КУЛЬТУРАМИ ДУБА ЧЕРВОНОГО	62
Яворовський П. П., Дульнев П. Г., Мошенська В. В. УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНІКИ ВИРОЩУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ ГОРІХА ЧОРНОГО (<i>JUGLANS NIGRA L.</i>) У ЛІСОВОМУ РОЗСАДНИКУ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ЛИСЯНСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО»	70
Якубенко Б. Є., Чурілов А. М. БІОМОРФОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ВІДНОВЛЮВАНОГО РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЛУКІВ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ	79

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Колесніченко О. В., Кучинська Л. Ю. ФІТОКОМПОЗИЦІЙНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТРАДИЦІЙНИХ НАРОДНИХ СВЯТ	86
--	----

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Цапко Ю. В., Цапко О. Ю. ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА ЕНЕРГІЮ АКТИВАЦІЇ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ	98
--	----

ВИКОРИСТАННЯ ДЕЯКИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ ТА НЕПАРАМЕТРИЧНИХ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ГРУПУВАННЯ ЛІСОТАКСАЦІЙНИХ ДАНИХ

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

А. Ю. Терентьев, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0001-9845-3638

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

Л. М. Матушевич, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0001-6468-5000

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

Дослідження продуктивності лісів вимагає розробки нормативів для оцінювання динаміки таксаційних показників модальних деревостанів основних лісотвірних деревних видів. Таблиці ходу росту переважно складають на типологічній, бонітетній або комбінованій основі. При цьому важливо розподілити досліджувані насадження на групи, які належать до одного природного ряду розвитку. Насамперед, важливим кроком є встановлення, для яких насаджень за походженням і складом потрібно складати таблиці ходу росту для модальних деревостанів. Використовуючи повидільну базу даних ВО «Укрдержліспроект», проведено статистичне обґрунтування виділення однорідних за складом і походженням груп деревостанів. За допомогою методів дисперсійного аналізу для показників середньої висоти, середнього діаметра та запасу на 1 га встановлено однорідні групи деревостанів у розрізі панівних хвойних і м'яколистяних деревних видів. При цьому було використано ранговий однофакторний Н-критерій Краскала–Воллеса, медіанний критерій і критерій впорядкованих альтернатив Джонкіра–Терпстра при дослідженні хвойних деревостанів, а також порівняння середніх за допомогою t-критерію Стьюдента та критерію Левене при дослідженні середніх таксаційних показників м'яколистяних деревостанів. У всіх розрахованих критеріях перевіряли нульову гіпотезу щодо подібності або відмінності досліджуваних груп деревостанів. У результаті аналізу розрахованих показників і структури деревостанів досліджуваних деревних видів за

складом та походженням було виділено чотири групи насаджень сосни та ялини, а також по дві – берези та вільхи. В подальшому складання таблиць ходу росту модальних деревостанів, а також інших лісотаксаційних нормативів доцільно здійснювати в розрізі отриманих груп та динамічних бонітетних шкал.

Ключові слова: склад деревостану, походження насадження, дисперсійний аналіз, біометричні показники, критерій Стьюдента, критерій Краскела-Воллеса, критерій Джонкіра-Терпстра, критерій Левене.

Актуальність. Розроблення нормативів для оцінювання динаміки таксаційних показників модальних деревостанів є важливою складовою досліджень продуктивності лісів. Інформаційне забезпечення оцінювання теперішнього стану лісів дає змогу об'єктивно оцінити сировинні ресурси найпоширеніших деревостанів, прогнозувати їхній ріст, а також контролювати ведення господарських заходів; його вдосконалення є важливим питанням, яке потребує детального вивчення та опрацювання відповідного нормативно-довідкового забезпечення для оцінювання і прогнозування росту головних лісотвірних деревних видів з урахуванням особливостей їхнього зростання залежно від регіону, лісорослинних умов, походження та складу.

Таблиці ходу росту здебільшого складають на типологічній, бонітетній або комбінованій основі. При цьому важливим є правильний розподіл досліджуваних насаджень на групи, які належать до одного природного ряду розвитку. Неоднорідність ґрунтово-кліматичних умов та інших факторів різних географічних районів у межах лісорослинних зон України формують відмінності в закономірностях росту й продуктивності деревостанів (Zahreev, 1978). Це зумовлює необхідність розподілу лісів на простіші сукупності та об'єд-

нання деревостанів за подібністю їхніх морфологічних показників.

Важливим етапом у процесі розроблення нормативів ходу росту для модальних деревостанів є аналіз, оцінювання та моделювання динамічних процесів росту, які в них відбуваються. Насамперед, важливим кроком є встановлення, для яких насаджень за походженням та складом потрібно складати таблиці ходу росту для модальних деревостанів. Для цього потрібно знати інформацію щодо поширення певного деревного виду. Наступним етапом є дослідження можливості групування експериментальних даних за статистично обґрунтованими однорідними групами з подібним або відмінним ростом і розвитком. Також необхідно статистично обґрунтувати подібність або відмінність чистих і мішаних, природних і штучних, а також насінневих і вегетативних деревостанів досліджуваних деревних видів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Системний підхід і методи математичної статистики використовують у переважній більшості лісотаксаційних досліджень для встановлення залежностей між таксаційними показниками (Nikitin & Shvidenko, 1978). Для твердолистяних деревних видів проводили статистичне обґрунтування вибору класифікуючого фактора при групуванні вихідного дослідного матеріалу в роз-

різі класів бонітету та типів лісорослинних умов (Bala, 2018). Було підтверджено, що клас бонітету є більш придатним показником для зменшення дисперсії досліджуваних вибірок. Останні праці, присвячені моделюванню ходу росту та прогнозу росту за основними таксаційними ознаками, базуються на теоретичних передумовах до моделювання процесів росту деревостанів. Зокрема, у своїх працях П. І. Лакида разом з іншими дослідниками (Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012; Lakyda & Volodymyrenko, 2008; Lakyda & Atamanchuk, 2014; Lakyda & Aleksiiuk, 2017) застосовували методи дисперсійного та кластерного аналізу для дослідження росту хвойних і м'яколистяних деревних видів. Подібні дослідження також проводили для дібров лісостепової зони (Lakyda & Bala, 2012; Bala, Terentiev & Vasylyshyn, 2011; Bala & Terentiev, 2011) та букових деревостанів Карпатського регіону (Vasylyshyn, 2016), де для сформованих за походженням груп деревостанів розраховували статистичне підтвердження або заперечення гіпотези про значущість різниці між основними таксаційними показниками, а також проводили графічний аналіз середніх значень та їхніх середньоквадратичних відхилень.

Мета дослідження – статистичне підтвердження або спростування нульової гіпотези про значущість різниці між середніми таксаційними показниками у деревостанах хвойних і м'яколистяних деревних видів у розрізі груп деревостанів, різних за походженням і складом, а також визначення груп, за якими в подальшому слід складати лісотаксаційні нормативи для модальних деревостанів сосни звичайної, ялини європейської, берези повислої та вільхи клейкої.

Матеріали і методи дослідження.

Для проведення розрахунків використано дані повидільної таксації лісів бази даних ВО «Укрдержліспроєкт» в розрізі досліджуваних хвойних і м'яколистяних деревних видів із поділом на групи за складом та походженням деревостанів. Дослідження базувалися на засадах системного підходу з використанням сучасних інформаційних технологій та програмного забезпечення (програма для статистичної обробки даних IBM SPSS Statistics). Під час дослідження поєднано загальнонаукові та спеціальні (лісівничі, таксаційні, біометричні) методи пізнання.

До методів, які дають змогу проводити порівняння рівня вираженості змінної, належать: ранговий однофакторний Н-критерій Краскела–Воллеса (Kruskal-Wallis) (Kruskal & Wallis, 1952), методика використання якого в статистичному пакеті SPSS розглянуто у праці (Kalinin, 2002); критерій медіан (Friedlin & Gastwirth, 2000); критерій впорядкованих альтернатив Джонкіра–Терпстра (Jonckheere-Terpstra) (Jonckheere, 1954).

Н-критерій Краскела–Воллеса використовують для оцінювання різниці між досліджуваними групами з медіанами. Він являє собою узагальнення рангового U-критерію Манна–Вітні (Mann & Whitney, 1947) для двох незалежних вибірок. Тобто, критерій Краскела–Воллеса є непараметричною альтернативою F-критерію в однофакторному дисперсійному аналізі та використовує сумарну дисперсію при порівнянні двох незалежних вибірок (Sidorenko, 2000). Якщо виконуються умови, необхідні для застосування F-критерію в однофакторному дисперсійному аналізі, критерій Краскела–Воллеса має аналогічні можли-

вості. Ранговий Н-критерій Краскела–Воллеса застосовують для перевірки гіпотези про рівність медіан незалежних вибірок, які належать до однієї генеральної сукупності.

Критерій медіан – це непараметричний статистичний критерій, який належить до класу рангових критеріїв зсуву. Він дає змогу перевірити гіпотезу про однаковість форми розподілів двох вибірок і наявність відмінності між ними на певну сталу величину (Kalinin, 2002). При цьому для всіх незалежних вибірок обчислюється загальна медіана, після чого здійснюється підрахунок кількості вимірюваних величин, які є більшими та меншими за медіану. Наслідком є побудова польової таблиці, яка містить $2 \times k$ полів, яка потім піддається тесту χ^2 -квадрат. Загалом критерій медіан не є високоефективним.

Критерій для впорядкованих альтернатив Джонкіра–Терпстра є більш потужною альтернативою критерію Краскела–Воллеса, коли досліджувані вибірки мають природне впорядкування. Іноді важливим є не тільки факт наявності відмінностей у декількох вибірках, а й напрямок зміни (зростання або зменшення) відмінностей при переході від вибірки до вибірки. Для вирішення таких завдань застосовують критерій Джонкіра–Терпстра з альтернативною гіпотезою: «Відмінності між вибірками існують, і медіани вибірок впорядковані за зростанням» (Sidorenko, 2000; Sukhodolskii, 1972). Для використання цього критерію вибірки мають бути впорядковані за передбачуваним зростанням факторного ефекту (наприклад, середніх значень). Як зазначають деякі автори (Sukhodolskii, 1972), критерій Джонкіра–Терпстра дає можливість здійснити докладні-

ший аналіз і нерідко виявляє відмінності у випадках, коли критерій Краскела–Воллеса є неефективним.

Результати дослідження та їх обговорення. Моделювання таксаційних показників модальних деревостанів сосни звичайної та ялини європейської в Україні вимагає чіткого розподілу останніх на статистично обґрунтовані однорідні структурні елементи (групи), що в подальшому дасть змогу знайти більш адекватні моделі для прогнозування їх росту і розвитку, а також зменшить дисперсію вхідного дослідного матеріалу. З цією метою було проведено аналіз повидільної бази даних, наданої ВО «Укрдержліспроєкт», яка характеризує різні за складом та походженням деревостани сосни звичайної та ялини європейської. У результаті отримано розподіл площ досліджуваних деревостанів за цими показниками (табл. 1). До чистих насаджень відносили деревостани з участю головної породи 10 одиниць у складі, що обґрунтовувалось у роботі П. І. Лакиди, А. Ю. Терентьєва та Р. Д. Василюшина (Lakyda, Terentiev & Vasylyshyn, 2012).

Як бачимо з даних табл. 1, частка штучних насаджень становить 67,8 % від загальної площі соснових деревостанів. Із них 40,5 % становлять чисті за складом насадження. Серед природних сосняків за площею домінують мішані насадження майже в такому самому співвідношенні – вони займають 19,4 % соснових лісів і 60,2 % насаджень природного походження. У цілому дещо переважають чисті за складом деревостани, які зростають на 53,3 % площі соснових насаджень.

Насадження ялини європейської на 65,1 % представлені мішаними

1. Розподіл площ досліджуваних хвойних насаджень за складом і походженням

Деревний вид	Склад деревостану	Розподіл площ за походженням					
		природне		штучне		всього	
		тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%
Сосна звичайна	Мішані	551,3	19,4	778,5	27,3	1329,8	46,7
	Чисті	364,3	12,8	1153,8	40,5	1518,1	53,3
	Разом	915,6	32,2	1932,3	67,8	2847,9	100
Ялина європейська	Мішані	175,4	25,3	275,7	39,8	451,0	65,1
	Чисті	127,9	18,5	113,7	16,4	241,6	34,9
	Разом	303,3	43,8	389,3	56,2	692,6	100

деревостанами. Частка природних і штучних деревостанів відрізняється неістотно і становить відповідно 43,8 і 56,2 %. Слід зазначити, що природні насадження на 42,2 % є чистими, тоді як штучні – представлені переважно мішаними деревостанами (70,8 % від площі штучних ялинників).

Перед використанням бази даних здійснювали її верифікацію з метою пошуку і відсіювання грубих помилок (промахів) в аналізованих таксаційних ознаках деревостанів. У результаті для подальшої роботи використовували масив обсягом 1 077 183 таксаційні виділи загальною площею 3540,5 тис. га.

Для подальшої статистичної обробки базу даних за обома досліджуваними деревними видами було поділено на чотири групи:

- 1) штучні чисті деревостани, з участю головної породи 10 одиниць у складі (далі – ШЧ);
- 2) штучні мішані деревостани, з участю головної породи менше ніж 10 одиниць у складі (далі – ШМ);
- 3) природні чисті деревостани, з участю головної породи 10 одиниць у складі (далі – ПЧ);
- 4) природні мішані деревостани, з участю головної породи менше

ніж 10 одиниць у складі (далі – ПМ).

Враховуючи, що дані таксаційних показників зазвичай характеризуються розподілом, який відрізняється від нормального, вирішено провести порівняння досліджуваних груп за допомогою непараметричних методів, що застосовуються в біометрії (Rudenko, 2012). Крім того, ці методи біометричної оцінки даних дають змогу проводити порівняння кількох досліджуваних груп між собою.

Для статистичної обробки вибірок використано розподіли середньої висоти, середнього діаметра та середнього запасу на 1 га. Порівняння досліджуваних груп проводили за допомогою описаних вище статистичних методів, при цьому приймали нульову гіпотезу про подібність порівнювальних груп. В отриманих результатах р-значення розрахованого показника більше ніж 0,001 засвідчує наявність зв'язку між таксаційними показниками досліджуваних груп та підтверджує їхню подібність. Також на діаграмах порівняння розрахованих значень рівновіддаленість точок одна від одної вказує на те, що немає зв'язку між таксаційними показниками досліджуваних груп.

Парні порівняння критерію медіан наведено на рис. 1 та у табл. 2.

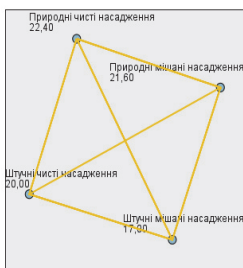
Як бачимо з даних рис. 1 і табл. 2, у результаті порівняння аналізованих груп встановлено, що майже в усіх парах спостерігається значна відмінність, що вказує на неприйнятність нульової гіпотези про рівність порівнювальних груп за критерієм медіан. Це засвідчують нульові р-значення і скорегована статистична значущість, а також рівновіддаленість точок досліджуваних груп на рис. 1а. Необхідно зауважити, що близькими між собою виявились медіани розподілу ПЧ і ПМ груп для деревостанів ялини європейської, що також можна простежити на даних рис. 1 а, та відмінне від нуля

р-значення. В інших парах порівняння схожості не виявлено.

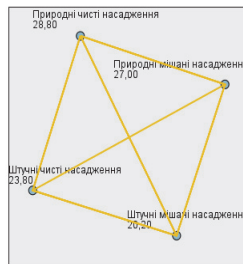
Парні порівняння критерію Краскала–Воллеса наведено на рис. 2 та у табл. 3.

Критерій Краскала–Воллеса, порівняно з критерієм медіан, дає точніші результати порівняння (Horbunova, Lemeshko & Lemeshko, 2010). Зокрема, аналізуючи дані рис. 2 і табл. 3, можна зауважити значну різницю в усіх порівнювальних групах, про що свідчать розраховані нульові р-значення та візуалізація на діаграмах, що підтверджує неприйняття нульової гіпотези.

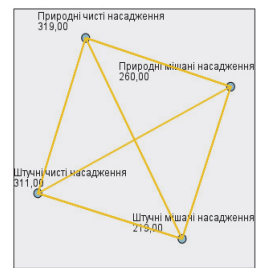
Парні порівняння для критерію впорядкованих альтернатив наведено на рис. 3 та у табл. 4.



а)

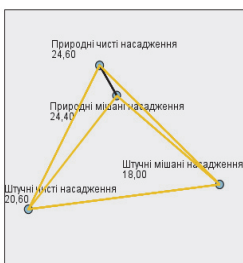


б)

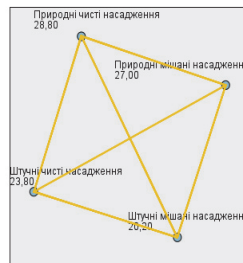


с)

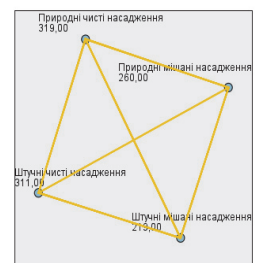
Сосна звичайна



а)



б)



с)

Ялина європейська

Рис. 1. Діаграми порівняння значень парних критеріїв медіан деревостанів сосни звичайної та ялини європейської:
а) середньої висоти; б) середнього діаметра; с) запасу на 1 га

2. Результати перевірки нульової гіпотези H_0 за допомогою розрахунку парних критеріїв медіан

Таксаційний показник	Групи порівняння	Сосна звичайна		Ялина звичайна	
		p-значення	Adj. Sig. *	p-значення	Adj. Sig.
Середня висота	ШМ – ШЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	0,000	0,663	0,110	0,663
Середній діаметр	ШМ – ШЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
Запас на 1 га	ШМ – ШЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	0,000	0,000	0,000	0,000

* – скорегована статистична значущість

Парні порівняння для критерію впорядкованих альтернатив зазвичай використовують при порівнянні груп, які мають природне впорядкування, що узгоджується з загальною теорією росту і розвитку насаджень. Результати, подані на рис. 3 та у табл. 4, також не виявили подібності між порівнюваними групами. Для порівняння груп ПМ – ПЧ за середньою висотою для ялини європейської зв'язок взагалі не було встановлено, що засвідчує відсутність лінії на рис. 3, а та розраховане р-значення, що становить 0,196.

У табл. 5 наведено зведені дані щодо оцінок, отриманих за допомогою непараметричних критеріїв перевірки нульової гіпотези.

Зведені дані перевірки нульової гіпотези (табл. 5) засвідчують, що подібність порівнюваних груп за всіма таксаційними показниками відхиляється, отже можна стверджувати, що з імовірністю 95 % досліджувані групи є різними за основними таксаційними показниками. Тому подальшу роботу над лісотаксаційними нормативами для сосни звичайної та ялини європейської необхідно здійснювати в межах таких груп:

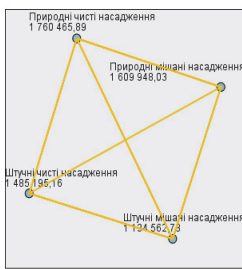
- насіннєві природні чисті деревостани;
- насіннєві природні мішані деревостани;
- насіннєві штучні чисті деревостани;
- насіннєві штучні мішані деревостани.

Для м'яколистияних деревних видів також було проведено попередній аналіз бази даних із метою виявлення модальних груп деревостанів і встановлення подібності або відмінності між ними. Таким чином, база даних було поділено на досліджувані групи за походженням та часткою участі головної породи у складі деревостанів. Результати порівняння наведено в табл. 6.

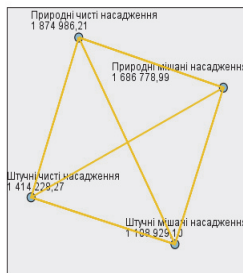
Аналіз даних табл. 6 засвідчує, що 91 % від загальної площі березових деревостанів становлять мішані за складом насадження. Вегетативні насадження зростають на площі 572,2 тис. га (54,1 %), насіннєві природного

походження – на площі 368,3 тис. га (34,8 %), вони переважно представлені мішаними деревостанами – 339,3 тис. га (32,1 %). Також є незначна частка штучних насіннєвих деревостанів – 116,8 тис. га (11,0 %), серед яких більшість – мішані: 97,4 тис. га (9,2 %). Отже, розроблення таблиць ходу росту для модальних березових деревостанів найбільш доцільно проводити для мішаних деревостанів вегетативного та насіннєвого природного походження.

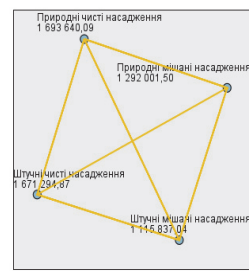
Вільшаники на 51,7 % (299,4 тис. га) представлені мішаними вегетативними насадженнями, частка чистих вегетативних насаджень ста-



a)

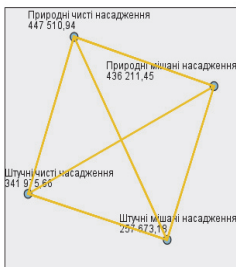


b)

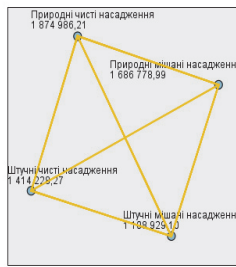


c)

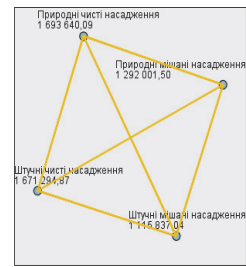
Сосна звичайна



a)



b)



c)

Ялина європейська

Рис. 2. Діаграми порівняння значень критерію Краскеля–Воллеса деревостанів сосни звичайної та ялини європейської: а) середньої висоти; б) середнього діаметра; в) запасу на 1 га

3. Результати перевірки нульової гіпотези H_0 за допомогою розрахунку критерію Краскела–Воллеса

Таксаційний показник	Групи порівняння	Сосна звичайна			Ялина європейська		
		стандартна статистика критерію	p-значення	Adj. Sig.	стандартна статистика критерію	p-значення	Adj. Sig.
Середня висота	ШМ – ШЧ	-288,308	0,000	0,000	-118,642	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	325,859	0,000	0,000	290,136	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	376,211	0,000	0,000	278,535	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	91,900	0,000	0,000	122,758	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	174,713	0,000	0,000	128,439	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	-85,056	0,000	0,000	-15,251	0,000	0,000
Середній діаметр	ШМ – ШЧ	-251,414	0,000	0,000	-89,742	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	396,712	0,000	0,000	320,867	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	461,762	0,000	0,000	324,867	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	201,186	0,000	0,000	174,454	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	293,422	0,000	0,000	191,964	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	-106,673	0,000	0,000	-31,960	0,000	0,000
Запас на 1 га	ШМ – ШЧ	120,752	0,000	0,000	155,922	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	-456,717	0,000	0,000	175,346	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	347,292	0,000	0,000	-202,680	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	-279,402	0,000	0,000	-31,798	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	-226,957	0,000	0,000	-62,616	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	14,182	0,000	0,000	-29,827	0,000	0,000

новить 26,1 % (151,1 тис. га). Разом насадження вегетативного походження складають 77,8 % (450,5 тис. га). Частка насінневих природних та штучних деревостанів порівняно незначна та становить, відповідно, 64,0 тис. га (11,0 %) і 64,7 тис. га (11,2 %). Для клейковільхових насаджень також вирішено виділити дві групи для складання модальних таблиць ходу росту – мішані та чисті деревостани вегетативного походження.

Враховуючи, що для досліджуваних деревних видів виділено лише по дві групи, застосуємо порівняння середніх за допомогою t-критерію Стюдента та додатково розрахуємо критерій Левене (Levene, 1960).

Останній застосовують для перевірки рівності генеральних дисперсій ненормально розподілених двох або декількох незалежних вибірок (Horbunova & etc., 2010). При проведенні цього тесту розглядають гіпотези: нульову гіпотезу H_0 – дисперсії рівні, конкуруючу H_1 – дисперсії нерівні. За рівня значущості $p > 0,05$ приймають нульову гіпотезу, за $p \leq 0,05$ – конкуруючу.

Порівняння середніх значень для досліджуваних груп деревостанів бери повислої наведено в табл. 7.

Аналіз критерію Левене (табл. 7) для всіх аналізованих таксаційних показників засвідчив, що для досліджуваних груп відкидається нуль-

ва гіпотеза про рівність дисперсій, оскільки значущість $p < 0,05$. Значення t-критерію Стюдента для рівності середніх значно перевищують критичні. Отже, можна стверджувати з імовірністю 95 %, що досліджувані групи статистично різні.

Порівняння середніх значень для досліджуваних груп вегетативних деревостанів вільхи клейкої (чисті та мішані) наведено в табл. 8.

Для клейковільхових деревостанів значення критерію Левене (табл. 8) для всіх аналізованих таксаційних показників, як і в попередньому ви-

падку, засвідчив, що для досліджуваних груп відкидається нульова гіпотеза про рівність дисперсій, значущість $p < 0,05$, за винятком груп середнього діаметра. Значення t-критерію Стюдента для рівності середніх також перевищують критичні. Таким чином, можна стверджувати з імовірністю 95 %, що досліджувані групи статистично різні.

Висновки і перспективи. В результаті проведеної статистичної обробки повидільної бази даних ВО «Укрдержліспроект» для хвойних і м'яколистяних деревних видів Укра-

4. Результати перевірки нульової гіпотези H_0 за допомогою розрахунку критерію впорядкованих альтернатив Джонкіра–Терпстра

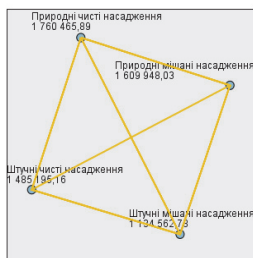
Таксаційний показник	Групи порівняння	Сосна звичайна			Ялина європейська		
		стандартна статистика критерію	p-значення	Adj. Sig.	стандартна статистика критерію	p-значення	Adj. Sig.
Середня висота	ШМ – ШЧ	304,546	0,000	0,000	133,876	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	-309,979	0,000	0,000	-276,181	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	-359,774	0,000	0,000	-281,694	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	-102,141	0,000	0,000	-132,423	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	-188,149	0,000	0,000	-144,515	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	81,903	0,196	1,000	-0,856	0,196	1,000
Середній діаметр	ШМ – ШЧ	280,474	0,000	0,000	110,459	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	-369,610	0,000	0,000	-306,709	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	-430,617	0,000	0,000	-323,098	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	-218,281	0,000	0,000	-187,217	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	-318,964	0,000	0,000	-214,379	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	100,468	0,000	0,000	18,360	0,000	0,000
Запас на 1 га	ШМ – ШЧ	-149,221	0,000	0,000	-156,427	0,000	0,000
	ШМ – ПМ	443,854	0,000	0,000	-182,211	0,000	0,000
	ШМ – ПЧ	-339,220	0,000	0,000	194,581	0,000	0,000
	ШЧ – ПМ	293,725	0,000	0,000	29,257	0,000	0,000
	ШЧ – ПЧ	242,402	0,000	0,000	66,365	0,000	0,000
	ПМ – ПЧ	-11,639	0,000	0,000	40,132	0,000	0,000

5. Зведені дані перевірки нульової гіпотези H_0

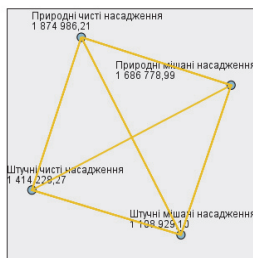
Критерій	Нульова гіпотеза	Сосна звичайна		Ялина європейська	
		р-значення	рішення	р-значення	рішення
Медіан для незалежних вибірок	Медіани середньої висоти є однаковими для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
	Медіани середнього діаметра є однаковими для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
	Медіани середнього запасу є однаковими для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
Краскела–Воллеса для незалежних вибірок	Розподіл середньої висоти є однаковим для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
	Розподіл середнього діаметра є однаковим для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
	Розподіл середнього запасу є однаковим для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
Упорядкованих альтернатив для незалежних вибірок	Розподіл середньої висоти є однаковим для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
	Розподіл середнього діаметра є однаковим для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється
	Розподіл середнього запасу є однаковим для аналізованих груп	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється	0,000	Нульова гіпотеза відхиляється

їни, а саме насаджень з участю сосни звичайної, ялини європейської, берези повислої та вільхи клейкої, застосовуючи методи дисперсійного аналізу для середніх показників висоти, діаметра та запасу, встановлено однорідні групи деревостанів у розрізі досліджуваних деревних видів. При цьому було використано ранговий однофакторний Н-критерій Краскела–Воллеса, медіанний критерій і критерій упорядкованих альтернатив Джонкіра–Терпстра під час дослідження хвойних деревостанів, а також порівняння середніх значень за допомогою t-критерію Стюдента

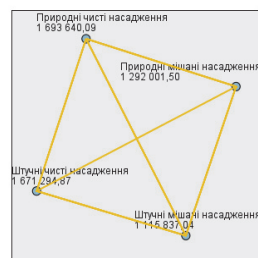
та критерію Левене при дослідженні м'яколистяних деревостанів. У результаті аналізу розрахованих показників і переважання зростання досліджуваних деревних видів за складом та походженням було виділено чотири групи деревостанів для соснових та ялинових деревостанів і по дві для березових і вільхових насаджень. У подальшому в розрізі отриманих груп деревостанів буде побудовано таблиці ходу росту для модальних деревостанів. Також отримані групи можна використовувати і під час розробки інших лісотаксаційних нормативів.



a)

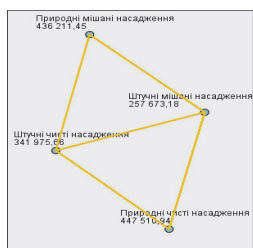


b)

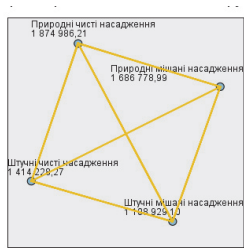


c)

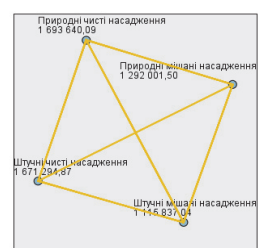
Сосна звичайна



a)



b)



c)

Ялина європейська

Рис. 3. Діаграми порівняння значень критерію впорядкованих альтернатив деревостанів сосни звичайної та ялини європейської: а) середньої висоти; б) середнього діаметра; в) запасу на 1 га

6. Розподіл площ досліджуваних м'яколистяних деревостанів за походженням та складом

Походження деревостанів	Розподіл площ за складом					
	мішані		чисті		разом	
	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%
Береза повисла						
Вегетативне	525,8	49,7	46,4	4,4	572,2	54,1
Насіннєве природне	339,3	32,1	29,0	2,7	368,3	34,8
Насіннєве штучне	97,4	9,2	19,4	1,9	116,8	11,1
Разом для породи	962,5	91,0	94,8	9,0	1057,3	100,0
Вільха клейка						
Вегетативне	299,4	51,7	151,1	26,1	450,5	77,8
Насіннєве природне	52,1	9,0	11,9	2,0	64,0	11,0
Насіннєве штучне	43,6	7,5	21,2	3,7	64,7	11,2
Разом для породи	395,1	68,2	184,2	31,8	579,2	100,0

7. Критерії Левене та t-критерій Стьюдента для рівності середніх значень березових деревостанів за умови передбачання рівності дисперсій (І) та не передбачання рівності дисперсій (ІІ)

Таксаційний показник		Критерій Levene		t-критерій Стьюдента				
		F	значущість (p)	t	середня різниця	середньо-квадратична похибка на різницю	межі 95 % довірчого інтервалу для різниці	
							нижня	верхня
Середня висота	I	19390,1	0,000	156,1	2,1737	0,0139	2,1464	2,2010
	II			151,8	2,1737	0,0143	2,1457	2,2018
Середній діаметр	I	14543,7	0,000	122,8	2,1450	0,0175	2,1108	2,1792
	II			119,4	2,1450	0,0180	2,1098	2,1802
Запас на 1 га	I	21364,4	0,000	95,5	18,003	0,188	17,634	18,372
	II			92,2	18,003	0,195	17,620	18,386

8. Критерії Левене і t-критерій Стьюдента для рівності середніх значень для вегетативних деревостанів вільхи клейкої за умов передбачання рівності дисперсій (І) та непередбачання рівності дисперсій (ІІ)

Таксаційний показник		Критерій Левене		t-критерій Стьюдента				
		F	значущість (p)	t	середня різниця	середньо-квадратична похибка на різницю	межі 95 % довірчого інтервалу для різниці	
							нижня	верхня
Середня висота	I	7,161	0,007	35,4	0,5483	0,0155	0,5786	0,5179
	II			35,2	0,5483	0,0155	0,5787	0,5178
Середній діаметр	I	3,758	0,053	47,8	0,9395	0,0197	0,9781	0,9010
	II			47,7	0,9395	0,0197	0,9781	0,9010
Запас на 1 га	I	1845,94	0,000	35,1	8,092	0,231	8,544	7,640
	II			33,9	8,092	0,239	8,560	7,625

Список літератури

Bala, O. P. (2018). Foundation of the choice of the ranking factor for the creation of yield tables of modal hardwood tree species stands. The sustainable management of the forest complex and the balanced development of the urban landscapes, 14–15. Kyiv : National University of Life and Environment Science of Ukraine [in Ukrainian].
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 the National University of Life and Environment Science of Ukraine, 6 (28). Retrieved from http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2011_6/11bop.pdf [in Ukrainian].

Friedlin, B. & Gastwirth, J. L. (2000). Should the median test be retired from general use? The American Statistician, 54, 161–164.

Horbunova, A. A., Lemeshko, B. Yu., & Lemeshko, S. B. (2010). Criteria for testing hypothe-

- ses on the homogeneity of dispersions with other than normal distribution. Materials of the X International Conference "Actual Problems of Electronic Instrument Engineering", Novosibirsk, 36–41 [in Russian].
- Jonckheere, A. R. (1954). A distribution-free k-sample test against ordered alternatives. *Biometrika*, 41, 133–145.
- Kalinin, S. I. (2002). Computer data processing for psychologists. Saint Petersburg: Rech [in Russian].
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 260, 583–621.
- Lakyda, P. I., & Bala, O. P. (2012). Actualization of growth parameters of artificial Oak stands of Forest-Steppe of Ukraine's. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Havryshenko V. M. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., Terentiev, A. Yu., & Vasylyshyn, R. D. (2012). Scots pine stands of artificial origin in Ukrainian Polissya – growth and productivity forecast. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Aleksiuk, I. L. (2017). Natural pine forest stands of Ukrainian Polissya: growth and productivity forecast. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Atamanchuk, R. V. (2014). Forecast and productivity of modal birch stands in Ukrainian Polissya. Korsun-Shevchenkivskyi: FOP Havryshenko V. M. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Volodymyrenko, V. M. (2008). Artificial spruce stands of the Ukrainian Carpathians – growth and productivity forecast. Kyiv: ESC IAE [in Ukrainian].
- Levene, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Contributions to Probability and Statistics: Stanford University Press*, 278–292.
- Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Annals of Mathematical Statistics*, 18, 50–60.
- Nikitin, K. E., & Shvidenko, A. Z. (1978). Methods and techniques for processing forest information. Moscow: Forestry industry [in Russian].
- Rudenko, V. M. (2012). Mathematical statistics. Kyiv: Center for Educational Literature [in Ukrainian].
- Sidorenko, E. V. (2000). Methods of mathematical processing in psychology. Saint Petersburg: Rech [in Russian].
- Sukhodolskii, H. V. (1972). Fundamentals of mathematical statistics for psychologists. Leningrad: LSU [in Russian].
- Vasylyshyn, R. D. (2016). Forests of Ukrainian Carpathians – features of growth, biological and energy productivity. Kyiv: TOV "KOMPRINT" [in Ukrainian].
- Zahreev, V. V. (1978). Geographic regularities of growth and productivity of forest stands. Moscow: Forest industry [in Russian].

O. P. Bala, A. Yu. Terentiev, I. P. Lakyda, L. M. Matushevych (2019). Application of some parametric and non-parametric criteria for grouping forests biometric data.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3):4-18.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.004>.

Assessment of forests' growth and productivity requires reference materials for the description of dynamics of biometric indices to be developed for modal stands of the main forest-forming tree species. Yield tables are usually developed on forest typology, site index, and combined basis. Within the frame of this process, it is necessary to take into account natural pathways of development of forest stands since they directly affect the dynamics of biometric indices. Also, there is an inevitable stage of statistical justification of similarities or dissimilarities of certain groups of forest stands. Us-

ing a stand-level database of ІА “Ukrderzhlisproekt”, we have carried out statistical analysis of the allocation of stand groups that are uniform by their composition and origin. By means of variance analysis methods applied to indices of mean height, mean diameter and growing stock per 1 ha, we have allocated uniform groups of stands for the prevailing coniferous and hardwood broad-leaved tree species. To do this, we have employed several parametric and non-parametric criteria: the Kruskal-Wallis H test by ranks, the median criterion, and the Jonckheere-Terpstra test for an ordered alternative hypothesis within an independent samples (between-participants) design – for research of coniferous stands; the Student’s t-test and the Levene’s test – for research of softwood broadleaved stands. As a result, after analyzing the calculated indices as well as origin and tree species composition structure of the stands in question, we have allocated four groups of stands for pine and spruce, 2 – for birch and 2 – for black alder. Further research of growth and productivity of these stands linked with the development of yield tables for modal stands should be based on the allocated groups and dynamic site index scales.

Keywords: *species composition of a stand, origin of a stand, analysis of variance, biometric indices, Student’s t-test, Kruskal-Wallis test, Jonckheere-Terpstra test, Levene’s test.*

Отримано : 07.03.2019 р.

ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ ДЕРЕВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КВАДРОКОПТЕРА

Д. І. Бідолах, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0003-0248-3731

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

А. М. Білоус, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник, *orcid.org/0000-0002-7589-4307*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. С. Кузьович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

E-mail: dimbid@ukr.net

Питання підвищення точності вимірювання висоти дерев і чагарників не втрачає актуальності й має практичну значущість для лісового та садово-паркового господарства, оскільки впливає на точність визначення об'єму окремих дерев і запасу деревостану в цілому. Це питання також є важливим для ландшафтно-архітектурного планування та проведення інвентаризації лісових і зелених насаджень.

Метою дослідження було встановлення точності вимірювання висоти дерев за допомогою квадрокоптера шляхом порівняння даних результатів із їхніми істинними значеннями – вимірів довжин зрубаних стовбурів. Додатково проводили визначення висот за допомогою висотоміра Анучіна та мірної вилки. Для вимірювання висот використовували безпілотний літальний апарат (БПЛА) DJI Phantom 4, який оператор встановлював на рівні кореневої шийки ростучого дерева для фіксації точки «нуль» і піднімав у режимі зйомки 90° до найвищої точки дерева.

Спосіб, який ми запропонували, дає змогу усунути основні недоліки висотомірів: необхідність закладання базисної віддалі, підвищення зручності та точності візування на верхівку дерева, усунення впливу рельєфу місцевості, кривизни стовбура деревної рослини на результати вимірювань та забезпечення більшої точності.

Встановлено, що відносна похибка вимірювання висоти дерева за допомогою БПЛА становить менше ніж 1 %. Основним недоліком цього способу є складність його реалізації в умовах високоповного деревостану та необхідність залучення кваліфікованих виконавців.

Такий спосіб вимірювання висоти можна застосовувати для потреб лісової таксації для встановлення розряду висоти, класу бонітету, а також під час інвентаризації зелених насаджень.

Ключові слова: висотомір, таксація, безпілотний літальний апарат, Phantom 4.

Актуальність і аналіз останніх досліджень. Висота деревних і чагарникових рослин є важливим таксаційним показником, який використовують для визначення об'єму стовбурів, запасу деревостану, бонітету, приросту та аналізу росту насаджень. Саме тому проблема оперативного й точного вимірювання висоти дерев і чагарників є актуальною й має практичне значення для лісового та садово-паркового господарства.

Загальновідомо, що точність вимірювання висоти дерев впливає на точність визначення об'єму стовбурів дерев і запасу всього деревостану. Встановлення розрядів висот при відведенні ділянок у рубку впливає на результати матеріально-грошової оцінки деревостанів. Особливе значення точність вимірювання висоти дерев має для закладання кругових пробних площ під час польових робіт національної інвентаризації лісів.

У галузі садово-паркового господарства висоти деревних і чагарникових видів визначають у процесі інвентаризації зелених насаджень і розробки проектів реконструкцій. При цьому висота дерев і кущів актуальна не тільки для визначення об'ємів стовбурів, а й має важливе значення для правильного ландшафтно-архітектурного планування та обґрунтування прийняття рішень щодо формування ландшафтів у вертикальній площині.

Дедалі частіше науковці (Bragg, 2014; Shevelina & Korostelev, 2006; Artemev et al., 2013; Panagiotidis et al., 2017; Williams et al., 1994; Bidolakh et al., 2018) шукають способи вдосконалення наявних підходів до вимірювання висот деревних і чагарникових рослин, які б дали змогу прискорити цей процес, покращити його точність та ефективність, усунути залежність

поширених методів від впливу рельєфу та базисної віддалі.

На зміну висотомірам, робота яких побудована на геометричному, тригонометричному й оптичному принципах, прийшли оптико-механічні, електронні, ультразвукові та лазерні висотоміри, які дали змогу підвищити точність і прискорити процес отримання інформації (Bragg, 2014; Baginskii, 2013). Результати досліджень можливості використання різних за принципом роботи висотомірів (Williams et al., 1994) засвідчили, що найточнішими серед них є сучасні лазерні інструменти. При цьому більшість сучасних висотомірів дають змогу проводити вимірювання не лише висоти, а й горизонтальної проекції крон, відстані, ухилів і кутів. Велика кількість таких приладів не потребує закладання базисної віддалі, що значно спрощує процес виконання вимірювань. Проте ці інструменти не завжди можуть усунути вплив таких факторів, як пересіченість рельєфу, погана видимість вершини, багатовершинність деревних і чагарникових рослин.

Серед значної кількості останніх досліджень за цією тематикою можна виділити принципово нові підходи до неконтактних методів визначення висоти дерев і чагарників. Зокрема, велика кількість закордонних науковців опрацьовують нові підходи щодо використання матеріалів ДЗЗ (Degerickx et al., 2017) із безпілотних літальних апаратів для дослідження параметрів деревостанів (Markham, 2017), у тому числі його висоти (Panagiotidis et al., 2017; Bragg, 2014). Автори (Shevelina & Korostelev, 2006; Artemev et al., 2013) зробили спробу наближеного визначення висоти та діаметра із земної поверхні для таксації ростучого дерева за допомогою наземної цифрової фотозйомки.

Науковці (Holiaka et al., 2018) дослідили можливості використання аерофотозйомки з безпілотного літального апарата для отримання та обробки зображень стереофотограмметричними підходами з метою ідентифікації сосни звичайної та оцінки її висоти у зімкнутих деревостанах Чорнобильської зони відчуження.

Нами проведено низку досліджень щодо можливості об'єднання вищенаведених підходів шляхом використання квадрокоптера для безпосереднього вимірювання висоти ростучих дерев і чагарників за показниками бортових датчиків БПЛА (Bidolakh et al., 2017; Bidolakh et al., 2018). Для перевірки точності такого підходу використовували порівняння вимірювань із результатами, отриманими за допомогою різних висотомірів.

Метою дослідження було визначення точності вимірювання висоти дерев за допомогою квадрокоптера шляхом порівняння даних результатів із їхніми істинними значеннями. Для досягнення цієї мети поставлено завдання визначити висоти окремих дерев за допомогою БПЛА з наступною перевіркою точності результатів шляхом вимірювання їхньої довжини після рубки. Додатково проводили визначення висот за допомогою висотоміра Анучіна та мірної вилки.

Матеріали і методи дослідження. Збирання експериментальних даних проводили на базі Чернівецького лісництва Чернівецького військового лісгоспу (квартал 45, виділ 6), де виконували останній прийом рівномірно-поступової рубки в буковому насадженні з такими, відповідно до матеріалів таксації, основними лісівничо-таксаційними показниками: склад деревостану – 10 Бкл; вік – 112 років; середній діаметр – 40 см; висота деревостану – 33 м; бонітет – I; тип лісу – D₃D-ГБ; повнота – 0,40, запас на 1 га – 280 м³.

Вимірювання висот дерев проводили двома відомими способами. Перший підхід передбачав використання оптичного висотоміра Анучіна для визначення висоти (H_{BA}), який наводили на кореневу шийку та верхівку дерева з базисної віддалі, та читання результатів згідно з інструкціями щодо використання цього інструменту (Anuchin, 1982). При цьому виникали складнощі з візуванням приладу на верхівку через досить значну висоту дерев і з відкладанням базисної віддалі через складний рельєф місцевості. Другий спосіб передбачав використання мірної вилки як примітивного польового висотоміра. При цьому, для вимірювання висоти дерев (H_{MB}) її доукомплектували виском, наводили на вершину дерев із фіксуванням висоти по рухомій ніжці, до значення якої додавали висоту до рівня ока спостерігача. Під час вимірювання виникали аналогічні до попереднього способу проблеми із візуванням та відкладанням базисної віддалі.

Як третій спосіб було проведено вимірювання висот дерев бука лісового (H_{KB}) із використанням БПЛА DJI Phantom 4, який реалізовували таким чином. Після завершення підготовчих робіт (калібрування компаса дрона й отримання чіткого супутникового сигналу в системах GPS/Глонасс) проводили фіксацію висоти точки 0. Для цього БПЛА встановлювали на рівні кореневої шийки ростучого дерева, що підлягає вимірюванню. Після цього літальний апарат піднімали й керували ним у ручному режимі доти, доки центр прицілу його камери в режимі зйомки 90° не буде наведено на найвищу точку дерева (Bidolakh et al., 2017; Bidolakh et al., 2018).

При цьому виконували її точне візування завдяки дисплею пульта керуван-

ня та фіксацію у тривимірній системі координат x, y, z із можливістю виконання фотографування камерою безпілотного літального апарата. За такої умови як атрибути кожної фотографії верхівки дерева зберігається інформація про його координати та висоту, яка розраховується GPS-модулем автоматично.

Результати дослідження та їх обговорення. Після збирання інформації щодо висот ростучих дерев проводили їх рубку та вимірювали відповідні довжини кожного дерева (L) за допомогою мірної рулетки, до яких додавали висоти кожного пня над рівнем кореневої шийки. Отримані дані зведено та проаналізовано у табл. 1.

Порівняння статистичних показників трьох способів, що наведені в табл. 2, демонструє перевагу способу з використанням БПЛА. Це можна пояснити можливістю точного наведення приладу на верхівку дерева або чагарника, що досягається за рахунок візування його камери під прямим кутом до рослини. Окрім того, покращенню якості та спрощенню проведення вимірювань сприяє те, що немає потреби закладати базисну відстань, як-от для більшості висотомірів.

Графічна інтерпретація відхилень від істинного значення при вимірюванні висот за проведеними у цьому дослідженні способами (рисунок) свідчить про найменшу кількість таких відхилень результатів саме для способу з використанням квадрокоптера. Найбільший розкид відхилень від істинних значень дає вимірювання з використанням мірної вилки, що пояснюється її прямим призначенням для вимірювання діаметрів стовбурів (визначення висоти є лише додатковою функцією цього інструменту).

Крім того, слід зауважити залежність точності вимірювань у разі вико-

ристання мірної вилки та висотоміра Анучіна від рельєфу при закладанні базисної віддалі. Адже на практиці не завжди можливо знайти місце для проведення вимірювань, що розташоване на тому самому вертикальному рівні, що й саме дерево або чагарник. А в умовах загущеного деревостану сам процес вибору місця, з якого буде видно вершину рослини, для проведення вимірювань за допомогою висотомірів є досить складним, що також суттєво впливає на точність та якість отриманих результатів.

При цьому не можна обійти увагою також основні недоліки способу вимірювання висоти з використанням квадрокоптера, які полягають у труднощах його реалізації в умовах загущеного деревостану через складність підняття БПЛА до верхівки, залежність від погодних умов (неможливість виконання вимірювань за низької температури, під час дощу та сильного вітру) і потреби у відповідній кваліфікації виконавців робіт.

Аналіз технічних параметрів квадрокоптера DJI Phantom 4 свідчить, що за вимірювання висоти положення цього високотехнічного приладу відповідає GPS-приймач, який здатний фіксувати положення квадрокоптера у тривимірному просторі з точністю вертикального позиціонування $\pm 0,1$ м. Це дає змогу робити висновки про технічні можливості для вимірювання висоти з точністю до 0,5 % – за висоти дерева 20 м або до 1 % за висоти до 40 м. При цьому оптичний висотомір Анучіна (ВА), який здебільшого використовують у практичній діяльності, дає змогу проводити вимірювання висот із точністю близько ± 4 % (Anuchin, 1982) в оптимальних умовах, які досить складно забезпечити в лісових і паркових деревостанах.

1. Статистичні дані результатів вимірювання висот дерев

№ пор.	Вид	d, см	Нкв. (квадрокоптер)	Нм.в. (мірна вилка)	НВА (висотомір Анучіна)	L, м (зрізаного дерева)	Δ кв	Δ м.в	Δ ВА	δ кв, %	δ м.в., %	δ ВА, %
1	Бкл	44	33,9	31,5	33,5	33,1	0,8	-1,6	0,4	0,56	3,47	1,69
2	Бкл	45	34,0	32,5	32,5	33,3	0,7	-0,8	-0,8	0,42	1,13	0,01
3	Бкл	51	33,0	34,5	33	33,5	-0,5	1	-0,5	0,31	0,54	0,16
4	Бкл	42,5	32,2	33,4	30,5	33,0	-0,8	0,4	-2,5	0,73	0,02	2,56
5	Бкл	42	30,2	29,0	28,5	30,4	-0,2	-1,4	-1,9	0,06	2,77	1,00
6	Бкл	45	34,0	30,5	32,5	33,6	0,4	-3,1	-1,1	0,12	11,31	0,04
7	Бкл	49	33,2	34,0	33,0	33,5	-0,3	0,5	-0,5	0,12	0,06	0,16
8	Бкл	44,5	33,0	30,5	30,5	31,9	1,1	-1,4	-1,4	1,10	2,77	0,25
9	Бкл	48,5	33,1	29,0	32,0	33,2	-0,1	-4,2	-1,2	0,02	19,92	0,09
10	Бкл	52,5	35,0	41,5	34,5	35,5	-0,5	6	-1	0,31	32,91	0,01
11	Бкл	44,5	33,8	38,5	32,0	33,4	0,4	5,1	-1,4	0,12	23,39	0,25
12	Бкл	50	32,7	34,5	31,0	33,3	-0,6	1,2	-2,3	0,43	0,88	1,96
13	Бкл	53	35,9	44,5	40,0	36,8	-0,9	7,7	3,2	0,91	55,30	16,81
14	Бкл	43	33,5	31,6	33,0	32,9	0,6	-1,3	0,1	0,30	2,44	1,00
15	Бкл	44	33,8	32,5	33,0	33,4	0,4	-0,9	-0,4	0,12	1,35	0,25
16	Бкл	49,5	33,1	34,4	32,5	33,8	-0,7	0,6	-1,3	0,57	0,11	0,16
17	Бкл	42,5	33,8	33,0	30,5	32,3	1,5	0,7	-1,8	2,09	0,19	0,81
18	Бкл	41	30,2	29,5	28,0	30,1	0,1	-0,6	-2,1	0,00	0,75	1,44
19	Бкл	44	33,8	29,5	32,0	33,1	0,7	-3,6	-1,1	0,42	14,93	0,04
20	Бкл	49	33,2	33,0	33,5	33,4	-0,2	-0,4	0,1	0,06	0,44	1,00
21	Бкл	45	33,4	30,0	30,5	32,1	1,3	-2,1	-1,6	1,55	5,59	0,49
22	Бкл	48,5	32,9	30,0	32,5	33,3	-0,4	-3,3	-0,8	0,21	12,70	0,01
23	Бкл	52,5	35,2	41,0	34,5	35,6	-0,4	5,4	-1,1	0,21	26,39	0,04
24	Бкл	45	33,8	38,0	31,5	33,3	0,5	4,7	-1,8	0,20	19,68	0,81
25	Бкл	49	32,6	34,0	31,5	33,4	-0,8	0,6	-1,9	0,73	0,11	1,00
26	Бкл	53,5	36,0	43,5	40,5	36,9	-0,9	6,6	3,6	0,91	40,15	20,25
27	Бкл	42	30,0	29,5	27,5	30,2	-0,2	-0,7	-2,7	0,06	0,93	3,24
28	Бкл	44,5	33,5	30,0	32,5	33	0,5	-3	-0,5	0,20	10,65	0,16
29	Бкл	47	32,5	32,0	32,5	33,5	-1	-1,5	-1	1,11	3,11	0,01
30	Бкл	46,5	33,3	29,5	30,5	32,2	1,1	-2,7	-1,7	1,10	8,78	0,64

Окрім вищенаведених переваг використання квадрокоптера для вимірювання висоти дерев і чагарників цей прилад дає змогу також

перевести процес таксації лісу та садово-паркових об'єктів на новий – технічний рівень, коли окрім визначення висоти рослин створю-

2. Підсумкові описові статистики результатів вимірювання висот дерев

Статистичні показники	Діаметр, см	Н _{кв.} (квадрокоптер)	Н _{м.в.} (мірна вилка)	Н _{ва.} (висотомір Анучіна)
Середнє арифметичне значення	46,60	33,29	33,50	32,33
Сер. квадратичне відхилення	-	1,40	4,40	2,73
Стандартна помилка	-	0,25	0,80	0,50
Коефіцієнт мінливості, %	-	4,19	13,14	8,45
Похибка вимірювання	-	0,05	0,26	-0,90
Систематична помилка, м	-	15,03	302,77	56,34
Середня випадкова помилка вимірювань	-	0,72	3,23	1,39

ються умови для фотофіксації їхніх верхівок, збереження інформації про місце та час виконання зйомки, що може використовуватись як документальне підтвердження достовірності проведених вимірювань. Це, своєю чергою, створює нові можливості та перспективи для потреб контролю та моніторингу за станом зелених насаджень, а також спрощує проведення подальшої комп'ютерної та статистичної обробки інформації.

Одержані результати свідчать про можливість і перспективність застосування цього способу для потреб лісо- та парковпорядкування, для встановлення розряду висот при відведенні ділянок у рубки, інвентаризації зелених насаджень, створення бази даних вимірів, а також для виконання інших наукових досліджень.

Висновки і перспективи. Перевірка можливості використання квадрокоптера для вимірювання висоти

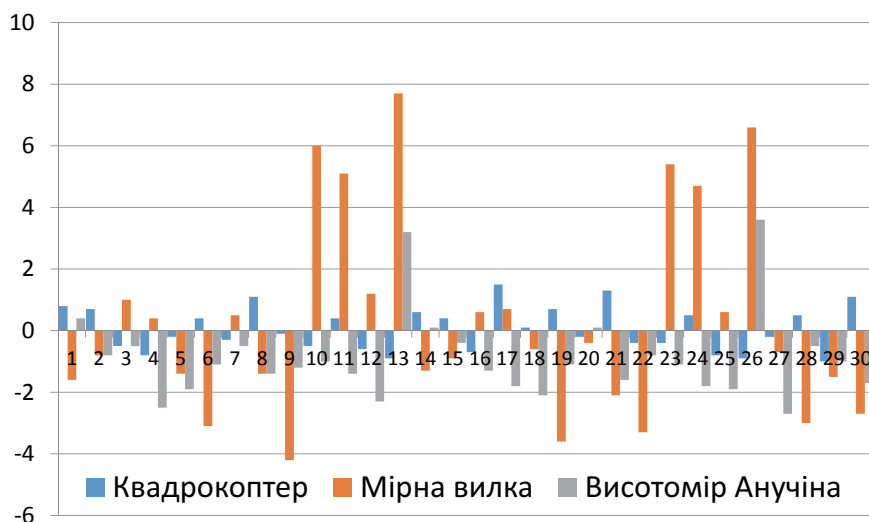


Рисунок. Похибки вимірювання за різних способів

дерев дала змогу сформулювати такі висновки.

Використання безпілотного літального апарата для визначення висот деревно-чагарникових видів дає змогу проводити вимірювання з високою точністю (відносна похибка вимірювання – до 1%).

Вимірювання висот рослин із використанням квадрокоптера дає можливість проводити візування на реальну вершину дерева, усуває необхідність закладання базисної віддалі, покращує якість та спрощує виконання робіт в умовах складного рельєфу. Однак використання дрона обмежене погодними умовами, густотою деревостану та вимагає відповідної кваліфікації виконавців.

Технічне оснащення БПЛА створює умови для збереження як простої, так і висотної атрибутивної інформації в цифровому вигляді разом із фотознімками вершин і створює умови для подальшої комп'ютерної та статистичної обробки інформації.

Список літератури

- Anuchin, N. P. (1982). Forest taxation. Moscow: Forest industry, 552 [in Russian].
- Artemev, O. S., Vais, A. A., & Naidenko, E. A. (2013). Methods of the heights measuring of trees on the materials of a digital terraneous photographing. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University, 8, 122–125 [in Russian].
- Baginskii, V. F. (2013). Forest Taxation: Tutorial. Gomel: GGU im. F. Skoriny [in Russian].
- Bidolakh, D. I., Bilous, A. M., & Kuzovych, V. S. (2018). Measurement of the tree and shrub height with the help of unmanned aerial vehicles. Scientific Herald NLTU Ukraine, 28 (1), 24–27 [in Ukrainian].
- Bidolakh, D. I., Kuzovych, V. S., & Bilous, A. M. (2017). A method of measuring the height of trees and shrubs. Patent UA, no. 12520 [in Ukrainian].
- Degerickx, J., Hermy, M., & Somers, B. (2017). Mapping functional urban green types using hyperspectral remote sensing. 2017 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE). <https://doi:10.1109/jurse.2017.7924553>.
- Dimitrios Panagiotidis, Azadeh Abdollahnejad, Peter Surový & Vasco Chiteculo. (2017). Determining tree height and crown diameter from high-resolution UAV imagery. International Journal of Remote Sensing, 38 (8–10), 2392–2410. <https://doi:10.1080/01431161.2016.1264028>
- Don, C. Bragg. (2014). Accurately Measuring the Height of (Real) Forest Trees. Journal of Forestry, 112 (1), 51–54. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.5849/jof.13-065>.
- Holiaka, D. M., Kato, H., Yoschenko, V. I., et al. (2018). Identification and estimation of heights of scots pine trees in forest stands in the Chernobyl exclusion zone using stereophotogrammetry method. Scientific Bulletin of UNFU, 28 (10), 18–21. <https://doi.org/10.15421/40281003>.
- Markham, D. (2017). This startup will use drones to map forests and plant trees at 1/10th of the usual cost. Retrieved from <https://www.treehugger.com/clean-technology/startup-using-drones-plant-trees-110th-usual-cost.html>.
- Shevelina, I. V., & Korostelev, I. F. (2006). The using of digital cameras for taxing growing trees. The forests of the Urals and the economy in them: Sat Scientific Tr. Federal Agency for Education, Ural State Forestry University, 27, 277–281 [in Russian].
- Williams, M. S., Bechtold, W. A., & LaBau, V. J. (1994). Five Instruments for Measuring Tree Height: An Evaluation. Retrieved from https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_williams009.pdf.
- Zagreev, V. V., Gusev, N. N., Moshkalev, A. G., & Selimov, S. A. (1991). Forest taxation and forest inventory: Tutorial. Moscow: Ecology [in Russian].

D. I. Bidolakh, A. M. Bilous, V. S. Kuziovych (2019). The accuracy of measuring the height of trees with the use of a quadrocopter. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3):19-26. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.019>.

The issue of improving the accuracy of measuring the height of trees and shrubs is characterized by relevance and practical importance for forestry and landscape gardening due to the influence on the determination of the volume of individual trees and the growing stock. Such measuring is important for landscape and architectural planning and inventory of trees.

The purpose of the study was to check the accuracy of measuring the height of trees using a quadrocopter by comparing these results with their true values (measurements of the length of felled trees). In addition, the heights were determined using the Anuchin's optical hypsometer and a tree caliper. The UAV DJI Phantom 4 was used for measuring the heights. It was originally placed at the root collar of a growing tree to fix the "zero" point and taken off by the operator in 90° shooting mode to the highest point of the tree for calculating the height with GPS-receiver drone instruments. By this way, the information about coordinates and height of the top of the tree as attributes of each photo is stored in digital form.

The proposed approach to measuring the height of trees and shrubs using UAV, was developed to create a method that would offset the existing altimeters main disadvantages: the need to mark the base distance, increase the convenience and accuracy of aiming to the top of the tree, eliminate the influence of the terrain and the curvature of the tree on the measurement results and also provide better accuracy of measurements.

Checking the accuracy of this measurement process showed relative error of measurement $< 1\%$ and better informational content compared to other methods. The main disadvantages of this method are the complexity of its implementation in conditions of dense stands and high requirement to the qualification of the operator.

Such an approach can be used for the forests mensuration needs, for establishing the height classes, inventory of green spaces, creating a database of measurements (with a photographic images of the tops of plants) as well as for other scientific research.

Keywords: hypsometer, tree height determination method, unmanned aerial vehicle, Phantom 4.

Отримано: 13.03.2019 р.

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ

С. В. Зібцев, доктор сільськогосподарських наук, професор,
orcid.org/0000-0003-0684-9024

О. М. Сошенський, кандидат сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0002-3028-0723

В. В. Гуменюк, кандидат сільськогосподарських наук,
orcid.org/0000-0003-4143-0739

В. А. Корень, молодший науковий співробітник
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: sergiy.zibtsev@nubip.edu.ua

Зміни клімату, видового складу лісів, землекористування та зростання антропогенного навантаження на ліси зумовили суттєве загострення проблеми лісових пожеж і їхніх наслідків для суспільства та довкілля, як у глобальному, так і регіональному масштабі. Про загострення цієї проблеми в Україні та світі свідчать великі лісові пожежі, які відбулися упродовж останнього десятиріччя, зокрема дві великі пожежі в Чорнобильській зоні відчуження, які в 2015 р. охопили загальну площу близько 14,9 тис. га, а також катастрофічні пожежі, які трапились у 2016–2018 рр. в Австралії, Греції, Іспанії, Каліфорнії, Німеччині, Португалії, Швеції. Тож, в умовах недостатнього фінансування, постає необхідність приділення більшої уваги до проблеми лісових пожеж й в Україні. Провідні країни світу розробили і впроваджують концепцію інтегрованої системи управління пожежами, зміст якої полягає у поєднанні традиційних методів запобігання та гасіння пожеж із залученням до вирішення цієї проблеми населення, місцевих органів влади та неурядових організацій з використанням нових технологій та чітких принципів і цілей лісопожежної політики. Сьогодні в Україні діє система, за якої всю відповідальність із охорони лісів від пожеж покладено на лісгосподарські підприємства, які в сучасних умовах змін не в змозі самостійно впоратися із цією проблемою. Важливим кроком на шляху вдосконалення системи охорони лісів від пожеж в Україні та подальшого переходу до інтегрованої системи має стати створення національної системи статистики природних пожеж, яка наразі в Україні є недосконалою. Наявність повноцінної, достовірної офіційної статистичної інформації про лісові пожежі дасть можливість виконати аналіз пожежної ситуації на територіальному рівні та в подальшому краще протидіяти пожежам. У науковій публікації виконано аналіз показників лісових пожеж, які відбулися на території України в період 1990–2017 рр., природної пожежної небезпеки насаджень, проаналізовано систему збирання статистичної інформації про лісові пожежі, а також виконано порівняльну оцінку показників горимості лісів України, Республіки Білорусь та Польщі.

Ключові слова: національна статистика лісових пожеж, площа пожеж, кількість пожеж, система охорони лісів від пожеж в Україні.

Актуальність. Зміни клімату, землекористування та зростання відвідуваності лісів населенням зумовили суттєве загострення проблеми лісових пожеж і їхніх наслідків для суспільства та довкілля, як у глобальному, так і регіональному масштабі. Упродовж останніх десятиліть глобальна температура зросла на $0,8^{\circ}\text{C}$, і на сьогодні кліматична система перебуває на шляху підвищення середньої світової температури до $+4^{\circ}\text{C}$, хоча Паризька угода 2015 р. визначає безпечний максимум підвищення температури до $+2^{\circ}\text{C}$ (Shvydenko et al., 2016). За прогнозами, на території України слід очікувати негативних змін погодних умов із погляду пожежної небезпеки: 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).

Катастрофічні пожежі, що трапились у 2016–2018 рр. в Австралії, Греції, Іспанії, Каліфорнії, Німеччині, Португалії та Швеції, свідчать про високий рівень загрози лісових пожеж для місцевого населення, житлової та промислової інфраструктури, довкілля, а також про необхідність значних економічних видатків під час їх гасіння та реабілітації територій, пройдених пожежами. Критично важливою умовою запобігання виникненню таких катастрофічних пожеж в Україні є наявність достовірної та повноцінної інформації про природні пожежі та їхні наслідки на національному та регіональному рівнях. Базою такої інформації має бути єдина система збирання статистичної інформації від усіх землекористувачів, яку має використовувати

уряд України для розробки пожежної політики, вжиття своєчасних профілактичних заходів і підвищення готовності до гасіння пожеж.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження багаторічної динаміки пожеж у світі вказують на збільшення кількості великих лісових пожеж (Fire management – global assessment, 2007; Flannigan, 2009; Forest Fire News, 2007; Global Forest Resources Assessment, 2015). Дані аналізу запасів деревного вугілля свідчать про постійне зростання кількості та площі пожеж у лісах, в глобальному масштабі, з моменту останнього льодовикового максимуму (21 тис. років тому), що призвело до збільшення просторової неоднорідності пожеж за останні 12 тис. років (Power et al., 2008; Scholze et al., 2006). Mouillot and Field (2005) встановили, що середньорічна площа пожеж у світі знизилася з 535 до 500 млн га·рік⁻¹ упродовж першої половини XX ст., яке характеризувалось становленням та удосконаленням служб охорони лісів від пожеж. Це явище значною мірою пояснюється такими факторами, як політика охорони лісів від пожеж, поліпшення пожежної безпеки, підвищення ефективності пожежогасіння, удосконалення технологій, які стосуються запобігання, виявлення та гасіння лісових пожеж (Flannigan et al., 2009; Flannigan et al., 2006). Проте на початку XXI ст. зросла кількість катастрофічних пожеж, які призвели до людських жертв і знищення житла, зокрема, це великі лісові пожежі в Індонезії (1997–1998), Австралії (2009), Греції (2007), Росії (2010), США (2003, 2008) та інші (Williams, 2010). В Україні суттєве підвищення середньорічних показників кількості та площі лісових пожеж відбулося на межі 1990-х рр., під час переходу від

планової економіки до нових економічних умов, коли лісогосподарські підприємства перебудовували діяльність. Нині найскладніші умови охорони лісів від пожеж в Україні склалися у Чорнобильській зоні відчуження, зоні Операції Об'єднаних сил (ООС) та у південно-східних областях (Zibtsev, 2000; Zibtsev, 2019).

У наш час уряди багатьох країн розглядають лісові пожежі як один із найбільш загрозливих видів надзвичайних ситуацій, який потребує постійної уваги та багаторічних заходів. Наприклад, прем'єр-міністр Греції створив спеціальний комітет із метою перебудови лісопожежних служб та їх адаптації до сучасних викликів (Committee on Perspectives of Landscape Fire Management in Greece). Резюмуючи необхідно зазначити, що ключовим підґрунтям у роботі лісопожежних служб і розробці відповідних стратегій є офіційна лісопожежна статистична інформація.

Метою дослідження є аналіз горимості лісів України за останні десятиріччя, встановлення тренду горимості як основи оцінки ефективності системи охорони лісів від пожеж, а також порівняння основних показників лісових пожеж в Україні із близькими за умовами країнами Польщі та Республіки Білорусь. *Аналіз національної лісопожежної статистики є першим кроком до розробки національної лісопожежної політики, яка буде визначати довготривалі стратегічні пріоритети у цьому напрямі, в контексті екологічних та соціально-економічних змін, які відбуваються в Україні.*

Матеріали і методи дослідження. Для досягнення мети дослідження було виконано збір даних про лісові пожежі на території України за період з 1990 по 2017 рр. На сьогодні найповнішим дже-

релом даних про лісові пожежі є інформація Державної служби статистики України (відповідно до наказу Держстату України № 243 від 19.08.2014 р.) та Державної служби України з надзвичайних ситуацій (відповідно до постанови Кабінету Міністрів України № 2030 від 06.12.2003 р.), оскільки вона містить дані про лісові пожежі, зібрані з кожного адміністративного району та області незалежно від лісокористувача. Найдосконаліша інформація щодо пожеж у лісах, підпорядкованих Державному агентству лісових ресурсів України, накопичується та узагальнюється цим відомством на основі звітності державних лісогосподарських підприємств, які належать до сфери його управління. Проте ця інформація не є офіційною і збирається для оперативного контролю стану охорони лісів від пожеж та удосконалення її організації в лісах Держлісагентства. У дослідженні використано матеріали останнього державного обліку лісів України і дані щодо погодних умов Українського гідрометеорологічного центру. Для порівняння пожежної ситуації у лісах України, Білорусі та Польщі було використано матеріали наукових публікацій і звіти міжнародних організацій.

Результати дослідження та їх обговорення. Вивчаючи питання лісових пожеж, варто навести коротку характеристику лісів досліджуваної території. Загальна площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок України за даними останнього обліку лісових ресурсів (станом на 01.01.2011 р.) сягає 9,657 млн га, що складає 15,9 % загальної площі території України та 16,7 % території суходолу. Частка хвойних лісів становить близько 40 % загальної площі лісів, з яких 30 % – соснові насадження (Reference book of forest resources of Ukraine, 2012). Така струк-

тура лісового фонду, а також переважно штучне походження лісів є визначальними факторами ризику виникнення лісових пожеж.

В Україні виділяють п'ять природних зон і шість лісгосподарських округів (за С. А. Генсіруком), які характеризуються специфічними головними чинниками пожежного середовища: природною пожежною небезпекою насаджень, лісовими горючими матеріалами, джерелами вогню, кліматом, які в сукупності визначають пожежну небезпеку. Пожежна небезпека власне лісових насаджень визначається комплексом пірологічних характеристик (деревний вид, вік, походження, структура, тип лісорослинних умов тощо), за якими визначають клас природної пожежної небезпеки насадження (КППН) (Specifications of fire safety in forests of Ukraine, 2004; Usenia, 2002; Kurbatskyi, 1964). Розподіл вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок, які належать до сфери управління Держлісагентства, за класами природної пожежної небезпеки (Guide for providing forest management in state forest fund of USSR, part 1, 1985) у розрізі адміністративних областей станом на 01.01.2011 р. наведено в табл. 1.

Дані, подані у табл. 1, характеризують природну пожежну небезпеку у кожному регіоні. Площі першого та другого класів природної пожежної небезпеки дають змогу оцінити необхідні обсяги профілактичних протипожежних заходів в області, це насамперед створення мінералізованих протипожежних смуг. Меншою мірою КППН характеризує ризики виникнення пожеж (надзвичайних ситуацій), оскільки вони залежать також від рівня охорони, наявності джерел вогню і погодних умов. Наведені дані свідчать, що найвищими значеннями середнього

класу природної пожежної небезпеки характеризуються ліси Українського Полісся (Київська, Житомирська, Рівненська, Чернігівська), де розташовані найбільші площі соснових лісів, а також області з великими площами соснових лісів на борових терасах вздовж рік Дніпро та Сіверський Донець (Луганська, Харківська та Черкаська області).

Упродовж останніх 28 років в Україні регулярно відбувалися великі лісові пожежі, які на тлі багаторічних статистичних даних проявляються у вигляді років пожежних максимумів. Серед таких років варто зазначити лісові пожежі в Криму у 1993 р. (на площі близько 600 га), Київській, Донецькій, Луганській, Чернігівській областях в 1996 р. (від 0,5 до 8,5 тис. га), Луганській у 1998 р. (понад 1,7 тис. га), Херсонській та Луганській у 1999 р. (від 1,0 до 2,0 тис. га), Херсонській в 2007 р. (близько 7,4 тис. га), на південному макросхилі Кримських гір у районі селища Алушка в 2007 р. (до 1 тис. га), на території зони відчуження Чорнобильської АЕС у 1992 (17,0 тис. га) та 2015 рр. (14,9 тис. га).

Пожежі на територіях, забруднених радіоактивними викидами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, є особливо небезпечними для довкілля та населення. Зокрема, дві великі пожежі у зоні відчуження у квітні та серпні 2015 р. призвели до забруднення радіонуклідами значних територій, що мало дуже негативний резонанс у Європі. За даними моделювання Норвезького інституту атмосферних досліджень (NILU), ці пожежі призвели до поширення радіонуклідів на території Білорусі, Німеччини, Польщі, Росії, Туреччини, України, країн Скандинавії та Балканського регіону, Егейського моря. Окрім того, радіоактивний димовий шлейф перетнув державний

1. Розподіл площі лісів України за класами природної пожежної небезпеки

Область	Площа лісів		Розподіл площі лісів за класами природної пожежної небезпеки, %					Середній КППН
	тис. га	%	I	II	III	IV	V	
Закарпатська	690,7	7,0	8,7	4,3	37,7	47,9	1,4	3,3
Запорізька	667,5	0,7	14,3	28,5	14,3	14,3	28,6	3,2
Херсонська	177,6	1,8	27,8	11,1	5,6	11,1	44,4	3,2
Одеська	139,2	1,4	7,1	28,6	28,6	7,1	28,6	3,1
Львівська	679,9	6,9	15,9	10,1	31,9	37,8	4,3	3,0
Вінницька	325,1	3,3	6,1	9,1	75,7	6,1	3,0	2,9
Волинська	697,1	7,0	17,1	21,4	21,4	33,0	7,1	2,9
Дніпропетровська	110,9	1,1	18,2	36,3	18,2	9,1	18,2	2,9
Івано-Франківська	583,3	5,9	16,7	6,7	43,3	30,0	3,3	2,9
Миколаївська	69,0	0,7	14,3	28,5	14,3	14,3	28,6	2,9
Полтавська	236,1	2,4	12,5	25,0	37,5	16,7	8,3	2,9
Тернопільська	182,8	1,8	11,8	11,8	58,8	17,6	0,0	2,9
Хмельницька	275,3	2,8	11,1	11,1	55,6	18,5	3,7	2,9
Донецька	142,8	1,4	13,3	40,1	20,0	13,3	13,3	2,8
Кіровоградська	124,7	1,3	7,7	23,1	53,8	7,7	7,7	2,8
Сумська	451,3	4,6	8,9	26,7	46,7	13,3	4,4	2,8
Чернівецька	257,3	2,6	18,5	3,7	51,9	22,2	3,7	2,8
АР Крим	291,3	2,9	13,3	36,7	30,0	3,3	16,7	2,7
Черкаська	310,8	3,1	12,9	22,6	54,8	6,5	3,2	2,7
Луганська	327,9	3,3	17,6	41,2	11,8	14,7	14,7	2,6
Харківська	333,7	3,4	12,1	33,3	42,4	6,1	6,1	2,6
Чернігівська	659,4	6,7	19,4	34,3	17,9	23,9	4,5	2,6
Житомирська	1099,3	11,1	28,2	21,8	29,1	19,1	1,8	2,5
Рівненська	852,4	8,6	27,6	20,7	26,5	19,5	5,7	2,5
м. Київ	34,4	0,3	9,4	62,4	12,5	9,4	6,3	2,4
Київська	736,1	7,4	31,1	27,0	24,3	13,5	4,1	2,3
м. Севастополь	34,3	0,3	25,6	51,2	10,3	2,6	10,3	2,2
Україна	9889,4	100	18,2	21,2	32,9	21,1	6,6	2,8

кордон із Білоруссю. Північна частина пожежі перетнула зону західного сліду радіоактивного забруднення після аварії на Чорнобильській АЕС 1986 р., що призвело до необхідності прямої атаки на пожежу в умовах сильного

радіаційного забруднення, зокрема у лісах із щільністю забруднення ґрунту $^{137}\text{Cs} > 1027 \text{ кБк} \cdot \text{м}^{-2}$. Це призвело до додаткового внутрішнього та зовнішнього радіаційного опромінення пожежників під час гасіння.

Згідно з даними Державної служби статистики України¹, на території лісового фонду країни упродовж 1990–2017 рр. виникло 106,8 тис. пожеж загальною площею 139,2 тис. га. Середня, за останні 28 років, площа однієї пожежі становить 1,3 га. За період незалежності України до 2017 р. включно пожежами пошкоджено 4,7 млн м³ деревини на корені, або 170 тис. м³ щорічно. Аналіз багаторічної динаміки пожеж за останні 28 років свідчить про те, що лісові пожежі в Україні є явищем сталим. Багаторічну динаміку лісових пожеж за їхньою площею та кількістю наведено на рис. 1.

Згідно з аналізом, упродовж кожного десятиріччя трапляються 3–4 роки з суттєво більшою кількістю та площею пожеж, зокрема, у 1990-х це були 1992, 1994, 1996 та 1999, у 2000-х – 2002, 2007, 2009, а у 2010-х – 2014, 2015 рр. Ключовим чинником, який визначає пожежну небезпеку в тому чи тому

році, є кількість опадів. Посушливий період від 20 до 40 днів може трапитися у будь-якій частині пожежонебезпечного періоду (квітень–жовтень), проте найчастіше це відбувається у квітні–травні або у серпні–вересні. Україна є малолісною і, водночас, густонаселеною державою, що зумовлює значну кількість відвідувачів лісів упродовж пожежонебезпечного періоду, а отже постійну наявність джерел вогню в лісах. У посушливі періоди, коли вологість лісових горючих матеріалів знижується до 6–10 %, створюються умови високої небезпеки займання, і саме в такі періоди найчастіше джерела контрольованого вогню (переважно багаття) часто переходять у пожежі.

Для дослідження зв'язку площі пожеж із опадами було виконано аналіз багаторічної динаміки кількості опадів із лютого до листопада, за період із 1990 до 2014 р., який свідчить про наявність зв'язку між площею лісових пожеж і

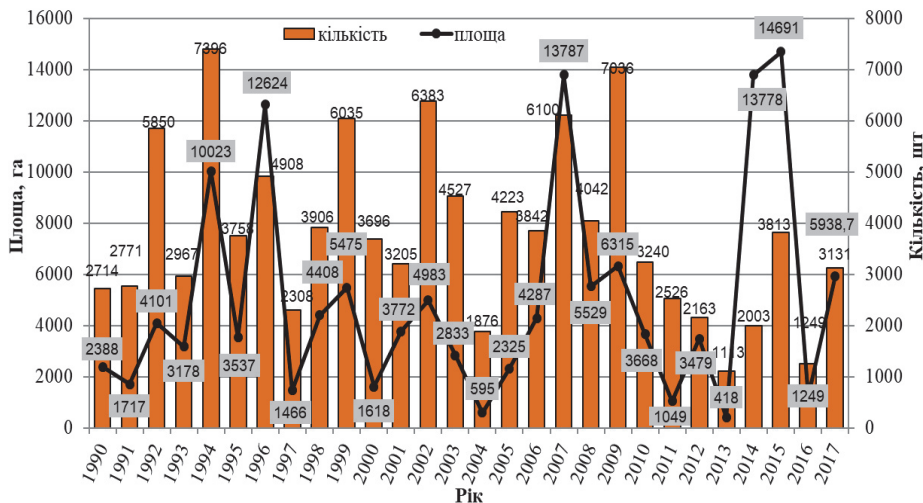


Рис. 1. Динаміка лісових пожеж в Україні за площею та кількістю випадків за період 1990–2017 рр.

* Дані за 2014–2017 рр. наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення Операції об'єднаних сил.

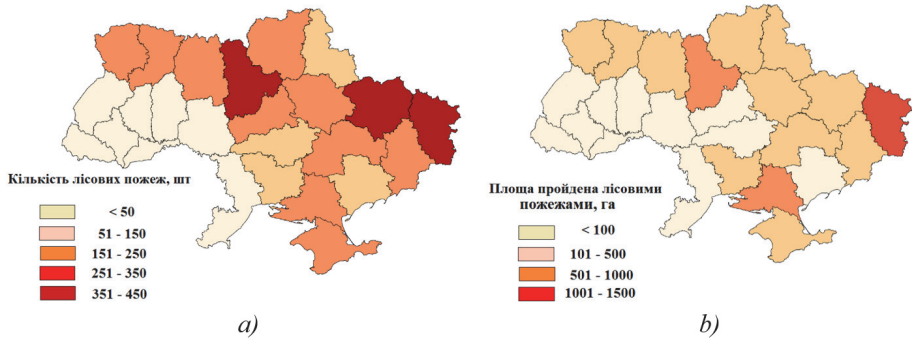


Рис. 2. Класифікація адміністративних областей за середньорічною кількістю (а) та площею (б) лісових пожеж у 1990–2017 рр.

кількістю опадів. У роки пожежних максимумів (1994, 1996, 2007 та 2014) кількість опадів була нижчою, ніж середнє багаторічне значення за досліджуваній період, і навпаки, у роки із підвищеною кількістю опадів площа пожеж була нижчою порівняно із середньорічним значенням. Проте не у всі роки спостерігається чітка залежність між кількістю опадів та площею пожеж, і це пояснюється впливом інших факторів, які визначають горимість лісів (просторовий розподіл опадів, розподіл інтенсивності випадання, профілактичні заходи із запобігання виникненню та поширенню пожеж, швидкість та ефективність виявлення, реагування тощо). Для більш повного вивчення поставленого питання було досліджено комплекс показників, які впливають на пожежну безпеку в лісах у локальних масштабах, зокрема зв'язок кількості випадків пожеж із щільністю населення в межах адміністративних областей. За результатами аналізу було встановлено зв'язок між кількістю пожеж та чисельністю населення, що підтверджує той факт, що основною причиною лісових пожеж в Україні є відвідувачі лісу. Проте така залежність спостерігається лише у тих областях, де переважають соснові насадження, а у Вінницькій, Закарпатській,

Запорізькій, Львівській, Тернопільській, Чернівецькій, Кіровоградській та інших областях такого зв'язку немає, що пояснюється видовим складом лісів і характеристикою кліматичних умов.

На основі даних про лісові пожежі в Україні за період з 1990 до 2017 рр. було виконано розподіл адміністративних областей за показниками горимості лісів, що відображено на рис. 2.

За останні 27 років найчастіше пожежі виникали у лісах Київської (в середньому близько 700 пожеж щороку), Харківської та Луганської областей (майже 400 пожеж щороку), найменше у Вінницькій, Тернопільській та Чернівецькій областях, у яких практично немає хвойних лісів – менше ніж 10 пожеж у рік. Така відмінність пояснюється перш за все пірологічною характеристикою рослинності адміністративних областей, кліматичними показниками та чисельністю населення. За площею найбільше пожеж відбулося в Луганській області, майже 30 тис. га, що, зважаючи на низьку лісистість області (11,0 %), є дуже негативним явищем. Вагомий вплив на цей показник мають великі лісові пожежі, які відбулися у 1996 і 2014 рр.

Важливим чинником, який має визначати управлінські рішення щодо охорони лісів від пожеж, є збитки. На рис. 3 наведено лісівничі та економічні наслідки лісових пожеж в Україні за період з 1990 до 2017 рр., зокрема, площі загиблх унаслідок пожеж насаджень і збитків, заподіяних лісовими пожежами, за даними Держстату.

Економічні втрати визначали як суму збитку, заподіяного пожежами лісовому господарству, яка враховує вартість згорілого лісу на пні, заготовленої лісопродукції, робіт із відновлення лісу, робіт із очищення території та витрати на гасіння лісових пожеж. Оцінка екологічних збитків, які пожежі завдають довкіллю, біорізноманіттю та клімату, в Україні не проводилося. Збитки, заподіяні лісовими пожежами за останні 20 років (без індексації цін за минулі роки), є великими і становлять у середньому понад 23,5 млн гривень щороку.

Організація протипожежних заходів і забезпеченість протипожежними силами й засобами суттєво впливає на гори-

стість і може бути оцінена за показником середньої площі однієї пожежі, оскільки цей показник вказує на швидкість реагування на пожежу, що передбачає її раннє виявлення та ефективне гасіння. За 28-річний період найбільші середньобаторічні площі однієї пожежі спостерігалися у Херсонській та Луганській областях – 3,9 і 3,1 га відповідно; найменші у Чернівецькій, Кіровоградській, Тернопільській, Полтавській, Харківській, Хмельницькій та Черкаській областях – до 0,6 га; у Дніпропетровській, Донецькій, Житомирській, Запорізькій, Рівненській, Сумській та Чернігівській областях середня площа однієї пожежі – у межах 0,8–1,2 га; в Київській, Миколаївській та Одеській областях цей показник становить 1,5, 1,8 і 1,9 га відповідно. Загалом для України у період 1990–2017 рр. середня площа однієї пожежі становить 1,3 га.

Із метою порівняння основних показників лісових пожеж в Україні із найближчими, подібними за пірологічними характеристиками країнами – Польщею та Республікою Білорусь, на основі багаторічних даних було

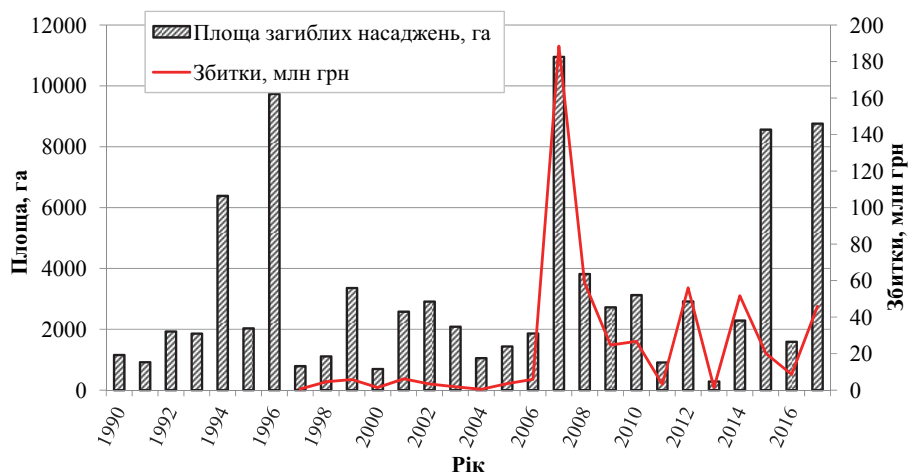


Рис. 3. Динаміка площі загиблх унаслідок пожеж насаджень і збитків, заподіяних лісовими пожежами

2. Порівняння показників горимості лісів в Україні з іншими країнами

Показник	Період	Україна	Білорусь (Forestry, 2018)	Польща (Piwnicki, 2015)
Площа, млн га	2015	60,36	20,76	31,27
Кількість населення (World Population Data Sheet, 2015), млн	2015	42,8	9,5	38,5
Площа лісів (Global Forest Resources Assessment, 2015), млн га	2015	9,6	8,6	9,4
Середньорічна площа пожеж, тис. га	1990–2015	5,08	4,08	7,50
	2006–2015	6,70	2,36	3,75
Середньорічна кількість пожеж, тис.	1990–2015	3,94	2,08	8,65
	2006–2015	3,59	1,03	8,26
Середня площа однієї пожежі, га	1990–2015	1,3	2,0	0,9
	2006–2015	1,9	2,3	0,5
Середньорічна горимість лісів, %	1990–2015	0,05	0,05	0,08
	2006–2015	0,07	0,03	0,04

обчислено середньорічні площу та кількість пожеж, середню площу однієї пожежі та середньорічну горимість лісів (табл. 2).

Взяті для порівняння країни характеризуються подібними кліматичними умовами і є близькими за площею лісів, проте відрізняються за кількістю населення та загальною площею території. Дані, наведені у табл. 3, свідчать, що середньорічна площа пожеж за період 2006–2015 рр. є найнижчою у Білорусі – 2,4 тис. га, у Польщі цей показник становить 3,8 тис. га, а в Україні – 6,7 тис. га, що вказує на більш складну лісопожежну ситуацію, порівняно з Польщею та Білоруссю, систему охорони лісів від пожеж в Україні. Найменше значення середньої площі однієї пожежі спостерігається у Польщі – 0,5 га, що потенційно вказує на вищу, в цьому порівнянні, ефективність системи реагування. Найменше лісових пожеж за площею та кількістю

випадків за аналізований період відбулося в лісах Білорусі, що певною мірою характеризує систему запобігання виникненню лісових пожеж. Аналіз показників горимості лісів за 10 років (2006–2015 рр.) свідчить, що серед порівнюваних країн Україна характеризується найвищою горимістю лісів: у середньому щороку пожежами пошкоджується близько 0,07 % загальної площі лісів (6,7 тис. га), тоді як в Польщі – близько 0,04 % (3,8 тис. га), Білорусі – 0,03 % (2,6 тис. га). Цей показник дає змогу порівняти та оцінити систему охорони лісів від пожеж, враховуючи різну площу лісів порівнюваних країн.

Узагальнюючи, отримані результати, потрібно зазначити, що до останнього часу політика центрального органу виконавчої влади – Державного агентства лісових ресурсів України – щодо організації охорони лісів від пожеж у державних лісгосподарських підприємствах базувалась на таких позиціях:

1) персональна відповідальність керівників підприємств і застосування адміністративних та економічних санкцій у випадку виникнення пожеж; 2) усю систему охорони лісів від пожеж, яка передбачає запобігання, виявлення та гасіння, покладено на лісову охорону; 3) підприємства повинні самі визначати обсяги необхідного фінансування заходів і самостійно знаходити ресурси на охорону лісів від пожеж.

Така жорстка адміністративна політика виправдовувала себе частково в тому сенсі, що охорону лісів у сфері управління Держлісагентства було організовано набагато ефективніше, ніж в агролісгоспах, військових, комунальних лісгоспах і на землях інших користувачів, де трапляються великі пожежі. Такі підходи більше властиві часам СРСР, коли вимагався результат будь-якою ціною, що нині, на нашу думку, не відповідає сучасним методам управління. Частковим доказом на користь цього аргументу можуть бути можливі викривлення звітних (статистичних) даних, які породила така політика. Зокрема, за повідомленнями фахівців, в окремих випадках, це проявилось у штучному покращенні пожежної статистики. Усвідомивши, що на лісівників покладено всю відповідальність за таке складне еколого-соціальне явище, як лісові пожежі, підприємства часто не відображали у книгах реєстрації лісових пожеж або відповідних актах малі та середні пожежі, а лише великі, які привертали увагу преси, вищого керівництва і для ліквідації яких потрібні були великі витрати. В деяких випадках було встановлено різницю між даними Державної служби статистики і фактичними показниками (отриманими за допомогою методів дистанційного зондування землі) щодо загальної річної площі та кількості пожеж у декілька разів, наприклад, у такі роки пожежних

максимумів, як 1992, 2003, 2015, коли сталися масштабні пожежі. Все це вказує на викривлення офіційної статистики в Україні, що призвело до формального покращення загальнонаціональної ситуації з горимістю лісів. В результаті уряд, вважаючи ситуацію в лісах благополучною, не мав підстав збільшувати, а згодом і взагалі виділяти кошти на засоби індивідуального захисту лісових пожежників, їх навчання, оновлення пожежної техніки та щорічні протипожежні профілактичні заходи. Отже, така політика, врешті-решт, відіграла негативну роль у системі охорони лісів від пожеж. Зокрема, найбільш критичною, за браком державного фінансування, на сьогодні є ситуація в лісгосподарських підприємствах південної та південно-східної частин України.

Нині в Україні немає централізованого органу, який би відповідав за зведену статистику лісових пожеж усіх лісокористувачів. Державне агентство лісових ресурсів України не може виконувати цю функцію через недостатні повноваження, які сформульовані на законодавчому рівні. Державна служба України з надзвичайних ситуацій реєструє тільки випадки, у яких були задіяні її державні пожежно-рятувальні підрозділи, та випадки, про які повідомлено із лісгосподарських підприємств. Державна служба статистики України не має повноважень вимагати інформацію про лісові пожежі у лісокористувачів, а отже здійснює збір даних із місцевих органів влади. Тому питання удосконалення пожежної статистики має вирішити уряд, бо без розуміння реальних масштабів проблеми і своєчасного вжиття відповідних заходів, Україні не уникнути катастрофічних пожеж із численними жертвами, як це було в Австралії, Південній Європі, Росії та Каліфорнії.

Необхідно зазначити, що при формулюванні сучасної лісопожежної політики та методів її реалізації у розвинутих країнах, де проблема пожеж є гострою, виходять із декількох принципових положень:

1. Працівники лісової охорони або лісогосподарських підприємств не в змозі самостійно контролювати кількість пожеж у лісах. Кількість пожеж визначається джерелами вогню, тобто всією сукупністю громадян або організацій, що перебуває або працює у лісах, а також поточними погодними умовами. Звичайні протипожежні профілактичні заходи дають змогу знизити кількість джерел вогню незначною мірою. Суттєвий вплив на кількість джерел вогню можливий лише за умови об'єднання спільних зусиль відповідних відомств – лісогосподарських підприємств, Державної служби України з надзвичайних ситуацій, поліції, військових, об'єднаних територіальних громад. Така мобілізація в Україні мала місце тільки один раз, у липні й на початку серпня 2010 р. і дала дуже позитивний результат, показники горимості не відрізнялися від середніх за багаторічний період, тоді як у європейській частині Російської Федерації, за аналогічних кліматичних умов, кількість загиблих і постраждалих від пожеж вимірювалась сотнями і вогнем було знищено цілі населені пункти.
2. Площа пожеж залежить від погодних умов, насамперед сили вітру, запасів, просторового розміщення та вологості горючих матеріалів, готовності протипожежних служб до раннього виявлення та агресивної першої атаки пожежі. Аналіз свідчить, що протипожежні служ-

би державних лісогосподарських підприємств дуже ефективно гасять невеликі пожежі площею до 5–10 га, тоді як готовність до ліквідації великих лісових пожеж, для прикладу площею більше ніж 250 га нині на низькому рівні. Передусім це пов'язано із відсутністю в Україні професійних, теоретично та практично підготовлених керівників гасіння великих та особливо великих лісових пожеж, недосконалістю системи управління ліквідацією великих пожеж, недостатнім забезпеченням матеріальними резервами, недосконалою системою міжвідомчої взаємодії, недостатнім технічним забезпеченням.

На основі зазначених принципових положень провідні країни світу розробили і впроваджують концепцію інтегрованої системи управління пожежами, зміст якої полягає у поєднанні традиційних методів запобігання та гасіння пожеж, які існують в Україні з інтеграцією (залучення до спільної роботи) до вирішення цієї проблеми населення, яке використовує ліси для рекреації, місцевої влади, неурядових організацій, а також нових технологій, що базуються на чітко сформульованих принципах і цілях лісопожежної політики. Тобто щоденним вирішенням проблем, пов'язаних із запобіганням і гасінням лісових пожеж, повинні займатися лісівники, відвідувачі лісу, місцева влада та підприємства, і це стосується як спільної діяльності, так і спільного фінансування протипожежних заходів. Нині в Україні лісові пожежі – це проблема лісівників, і громадяни часто не готові допомагати у її розв'язанні. В контексті зниження стійкості лісів до хвороб і шкідників, їх всихання, непередбачуваних змін клімату, коли вже зрозуміло, що си-

туація з пожежами тільки погіршуватиметься, Україні також доцільно переходити на засади інтегрованої охорони лісів від пожеж. Це можливо шляхом розробки та затвердження на національному й регіональних рівнях відповідної лісопожежної політики. Брак на цей час фінансування лісового господарства в Україні свідчить, що Уряд не визнає існування проблеми лісових пожеж.

Висновки і перспективи. Катастрофічні природні пожежі у Південній і Північній Європі 2016–2018 рр. та США, які призвели до людських жертв і значних збитків, свідчать про зростання ризиків повторення цих випадків у Східноєвропейському регіоні, в тому числі в Україні, що зумовлює необхідність приділення більшої уваги проблемі оцінки та аналізу явища природних пожеж на національному рівні. Першим кроком на цьому шляху має стати створення достовірної національної системи статистики природних пожеж, яка б охоплювала всіх земле- та лісокористувачів, а також розробка національної лісопожежної політики, яка б враховувала нові виклики ХХІ ст., як-от глобальні зміни клімату, землекористування тощо.

Першочергову увагу, з погляду розробки інтегрованої системи охорони лісів від пожеж, потрібно приділити ландшафтам із найвищою природною пожежною небезпекою та більшою кількістю джерел вогню, до яких належать південні та східні області України та Полісся (КППН – 2,3–2,6). Сучасна система охорони лісів від пожеж має базуватися на комплексних лісівничо-пірологічних дослідженнях і лісопірологічному зонуванні лісів.

У період 1990–2017 рр. спостерігається чітка тенденція до зростання площ великих та особливо великих

лісових пожеж з 10,0 тис. га у 1994 р. до 14,7 тис. га у 2015 р. Це свідчить про недостатню готовність лісопожежних служб боротися з великими пожежами і вимагає спеціальних лісопірологічних досліджень та розробки нової стратегії управління пожежами в умовах низького рівня технічної та матеріальної забезпеченості. Недоліком чинної системи охорони лісів від пожеж є однакове матеріальне забезпечення лісопожежних служб та однакова готовність до гасіння пожеж (наприклад посушливі роки 2014–2015 рр.) під час середньої та надзвичайної пожежної небезпеки погоди, що в результаті призводить до розвитку катастрофічних пожеж – надзвичайних ситуацій.

Ключовими факторами високої горимості лісів в Україні, яка є вищою, ніж у Польщі та Білорусі, є брак фінансування лісопожежних служб, недостатньо ефективна міжвідомча взаємодія, недосконале законодавство щодо запобігання виникненню природних пожеж, недостатня теоретична та практична підготовка лісових пожежників та керівників гасіння, а також невиконання відповідних чинних нормативних і законодавчих вимог.

Список літератури

- Annual demographic book "Population of Ukraine for 2010". (2011). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua> [in Ukrainian].
- Balabukh, V. O., & Zibtsev, S. V. (2016). Climate change impact on number and area of forest fires in northern Black sea region. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2016_18_9 [in Ukrainian].
- Fire management – global assessment 2006. (2007). Rome: FAO forestry paper, 151.

- Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a0969e.pdf>.
- Flannigan, M. D., Amiro, B. D., Logan, K. A., Stocks, B. J., & Wotton, B. M. (2006). Forest fires and climate change in the 21st century. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 847–859. <https://doi:10.1007/S11027-005-9020-7>
- Flannigan, M. D., Krawchuk, K. A., de Groot, W. I., Wotton, B. M., & Gowman, L. M. (2009). Implications of changing climate for global wildland fire. *International Journal of Wildland Fire*, 18 (5), 483–507. <https://doi.org/10.1071/WF08187>
- Flannigan, M. K. (2009). Global wildlandfire and climate change. *Wildland Fire*.
- Forest Fire Net. Volume 5. (2007). Athens: European Center for Forest Fires (ECFF). Council of Europe. Retrieved from <https://www.civilprotection.gr/sites/default>.
- Forestry. (2018). National Statistical Committee of the Republic of Belarus. Retrieved from <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika> [in Russian].
- Global Forest Resources Assessment. (2015). Desk reference. Rome: FAO forestry paper. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf>.
- Guide for providing forest management in state forest fund of USSR. Part 1. Organization of forest management and land works. (12 September 1985). Retrieved from http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_12900.htm [in Russian].
- Kurbatskyi, N. P. (1964). Emergence of forest fires. Academy of Science of USSR Institute of Forest of the Siberian Division of the Russian Academy of Sciences. Publisher "Nauka". Moscow. Retrieved from https://www.booksite.ru/rusles/st_0105.html [in Russian].
- Mouillot, F., & Field, C. B. (2005). Fire history and the global carbon budget: a 1°×1° fire history reconstruction for the 20th century. *Global Change Biology*, 11, 398–420. <https://doi:10.1111/J.1365-2486.2005.00920.X>
- Oyusanaa, B., Chuluunbaatar, T., Goldammer, J., Ganbaatar, J., & Eristov, A. (2014). English-Mongolian-Russian Fire Management Terminology. Ulaanbaatar: Soyombo printing.
- Piwnicki, J. S. (2015). Wpływ pożarów na lasy – Polska 2015 rok. Retrieved from <https://www.ibles.pl/documents/17150/28287/pozary-2014-2015.pdf>.
- Power, M., Marlon, J., Ortiz, N., Bartlein, P., Harrison, S., Mayle, F., Ballouche, A., Bradshaw, R., et al. (2008). Changes in fire regimes since the last Glacial Maximum: an assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data. *Climate Dynamics*, 30, 887–907. <https://doi:10.1007/S00382-007-0334-X>
- Reference book of forest resources of Ukraine: according to state forest records as of 01.01.2011. (2012). Irpin: PA "Ukrderzhlisproekt" [in Ukrainian].
- Safronov, M. A. (2005). Fire hazard in natural conditions. Krasnoyarsk: Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS". [in Russian].
- Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N. W., & Prentice, I. C. (2006). A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103, 13 116–13 120. <https://doi:10.1073/PNAS.0601816103>
- 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., 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.
- Specifications of fire safety in forests of Ukraine. (2004). Decretal of the State Agency of forest resources of Ukraine from 27.12.2004.

- № 278. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05> [in Ukrainian].
- Usenia, V. (2002). Forest fires, their aftermaths and firefighting. Gomel: Institute of Forest, National Academy of Sciences of Belarus [in Russian].
- Williams, J. A. (2010). Findings and Implications from a Coarse-Scale Global Assessment of Recent Selected Mega-Fires. FAO. Retrieved from <https://www.preventionweb.net/publications/view/20529>.
- World Population Data Sheet. (2007). Washington: Population Reference Bureau. Retrieved from <https://www.prb.org/2017-world-population-data-sheet>.
- Zibtsev, S. (2000). Condition of forest fire protection in Ukraine and main directions of its enhancement. Scientific Herald NAU, 25 [in Ukrainian].
- Zibtsev, S., & Goldammer J. (2019). Challenges in Managing Landscape Fires in Eastern Europe. Fire Management Today.

S. V. Zibtsev, O. M. Soshenskyi, V. V. Gumeniuk, V. A. Koren (2019). Long term dynamic of forest fires in Ukraine. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3):27-40. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.027>.

Climate and land use change, increased forest attendance by the population have caused a significant exacerbation of the forest fires problem and their consequences for the society and the environment, both globally and regionally. The large forest fires that took place during the last decade showed increase of vulnerability of forests to fires. In particular, two major forest fires in the Chernobyl exclusion zone, which in 2015 burnt over a total area of about 14.9 thousand hectares, as well catastrophic fires with many casualties that occurred in 2016-2018 in Australia, California, Germany, Greece, Portugal, Spain, Sweden. This situation shows the need to pay more attention to the problem of forest fires, in particular in Ukraine where the system of fire management is in its initial stage of formation. The developed countries of the world have developed and implemented the concept of an integrated fire management system, the content of which is to combine traditional methods of fire prevention and suppression with the wide involvement of the population, local authorities and industry in addressing this problem, using new technologies and clear principles and objectives of forest fire policy. Nowadays, an outdated approach to fire management functions in Ukraine, in which all responsibility for forest fire management is taken by foresters who, in modern conditions, are not in a position to cope with this problem on their own. The first step towards establishing a modern fire management system in Ukraine and transition to an integrated system should aim at establishing a reliable national fire statistics system, which is currently imperfect and has several shortcomings. The availability of complete, reliable official statistical information on forest fires will enable carrying out an adequate analysis of the fire regimes at the territorial level and developing a better system under the modern fire challenges. The analysis of number and area of forest fires that took place on the territory of Ukraine for the period from 1990 to 2017, and fire hazard of forests is presented in the paper. A system of collecting statistical information on forest fires is analyzed and a comparative assessment of the indicators of fire statistics of Ukraine, Republic of Belarus and Poland has been carried out.

Keywords: National forest fire statistics, area of forest fires, number of forest fires, wildfire management in Ukraine.

Отримано: 14.03.2019 р.

ДЕГРАДАЦІЯ ЛІСІВ УКРАЇНИ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПРИЧИНИ МАСОВОГО ВСИХАННЯ ТА ШЛЯХИ ЙОГО УНЕМОЖЛИВЛЕННЯ

В. М. Маурер, кандидат сільськогосподарських наук, професор,
orcid.org/0000-0002-8019-7207

А. П. Пінчук, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
orcid.org/0000-0003-1256-9838

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

Сучасне суттєве погіршення санітарного стану і деградація лісів України внаслідок масового всихання в умовах глобального потепління клімату дерев і насаджень сосни та інших лісотвірних видів зумовлює особливу актуальність організаційних заходів і робіт із підвищення біологічної стійкості майбутніх лісових ценозів упродовж усього процесу їх вирощування, починаючи з моменту їх природного або штучного відтворення.

Всихання дерев і насаджень спостерігалися і раніше у XIX і XX ст., але в більшості випадків вони відбувалися на регіональному рівні. Проте починаючи із 1970 р. у багатьох країнах всихання насаджень спостерігається на значних площах. При цьому причинами всихання дерев і насаджень називають різні чинники: зміну клімату, зниження ґрунтових вод, шкочинну діяльність шкідників і збудників хвороб тощо.

Мета досліджень – за результатами аналізу наукових джерел літератури і власних досліджень визначити та обґрунтувати етіологію і патогенез масового всихання дерев і насаджень лісотвірних видів, зокрема деревостанів сосни, та запропонувати стратегію і тактику унеможливлення цього негативного природного явища.

Під час реалізації програмних завдань проаналізовано низку наукових праць із теми, в яких висвітлено різні аспекти явища масового відмирання дерев і насаджень лісотвірних видів. Викладені в статті основні теоретичні положення і практичні рекомендації базуються на результатах власних досліджень процесу всихання дібров у лісах зеленої зони м. Києва у 1980-х рр. та сучасної деградації сосняків Полісся.

Проведені дослідження дали змогу запропонувати власну концепцію щодо етіології та патогенезу цього негативного природного явища. Усі виокремлені чинники всихання, які ми виявили, за особливостями і черговістю дії та їхнім специфічним значенням були об'єднані у три групи: 1) обставини ослаблення і фактори ризику захворювання; 2) етіофактори або першопричини всихання; 3) каталізатори відмирання дерев і деревостанів, що всихають. Узагальнення

та вивчення усіх чинників, з урахуванням глобального потепління клімату, дало змогу запропонувати заходи з підвищення біологічної стійкості майбутніх лісів на етапі їх відтворення.

Розуміння і використання викладених вище положень щодо етіології та особливостей патогенезу масового всихання дерев і насаджень лісотвірних порід дають можливість превентивно застосовувати науково обґрунтовані лісгосподарські заходи, які унеможливають вищеперераховані обставини ослаблення та ризику, і, тим самим, запобігти прояву шкодочинної дії першопричин, що допоможе мінімізувати негативні наслідки патогенезу та зменшити можливі ресурсні, екологічні й соціальні втрати.

Ключові слова: масове всихання, насадження, етіологія, патогенез, етіофактори.

Актуальність. Сучасне суттєве погіршення санітарного стану і деградація лісів України внаслідок масового всихання в умовах глобального потепління клімату дерев і насаджень сосни та інших лісотвірних видів зумовлює особливу актуальність організаційних заходів і робіт із підвищення біологічної стійкості майбутніх лісових ценозів упродовж усього процесу їх вирощування, починаючи з момен-

ту їх природного або штучного відтворення. Нинішнє масове всихання лісів набуло критичних розмірів. За останніми даними, понад 400 тис. га лісових насаджень країни охоплено масовим всиханням (State Forest Resources Agency of Ukraine, 2018a), яке у лісівників отримало помилкову назву «біологічна пожежа» (рис. 1). Основна причина цього явища є біотична – це верхівковий короїд.

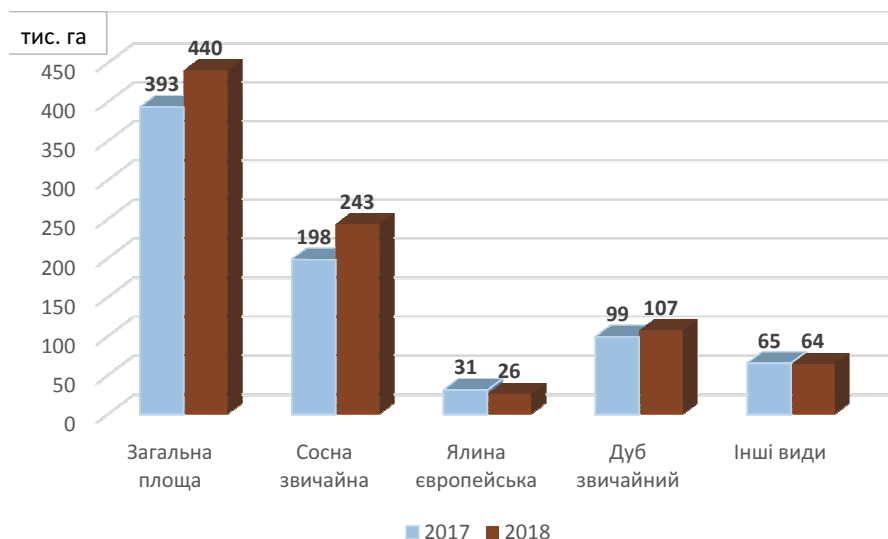


Рис. 1. Динаміка зміни площі насаджень, що всихають, за 2017–2018 рр. (за даними Державного агентства лісових ресурсів України)

Переважне всихання деревостанів штучного походження гіпотетично дає змогу стверджувати, що до причин їх відмирання необхідно віднести і помилки, допущені при їх закладанні, які часто не можна виправити упродовж багатьох наступних десятиліть. Останнє особливо важливе, оскільки радикальне унеможливлення масового всихання дерев і насаджень можливе тільки за умови правильного встановлення його етіології та об'єктивного пізнання патогенезу цього природного явища, які потребують усебічного аналізу комплексу антропогенних, біотичних і абіотичних чинників та низки інших факторів.

Вищезазначене зумовлює актуальність об'єктивного, науково підтвердженого встановлення причин (етіології) та глибокого розуміння основних етапів процесу масового всихання дерев і насаджень (патогенезу).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Усихання дерев і насаджень спостерігалися і раніше, у XIX і XX ст., але в більшості випадків вони відбувалися на регіональному рівні (Allen et al., 2009; Holovianko, 1949; Shynkarenko, 1968). З часом зі збільшенням у лісах частки штучно створених деревостанів критичного віку, всихання частішало, сягало дедалі більшого розмаху, а для окремих видів, як-от дуб звичайний, набуло ще й ознак періодичності, з різними за тривалістю (11, 33 і 100-річними) циклами, які часто пов'язували з підвищенням сонячної активності. Проте починаючи із 1970 р. у багатьох країнах всихання насаджень спостерігається на значних площах (Allen et al., 2009; Kalnoi, & Maurer, 1978; Krahll-Urban, Papke, & Peters, 1988; Maurer, 1980; Maurer, & Kolodii, 2005; Voropantov, 1973). При цьому причи-

ни всихання дерев і насаджень називають різні: зміну клімату, зниження ґрунтових вод, шкодочинну діяльність шкідників і збудників хвороб тощо (SE "Bilotserkivsky forestry", 2018; State Forest Resources Agency of Ukraine, 2018b; State Forest Resources Agency of Ukraine, 2018c).

На сьогодні науковці виокремили дві моделі, які пояснюють сутність етіології та патогенезу всихання і деградації лісів. Перша – «ланцюгова» – пов'язує процес масового відмирання з почерговою дією різних чинників, що спочатку випадковою комбінацією стресових для рослин факторів ослаблюють здорові дерева, внаслідок чого вони стають уразливими для вторинних шкідників і збудників хвороб, які й завершують процес всихання. Інша модель – «спіральна». Вона усі причини всихання дерев об'єднує у три групи факторів, які діють паралельно-послідовно. Спочатку на дерева і насадження діють фактори ослаблення, що впливають упродовж тривалого періоду часу, поступово послаблюючи їх, проте симптоми деградації при цьому не проявляються. Після них починають діяти стресові чинники другої групи. Вони впливають епізодично, однак їхній вплив ініціює всихання ослаблених дерев і насаджень. Дерев і насадження, що всихають, стають об'єктом шкодочинної дії чинників третьої групи (переважно біотичних), які й призводять до їх остаточного відмирання. Описані вище моделі призвели до того, що на сучасному етапі більшість науковців є апологетами поліфакторної етіології масового всихання насаджень лісотвірних видів (Allen et al., 2009; Maurer, & Pinchuk, 2014).

Останніми роками стає все більше адептів нового напрямку – консти-

туціоналізму, суть якого полягає не тільки у пошуку причин захворювання, визначення їхньої кількості, а й у розгляді їх у сукупності з умовами, в яких вони проявляються та розвиваються. Зокрема, у медичній практиці при визначенні етіології захворювання широко застосовують термін «фактори ризику». Такий підхід дає змогу зі значної кількості виявлених причин виділити умови, які сприяють або мають безпосередній стосунок до появи захворювання. Як правило, це обставини, які без наявності першопричин не призводять до всихання. При цьому вони можуть одночасно розглядатися як необхідні умови і як окремі ланцюжки патогенезу хвороби.

Сьогодні цілком зрозумілим є особливе занепокоєння лісівників стійкою тенденцією збільшення площі таких, що всихають, і деградованих насаджень і суттєвим зростанням обсягів суцільних і вибіркового санітарних рубок. Тому, як ніколи, на часі встановлення реальних причин (етіології) та особливостей патогенезу всихання насаджень, оскільки без них неможливо об'єктивно визначити суть цього негативного явища та опрацювати стратегію і тактику його унеможливлення.

Вищезазначене свідчить про непересічну актуальність наших досліджень.

Мета дослідження: за результатами літературних даних і власних досліджень встановити та обґрунтувати етіологію та патогенез масового всихання дерев і насаджень лісотвірних видів загалом і деревостанів сосни зокрема та запропонувати стратегію і тактику унеможливлення цього негативного природного явища.

Матеріали і методи дослідження. Під час реалізації програмних завдань проаналізовано низку наукових праць із теми досліджень (Allen et

al., 2009; Holovianko, 1949; Kalnoi, & Maurer, 1978; Krahl-Urban, Papke, & Peters, 1988; Maurer, 1980; Maurer, & Kolodii, 2005; Shynkarenko, 1968; State Forest Resources Agency of Ukraine, 2018a; State Forest Resources Agency of Ukraine, 2018b; State Forest Resources Agency of Ukraine, 2018c; Voropanov, 1973), у яких висвітлено різні аспекти явища масового відмирання дерев і насаджень лісотвірних видів. Викладені у статті основні теоретичні положення і практичні рекомендації базуються на результатах власних досліджень процесу всихання дібров у лісах зеленої зони м. Києва у 1980-х рр. (Kalnoi, & Maurer, 1978; Maurer, 1980) та сучасної деградації сосняків Полісся.

У процесі досягнення мети досліджень було застосовано як загальнонаукові методи пізнання (аналіз, синтез, порівняння), так і загальноприйняті методики вивчення та оцінки біологічних об'єктів (Hurskyi, 1955).

Результати дослідження та їх обговорення. Жодна з наявних наукових концепцій не дає вичерпної відповіді щодо етіології зниження біологічної стійкості погіршення стану дерев і насаджень та особливостей патогенезу всихання лісів. Така ситуація не сприяє використанню науково-обґрунтованих методів заліснення та проведенню запобіжних заходів, які б унеможлилювали масове всихання деревостанів лісотвірних видів або зменшували його розміри та шкоду.

Головною помилкою більшості дослідників етіології масового всихання дерев і насаджень лісотвірних видів є те, що причину масового всихання дерев і насаджень визначають за всохлими деревами, через що не бачать складної природи лісового біогеоценозу та його реакції на ті чи ті чинники, у тому числі помилки лісівника.

Базовими положеннями, використаними для розробки концепції щодо причин і патогенезу масового відмирання дерев і насаджень лісотвірних видів та побудови моделі процесу цього негативного явища, були:

- закон послідовності проходження фаз (етапів) розвитку лісостанів у процесі їх генезису (лісозмін), який нерідко ігнорують (Maurer, & Kaidyk, 2016);
- аксіома щодо гармонійності природних процесів розвитку лісових біогеоценозів, основою якої є принцип адекватності, сутність якого визначається лісознавчим постулатом: «...для того, щоб лісостан успішно функціонував у певному середовищі, його склад і форма повинні бути адекватними складності та організації середовища» (Morozov, 1931);
- вислів проф. З. С. Голов'янка про те, що сік здорових деревних рослин є «отрутою» для шкідників і збудників хвороб (Holovianko, 1949);
- твердження проф. Г. Ф. Морозова про те, що «...всіляке вторгнення в ліс, навіть найбільш раціональне, завжди буде порушенням тієї рухомої рівноваги, якою характеризується природа взагалі та природа лісу зокрема. Це порушення рівноваги в лісі виявляється, передусім, у послабленні біологічної стійкості насаджень» (Morozov, 1962);
- визначення акад. М. А. Голубця, що найпотужнішими збудувальними чинниками у лісових екосистемах, які визначають і модифікують склад, структуру та форму лісових насаджень, впливають на їхні системні зв'язки та функціональні властивості, є антропогенні фактори (Holubets, 2005).

Узагальнюючи дані щодо етіології та особливостей патогенезу масового всихання дерев, ми врахували інтенсивний характер ведення лісового господарства в Україні у XIX–XXI ст., який зумовив реалізацію стратегії активної форми відтворення лісів у державі. В її структурі довгий час домінували і нині переважають лісові культури. Частка штучно відновлених і новостворених насаджень в окремі роки сягала 80 %. Відповідно до базових положень, нескладно довести, що вплив антропогенних факторів (позитивний або негативний) на біологічну стійкість найбільшою мірою проявляється саме у штучно створених насадженнях, як прямо – внаслідок застосування тих чи тих способів їх закладання (посів, посадка), використання певного садивного матеріалу (насіння, сіянців із нетравмованою і травмованою кореневою системою), запровадження обґрунтованих або необґрунтованих типів змішування (деревного, деревно-тіньового чи деревно-чагарникового), так і опосередковано, через зміну (регулювання) абіотичних і біотичних факторів лісового біогеоценозу.

Вищевикладене й результати багаторічних досліджень причин і особливостей всихання деревостанів дуба звичайного, проведених під керівництвом професора П. Г. Кального у 1970–1980 рр. в умовах Полісся та Лісостепу України (Kalnoi, & Maurer, 1978; Maurer, 1980), та сучасного всихання сосняків (Maurer, & Pinchuk, 2015; Maurer, & Pinchuk, 2018), дали змогу запропонувати власну концепцію щодо етіології та патогенезу цього негативного природного явища. Усі чинники всихання, які ми виокремили, за особливостями і черговістю дії та їхнім специфічним значенням були об'єднані у три групи (рис. 2):

- 1) обставини ослаблення і фактори ризику захворювання;
- 2) етіофактори або першопричини всихання;
- 3) каталізатори відмирання дерев і деревостанів.

Обставини ослаблення та фактори ризику призводять до втрати імунітету, зниження біологічної стійкості та ослаблення окремих дерев або насаджень загалом. Залежно від походження їх можна поділити на: біотичні чинники, абіотичні умови та антропогенний вплив. До чинників антропогенного впливу, передусім, належить діяльність лісівників і, зокрема, лісокультурні роботи. Вони зокрема визначають спосіб закладання, початкову гущину і домінуючу компоненту лісотвірного виду, склад, структуру і форму майбутніх лісових насаджень, системні зв'язки між компонентами біогеоценозів та їхні функціональні властивості. Такий підхід дає змогу припустити, що до

причин ослаблення, які стали початком сучасного погіршення стану лісів України, більша частина з яких рукотворні, належать і помилки та прорахунки у лісовідновленні й лісорозведенні, допущені у минулому, зокрема завдяки переважанню у лісокультурній справі пріоритетів економіки і недостатня увага до питань біології та екології лісу.

Серед обставин ослаблення та факторів ризику найбільш вагомими є:

- використання для рубання лісу, підготовки лісокультурних площ та обробітку ґрунту способів, які суттєво погіршують умови для зростання висаджених культур – через нехарактерну для лісових екосистем зміну лісової деревної рослинності трав'яною (польовою, луговою, рудеральною) внаслідок суцільних рубок (така зміна не характерна для лісових екосистем, яким притаманні лісозміни, а не зміни деревних формацій



Рис. 2. Етіологія та патогенез масового всихання деревостанів лісотвірних видів

- трав'яними), зменшення родючості верхніх шарів дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтів унаслідок застосування часткового обробітку борознами (через видалення з борозни гумусового шару або його перемішування з метою, щоб не росли бур'яни);
- ігнорування посіву насіння як максимального наближеного до природи лісу способу відтворення дібров, сосняків, бучин, ялиників і не завжди обґрунтоване використання для їх створення садивного матеріалу із травмованою кореневою системою, насамперед це стосується видів із стрижневим коренем (дуба звичайного та інших);
 - неякісне висаджування сіянців на постійне місце – недотримання необхідної глибини садження і неприродне трансформування кореневої системи (сплюснення, загинання коренів тощо);
 - використання для лісовідновлення та лісорозведення нерайонованого насіння або вирощеного із нього садивного матеріалу (ним закладено значну частину таких, що всихають, культур ялини звичайної у Карпатах, особливо на Закарпатті);
 - ігнорування особливостей генезису корінних деревостанів (порушення закону послідовності проходження фаз розвитку лісових екосистем і характерного для них алгоритму зміни видів) – закладання на ділянках без ознак лісових біоценозів (на староорних землях) не насаджень із порід-піонерів (берези повислої, вільхи, верби тощо), які краще за інших відтворюють лісове середовище, а культур сосни звичайної, ялини звичайної, яким за законами природи притаманне їх передування;
 - незабезпечення домінантної ролі головних порід із перших етапів розвитку лісових ценозів через їхню низьку початкову густоту у культурах або природному поновленні та формування внаслідок цього непритаманного за складом і структурою середовища (порушення принципу адекватності – єдності лісу і середовища);
 - формування одновікових насаджень головних порід, корінними типами лісу яких є різновікові деревостани (характерними прикладами є лісостани ялини звичайної, бука лісового та ін.);
 - значно менший, ніж у природних лісостанів, генетичний потенціал штучно відтворених лісових ценозів (використання насіння, зібраного з окремих дерев, вибірка найкращих екземплярів у процесі проведення доглядових рубань тощо);
 - суттєве зменшення біологічного (на видовому і ценотичному рівнях) різноманіття відтворюваних лісових ценозів, порівняно з притаманним корінним лісостанам;
 - високе рекреаційне навантаження, заготівля сіна та випасання худоби, які призводять до погіршення водно-фізичних властивостей ґрунту тощо.
- Підтвердженням зазначеного є переважання серед сосняків, що всихають, насаджень віком 61–80 років (Chudak, 2018), які було закладено у повоєнні роки у процесі виконання масштабних планів лісорозведення, під час яких щорічно створювали нові ліси на площі понад 120 тис. га (табл.).
- Вказані вище та подібні обставини ослаблення і фактори ризику зумовлюють втрату імунітету та ослаблення окремих дерев або лісових

ценозів у межах норми їхньої життєдіяльності. Якщо немає негативного впливу етіофакторів (першопричин) на такі дерева (деревоостани), їхня дія упродовж тривалого часу або усього періоду розвитку ценозу нічим аномальним не проявляється і не призводить до суттєвого погіршення його стану та всихання. Тому вкрай важливою є точна ідентифікація етіофактора як провідної ланки у ланцюгу процесу масового відмирання дерев, недопущення, усунення або зменшення впливу якої може суттєво знизити шкодочинність цього явища.

Першопричинами (етіофакторами) масового всихання окремих дерев або насаджень, ослаблених обставинами ризику зі зниженням імунітетом і меншою біологічною стійкістю, можуть бути абіотичні, біотичні та антропогенні чинники, наслідком дії яких є початок патологічного процесу, який перетворюється на хворобу,

що охоплює організм деревних рослин і порушує його життєдіяльність, зумовлюючи при цьому різні типи всихання та відмирання дерев. Серед абіотичних, які частіше за інші виступають у ролі етіофакторів масового всихання ослаблених дерев, за нашими даними, є такі:

- тривалі (сумарно понад 45 днів), нехарактерні для регіону весняні та ранньолітні посухи, упродовж двох і більше років поспіль;
- різке падіння або підняття рівня ґрунтових вод унаслідок різних причин;
- тривалі морози та аномально низькі температури упродовж росту і відносного спокою деревних рослин;
- коливання сонячної активності та ін.

Значно рідше першопричинами масового відмирання дерев лісотвірних порід є біотичні та антропогенні фактори. До перших належать масо-

Обсяги лісорозведення в Україні за період з 1949 до 2018 рр.

№ пор.	Період, роки	Тривалість періоду, років	Обсяги лісорозведення, тис. га	У середньому за рік, тис. га
1	1949–1953	5	608,1	121,62
2	1954–1959	6	225,1	37,52
3	1960–1964	5	199,6	39,92
4	1964–1969	5	209,6	41,92
5	1970–1974	5	286,6	57,32
6	1975–1979	5	188,1	37,62
7	1980–1984	5	108,6	21,72
8	1985–1989	5	103,7	20,74
9	1990–1994	5	77,9	15,58
10	1995–1999	5	49,1	9,82
11	2000–2004	5	46,3	9,26
12	2005–2009	5	109,3	21,8
13	2010–2013	4	76,9	19,1*
14	2016–2018	3	6,2	2,1
Всього		–	2294,3	33,7

ві, винятково інтенсивні пошкодження дерев первинними ентомологічними шкідниками.

Серед антропогенних факторів масового всихання дерев головними є різкі несприятливі зміни зовнішнього середовища та умов місцезростання, зумовлені фаховими помилками у процесі лісогосподарської діяльності, які призводять до порушення гомеостатичних зв'язків між окремими компонентами лісових біогеоценозів (надмірне зрідження різними рубками, несвоєчасне проведення агротехнічних і лісівничих доглядів тощо), та високим рекреаційним навантаженням (знищення підстилки, живого надґрунтового покриву, ущільнення ґрунту тощо).

При цьому необхідно зазначити, що перелічені вище першопричини призводять до всихання, передусім, ослаблених дерев і насаджень, натомість життєдіяльність здорових за станом особин, що зростають поряд, унаслідок їхньої дії не зазнає суттєвих змін. Зокрема, під час масового всихання дібров зеленої зони м. Києва наприкінці 1970-х рр. через різке падіння рівня ґрунтових вод і нехарактерні тривалі ранньовесняні та літні атмосферні посухи масово всихали дерева дуба без стрижневого кореня у насадженнях, створених саджанням сіянців, порослевих деревостанах і ділянках із близьким (до 60 см) заляганням до поверхні ґрунту ортзандового шару, тоді як у природних насінневих лісостанах і культурах, створених посівом жолудів, у яких переважали дерева з притаманним їм стрижневим коренем, масового відмирання деревних рослин не спостерігалось.

Специфічна роль у процесі масового всихання лісотвірних порід належить чинникам-каталізаторам, дія

яких навіть на ослаблені дерева, як правило, не спричиняє їх масового всихання. Вони тільки суттєво прискорюють патологічний процес, каталізуючи відмирання екземплярів, які всихають. До них належать:

- ураження збудниками (міко- і мікроорганізмами) систематичних і функціональних захворювань (трахеомікози, опеньок, коренева і соснова губки та ін.);
- пошкодження комплексом вторинних (переважно дереворуйнівних) ентомологічних організмів;
- послаблення і порушення гомеостатичних зв'язків між окремими компонентами лісового біогеоценозу внаслідок втрати значної частини лісових екосистемних ознак, особливостей і властивостей (через вибірку таких, що всихають, і сухостійних дерев, задерніння ґрунту, появи водяних пагонів тощо).

Комплекс антропогенних чинників (трансформація природного середовища, його забруднення, порушення правил створення насаджень) і вплив низки природних факторів на деревні рослини (шкідники, збудники хвороб, екстремальні погодні умови та ін.) знижують стійкість і порушують нормальну життєдіяльність рослин, особливо на перших етапах їх існування. Спочатку ослаблення рослин проявляється на фізіолого-біохімічному рівні, потім поширюється на ультраструктурний і клітинний рівні й лише після цього розвиваються видимі ознаки ослаблення – хлорози і некрози тканин листа, зменшення їхніх розмірів і передчасне опадання, гальмування росту рослин, всихання гілок і пагонів.

У цьому контексті, з урахуванням глобального потепління клімату, на особливу увагу заслуговують такі заходи з підвищення біологічної

стійкості майбутніх лісів на етапі їх відтворення:

- збільшення частки насінневого природного поновлення у загальних обсягах відтворення лісів, передусім у зонах з успішним і задовільним природним лісовідновленням і на ділянках із високим лісівничим потенціалом;
- використання насіння, зібраного з природних насаджень, що зростають у більш південних регіонах або на ділянках сухіших типів лісу. Про доцільність такого заходу свідчить кращий ріст і стан у посушливі роки південних кліматичних в еколого-графічних культурах сосни звичайної ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»;
- збільшення частки культур більшості лісотвірних видів (особливо дуба звичайного), створених посівом насіння у загальних обсягах штучно відтворених лісів;
- зменшення площі культур, закладених садивним матеріалом із травмованою кореневою системою за рахунок науково-обґрунтованого застосування сіянців із закритою кореневою системою;
- збільшення частки оздоровленого садивного матеріалу з травмованою у процесі вирощування кореневою системою в загальних обсягах створення культур сіянцями із відкритою кореневою системою.

Висновки і перспективи. Розуміння та використання викладених вище положень щодо етіології та особливостей патогенезу масового всихання дерев і насаджень лісотвірних порід дають змогу превентивно застосовувати науково обґрунтовані лісогосподарські заходи, які унеможливають перелічені вище обставини ослаблення та ризику, і, тим самим,

запобігти прояву та шкодочинній дії першопричин, що допоможе мінімізувати негативні наслідки патогенезу та зменшити можливі ресурсні, екологічні й соціальні втрати.

Список літератури

- Allen, C. D., et al. (2009). A Global Overview of Drought and Heat-induced Tree Mortality Reveals Emerging Climate Change Risks For Forests. *Forest Ecology and Management*, 259, 660–684. <https://doi:10.1016/j.foreco.2009.09.001>.
- Chudak, V. V. (2018). Information on the sanitary condition of forest plantations in Ukraine. Retrieved from <http://lvivli-sozahyst.co.ua/informatsiya-pro-sanitarnyj-stan-lisovyh-nasadzhen-v-ukrayini/> [in Ukrainian].
- Holovianko, Z. S. (1949). Causes of drying of pine plantations. *Kyiv: AN USSR* [in Russian].
- Holubets, M. A. (2005). Introduction to geosociosystemology. *Lviv: Polli* [in Ukrainian].
- Hurskyi, A. V. (1955). Methods for assessing the state of tree plantations and the forecast of their growth and durability. *Bulletin of the Main Botanical Garden*, 21, 16–24 [in Russian].
- Kalnoi, P. G., & Maurer, V. M. (1978). To the question of the causes of drying of the dumble in the green zone of Kiev. *Forest journal*, 5, 4 [in Russian].
- Krahl-Urban, B., Papke, H. E., & Peters, K. (1988). Forest Decline: Cause-Effect Research in the United States of North America and Federal Republic of Germany. Germany: Assessment Group for Biology, Ecology and Energy of the Julich Nuclear Research Center.
- Maurer, V. M., & Kaidyk, O. U. (2016). Eco-adaptive reproduction of forests. *Kyiv: NUBiP Ukraine* [in Ukrainian].
- Maurer, V. M., & Pinchuk, A. P. (2015). Ways to improve the viability of forest crops at the stage of their creation. The thesis of the conference, 100–101 [in Ukrainian].

- Maurer, V. M., & Pinchuk, A. P. (2018). On the issue of reason and preventing the phenomenon of mass drying trees and forest stands. The thesis of the conference, 18–19 [in Ukrainian].
- Maurer, V. M., & Pinchuk, A. P. (2014). Ways to improve and increase the stability developed forest plantation. Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine, 198, 102–108 [in Ukrainian].
- Maurer, V. M. (1980). Improving the biological and environmental sustainability of pedunculate oak plantations in the green zone of Kiev by silvicultural methods. (PhD dissertation). Kyiv, 26 [in Russian].
- Maurer, V. M., & Kolodii, U. O. (2005). Forest renewal on the basis of ecologically oriented forestry as a basis for biological sustainability of forests. Science Bulletin of NAU, 83, 52–58 [in Ukrainian].
- Morozov, G. F. (1962). About silvicultural foundations. Moscow: Goslesbumyzdat [in Russian].
- Morozov, G. F. (1931). The doctrine of the forest. Moscow: Selkhoziz [in Russian].
- SE "Bilotserkivsky forestry". (2018). Study of the problem of drying pine forests on the example of plantings of SE "Bilotserkivsky forestry". Retrieved from <http://www.bilotserkvalis.com.ua/news/46-%D0> [in Ukrainian].
- Shynkarenko, I. B. (1968). Some causes of blunting and drying of young pine trees in Izyum. Forestry and agromelioration, 14, 20–26 [in Russian].
- State Forest Resources Agency of Ukraine. (2018a). Biological fire: the area of drying trees is almost 400 thousand hectares. Retrieved from http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=194269&cat_id=32888 [in Ukrainian].
- State Forest Resources Agency of Ukraine. (2018b). Desertification of forests is a national problem. Retrieved from http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=194520&cat_id=32888 [in Ukrainian].
- State Forest Resources Agency of Ukraine. (2018c). Scientists: in autumn, the strongest cycle of mass drying will take place in the autumn. Retrieved from http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=194520&cat_id=32888 [in Ukrainian].
- Voropanov, P. V. (1973). Evaluation of mother trees. Briansk [in Russian].

V. M. Maurer, A. P. Pinchuk (2019). Ukrainian forests degradation: current state, mass drying reasons and ways of its prevention. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3):41-52. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.041>.

The current significant deterioration of the sanitary state and the degradation of Ukraine's forests is conditioned by massive dieback of trees and stands of pine and other forest species in conditions of global warming. It is urgent to carry out organizational measures and works to improve the biological stability of future forest ecosystems during the whole process of their cultivation, starting from the moment of their natural or artificial regeneration.

Trees and stands dieback was observed earlier in the 19 and 20 centuries, but in most cases it occurred at the regional level. However, since 1970 in many countries dieback has been observed on large areas. In such a case different reasons are called as trees and stands dieback factors: climate change, groundwater reduction, pests and pathogens harmful activity etc.

Goal of research – based on literature data and own research results to establish and substantiate etiology and pathogenesis of massive dieback of trees and forest-forming species stands, in particular, pine stands, and to propose strategy and tactics for preventing this negative natural phenomenon.

During program tasks implementation a number of scientific papers, where various aspects of massive dieback of trees and stands were highlighted, have been analyzed. Basic theoretical positions and practical recommendations outlined in the article are based on the results of our own research on oak stands dieback in Kyiv green zone in the 1980s and current pine dieback in Polissya.

The research has allowed us to offer our own concept on this negative natural phenomenon etiology and pathogenesis. All the highlighted drying factors according to peculiarities, activity sequence and their specific meaning were combined into three groups: 1. Weakening circumstances and risk factors for disease. 2. Etiofactors or dieback origin. 3. Trees and stands dieback catalysts. Generalization and studying all factors take into account global warming. This has allowed proposing measures to improve the biological sustainability of future forests at the stage of their regeneration.

Understanding and using the abovementioned statements on etiology and pathogenesis of trees and stands of forest-forming species mass dieback will allow to preventively apply scientifically based silvicultural measures that exclude the above mentioned weakening and risk circumstances and, thereby, to prevent the prime cause of the harmful effects. This will allow minimizing negative consequences of pathogenesis and reduce possible resource, environmental and social losses.

Keywords: massive dieback, stand, etiology, pathogenesis, etiofactors.

Отримано: 25.02.2019 р.

MEADOWS OF THE NORTHERN LEFT-BANK FOREST-STEPPE: THE CLASS PHRAGMITO-MAGNOCARICETEA (UKRAINE)

A. P. Tertyshnyi, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
orcid.org/0000-0002-5649-0323

B. Ye. Yakubenko, Doctor of Biological Science, Professor,
orcid.org/0000-0002-1308-5723

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
E-mail: tertyshnyy@ukr.net

This paper reviews the classification scheme of riparian vegetation (the class Phragmito-Magnocaricetea) of the northern Left-Bank Forest-Steppe. The physical geography peculiarities of the region are described. The northern part of the study area shares a border with Polissya. The eastern part borders on the western spurs of the Central Russian Upland. In the western part the flat relief of the study area contains marshes. Meadows are mainly in the floodplains of the Uday, Oster, Romen, Sula, Seim rivers. In the study area the following associations are identified: Caricetum vesicariae Br.-Bl. et Denis 1926, Glycerietum fluitantis Wilzek 1935, Carici acutae-Glycerietum maximae (Jilek et Valisek 1964) Shelyag, V. Sl. et Sipaylova 1985, Poetum palustris Resmerita et Ratiu 1974, Beckmannietum eruciformis R. Jovanovic 1958. These associations depend on the alliances Caricion gracilis Neuhäusl 1959 em. Balátová-Tuláčkova 1963, Sparganio-Glycerion fluitantis Br.-Bl. et Siss. in Boer 1942, Poion palustris Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985 and on the orders Magnocaricetalia Pignatti 1953, Nasturtio-Glycerietalia Pignatti 1953 em. Kopecký 1961 in Kopecký et Hejný 1965, Galio palustre-Poetalia palustris V.Sl. 1996. The floristic diversity of the class comprises 66 genera, 26 families, 104 species (100 %). Equisetophyta includes two species (1,92 %), Magnoliopsida – 60 species (57,69 %), Liliopsida – 42 species (40,39 %). The class contains 22 syntaxa: three orders, three alliances, five associations, two subassociations, nine variants. The diversity of taxa and syntaxa of the class Phragmito-Magnocaricetea depends on the wide diversity of habitats.

Keywords: grassland communities, syntaxonomy, species.

Introduction. The study area is similar to the northern left-bank geobotanical district of the Forest-steppe province (Didux & Shelyag-Sosonko, 2003), and covers about 5930 km² (180 km from north to south and 70 km from west to east). According to the physical geogra-

phy zoning of Ukraine the study area is located in the northern Near-Dnieper elevation of Forest-steppe zone (Marynych et al., 2003). Upland relief of the western part contains marshes and swamp saucer (Dmytriyeva, 1969), the eastern part borders on the western spurs of the Central

Russian Upland. These peculiarities are caused by the influence of glacier and glacier-water flows (Grymalo, 1970).

Meadows of the study area cover narrow strips of the territory. Particularly these are the floodplains of the Uday, Oster, Romen, Sula, Seim rivers. According to our evaluation the natural and the semi-natural vegetation occupy about 181 thousand hectares (3,1 %) of the study area. Meadows cover about 53 thousand hectares of the region (0,9 %), forests – 119 (2 %), marches – 9 (0,2 %). Meadows had been sporadically researched earlier. The ecological conditions, geographical peculiarities and geobotanical description of the Left-Bank Forest Steppe vegetation were researched by Mrinskii (1971). The location of the flood plain meadows in the transverse and longitudinal profiles of the Seim river and their zonal specificity were investigated by Afanasyev (1976). The meadows of the southern districts of the Chernihiv region were studied by Mulyarchuk (1961, 1970). Solomakha (1982) described meadows of the Vorskla river basin. The vegetation of the Desna-Oster interfluvium in the Chernihiv region was researched by Lukash in 1999. In Ukraine the mesic grassland vegetation (phytosociological class *Molinio-Arrhenatheretea*) was studied by Kuzemko (2012, 2016). The structure of the *Molinio-Arrhenatheretea* class was created for the the northern left-bank geobotanical district (Tertyshnyi, 2006). Nowadays it is important to identify the syntaxa of the meadow vegetation and its peculiarities.

The research object of our investigation is the meadow vegetation of the northern Left-Bank Forest-Steppe.

The aim is to create the syntaxonomical scheme of the *Phragmito-Magnocaricetea* class for better understanding of the flora peculiarities.

Materials and methods of research.

Latin names of species are given according to Sergei L. Mosyakin and Mykola M. Fedoronchuk (Mosyakin & Fedoronchuk, 1999). Field flora and geobotanical study (2002–2018 years) is provided by traditional methods (Field geobotany, 1959, 1976; Rabotnov, 1987; Ramenskii, 1937; Viktorov et al., 1959; Yunatov, 1964). The area of plots for meadow vegetation constitutes 4–100 square metres. During research it was collected 863 relevés, which were processed using standard methodic of phytocenotic tables transformation (Kosman et al., 1991; Sirenko, 1996). For higher syntaxa it is used Mucina et al. (2016) and Solomaha et al. (2017) to compare our results with a comprehensive, hierarchical, syntaxonomic system of alliances, orders and classes of Braun-Blanquet syntaxonomy for vascular plants.

Results and discussion. On the base of own field researches (2002–2018 years) and literature sources (Gomlya, 2005; Goncharenko, 2003; Karpenko & Kovtun, 1996; Mulyarchuk, 1970; Potulnyczkyj, 1972) it is reviewed the main types of vegetation. As a result it is formed the syntaxonomical scheme of the class *Phragmito-Magnocaricetea*.

Syntaxonomical scheme of the class Phragmito-Magnocaricetea Klika in Klika et Novák 1941 of the northern Left-Bank Forest-Steppe

Magnocaricetalia Pignatti 1953

Caricion gracilis Neuhäusl 1959
em. Balátová-Tuláčkova 1963

Caricetum vesicariae Br.-Bl. et Denis 1926

C.v. caricetosum acutae subass.

C.v. typicum Br.-Bl. et Denis 1926

Nasturtio-Glycerietalia Pignatti 1953 em. Kopecký 1961 in Kopecký et Hejný 1965

Sparganio-Glycerion fluitantis Br.-Bl. et Siss. in Boer 1942

Glycerietum fluitantis Wilzek 1935
G.f. var. *Poa palustris*
G.f. var. *Agrostis stolonifera*
Carici acutae-Glycerietum maximae
 (Jilek et Valisek 1964) Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985

C.a.-G.m. var. *Carex vesicaria*
C.a.-G.m. var. *Agrostis stolonifera*
Galio palustre-Poetalia palustris
 V.Sl. 1996

Poion palustris Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985

Poetum palustris Resmerita et Ratiu 1974

P.p. var. *Ptarmica vulgaris*
P.p. var. *Agrostis capillaris*
P.p. var. *Beckmannia eruciformis*
Beckmannietum eruciformis R. Jovanovic 1958

B.e. var. *Carex vulpina*

B.e. var. *typicum*

The characteristic of syntaxa. The class **Phragmito-Magnocaricetea** comprises highly wetted habitats with communities of shallow water vegetation, bank of ponds, herbaceous marshlands, wet and marshland meadows (Yurkevich et al., 1975; Balátová-Tuláčková, 1965; Balátová-Tuláčková, 1983; Balátová-Tuláčková, 1985; Baryła, 1970; Ellenberg, 1952; Fagaszewicz, 1963).

In the study area the flora diversity of the class **Phragmito-Magnocaricetea** contains 104 species: *Achillea submillefolium* Klokov et Krytzka, *Acorus calamus* L., *Agrostis canina* L., *A. capillaris* L., *A. stolonifera* L., *Alisma lanceolatum* With., *A. plantago-aquatica* L., *Allium angulosum* L., *Alopecurus aequalis* Sobol., *A. geniculatus* L., *A. pratensis* L., *Althaea officinalis* L., *Anchusa officinalis* L., *Beckmannia eruciformis* (L.) Host, *Bidens cernua* L., *B. tripartita* L., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Butomus umbellatus* L., *Calamagrostis canescens* (Weber) Roth,

Calla palustris L., *Caltha palustris* L., *Carex acuta* L., *C. cespitosa* L., *C. disticha* Huds., *C. hirta* L., *C. nigra* (L.) Reichard, *C. rostrata* Stokes, *C. vesicaria* L., *C. vulpina* L., *Centaurea jacea* L., *Cichorium intybus* L., *Cicuta virosa* L., *Coccyganthe flos-cuculi* (L.) Fourr., *Dactylorhiza majalis* (Rchb.) P.F.Hunt & Summerhayes, *Deschampsia cespitosa* (L.) P.Beauv., *Echinochloa crusgalli* (L.) P.Beauv., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Elytrigia repens* (L.) Roem. et Schult., *Equisetum palustre* L., *E. pratense* L., *Eryngium planum* L., *Festuca pratensis* Huds., *Filipendula denudata* (J.Presl & C.Presl) Fritsch, *F. ulmaria* (L.) Maxim., *Galium boreale* L., *G. palustre* L., *Geranium palustre* L., *G. pratense* L., *Glechoma hederacea* L., *Glyceria fluitans* (L.) R. Br., *G. maxima* (C. Hartm.) Holmberg., *Gratiola officinalis* L., *Hierochloë repens* (Host) Beauv., *Inula britannica* L., *Iris pseudacorus* L., *I. sibirica* L., *Juncus articulatus* L., *J. atratus* Krock., *J. inflexus* L., *Lathyrus palustris* L., *Leersia oryzoides* (L.) Sw., *Lycopus europaeus* L., *L. exaltatus* L. f., *Lysimachia nummularia* L., *L. vulgaris* L., *Lythrum salicaria* L., *L. virgatum* L., *Mentha aquatica* L., *M. arvensis* L., *Myosotis scorpioides* L., *Naumburgia thyrsiflora* (L.) Rchb., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch., *Phleum pratense* L., *Plantago lanceolata* L., *P. major* L., *Poa palustris* L., *Potentilla anserina* L., *P. erecta* (L.) Rausch., *Ptarmica salicifolia* (Besser) Serg., *P. vulgaris* Blackw. ex DC., *Pulicaria vulgaris* Gaertn., *Ranunculus acris* L., *R. flammula* L., *R. repens* L., *Rumex acetosa* L., *R. confertus* Willd., *R. crispus* L., *R. hydrolapathum* Huds., *R. thyrsiflorus* Fingerh., *Scutellaria galericulata* L., *S. hastifolia* L., *Sium latifolium* L., *Stachys palustris* L., *Stel-*

laria graminea L., *S. palustris* Retz., *Symphytum officinale* L., *Taraxacum officinale* Wigg., *Thalictrum lucidum* L., *Trifolium fragiferum* L., *T. repens* L., *Valeriana officinalis* L., *Veronica longifolia* L., *Vicia cracca* L., 66 genera: *Achillea* L., *Acorus* L., *Agrostis* L., *Alisma* L., *Allium* L., *Alopecurus* L., *Althaea* L., *Anchusa* L., *Beckmannia* Host, *Bidens* L., *Bolboschoenus* (Asch.) Palla, *Butomus* L., *Calamagrostis* Adans., *Calla* L., *Caltha* L., *Carex* L., *Centaurea* L., *Cichorium* L., *Erodium* L'Her., *Coccyganthe* (Rchb.) Rchb., *Dactylorhiza* Neck. ex Nevski, *Deschampsia* P.Beauv., *Echinochloa* P.Beauv., *Eleocharis* R. Br., *Elytrigia* Desv., *Equisetum* L., *Eryngium* L., *Festuca* L., *Filipendula* Mill., *Galium* L., *Geranium* L., *Glechoma* L., *Glyceria* R. Br., *Gratiola* L., *Hierochloë* R. Br., *Inula* L., *Iris* L., *Juncus* L., *Lathyrus* L., *Leersia* Sw., *Lycopus* L., *Lysimachia* L., *Lythrum* L., *Mentha* L., *Myosotis* L., *Naumburgia* Moench, *Phalacrolooma* Cass., *Phleum* L., *Plantago* L., *Poa* L., *Potentilla* L., *Ptarmica* Mill., *Pulicaria* Gaertn., *Ranunculus* L., *Rumex* L., *Scutellaria* L., *Sium* L., *Stachys* L., *Stellaria* L., *Symphytum* L., *Taraxacum* Weber, *Thalictrum* L., *Trifolium* L., *Valeriana* L., *Veronica* L., *Vicia* L. and 26 families: **Apiaceae** Lindl., **Araceae** Juss., **Asphodelaceae** Juss., **Asteraceae** Dumort., **Boraginaceae** Juss., **Butomaceae** Rich., **Caryophyllaceae** Juss., *Coccyganthe* (Rchb.) Rchb., **Cyperaceae** Juss., **Equisetaceae** Rich. ex DC., **Fabaceae** Lindl., **Geraniaceae** Juss., **Juncaceae** Juss., **Lamiaceae** Lindl., **Lythraceae** J.St.-Hil., **Plantaginaceae** Juss., **Poaceae** Barnhart., **Polygonaceae** Juss., **Ranunculaceae** Juss., **Rosaceae** Juss., **Rubiaceae** Juss., **Scrophulariaceae** Juss., **Tiliaceae** Juss., **Valerianaceae** Batsch, **Verbenaceae** J. St.-Hil.

The diagnostic species of the class are *Alisma plantago-aquatica*, *Alopecurus pratensis*, *Carex nigra*, *Coccyganthe flos-cuculi*, *Eleocharis palustris*, *Galium palustre*, *Geranium palustre*, *Glyceria maxima*, *Iris pseudacorus*, *Juncus atratus*, *Lycopus europaeus*, *Rumex hydrolapathum*, *Sium latifolium*, *Stachys palustris*. This class contains three orders: **Magnocaricetalia**, **Nasturtio-Glycerietalia** and **Galio palustre-Poetalia palustris**.

The order **Magnocaricetalia** comprises communities of the tall sedges on the herbaceous eutrophic marshlands and the floodplain marshy meadows of rivers (Balátová-Tuláčková, 1963; Balátová-Tuláčková, 1978; Balátová-Tuláčková, 1974; Balátová-Tuláčková, 1977; Blažková, 1973; Miljan, 1933; Špáníková, 1971).

The diagnostic species are *Agrostis canina*, *Carex vesicaria*, *C. vulpina*, *Cicuta virosa*, *Equisetum palustre*, *Lysimachia nummularia*, *Mentha aquatica*, *Myosotis scorpioides*, *Naumburgia thyrsoiflora*, *Rumex crispus*, *Stellaria palustris*, *Symphytum officinale*. In the study area, the order comprises one alliance.

The order **Caricion gracilis** contains communities of sedge marshlands and marshy meadows on the near-terrace depressions of floodplains and in the banks of ponds. The diagnostic species are *Carex acuta*, *C. cespitosa*, *C. vesicaria*, *Lysimachia nummularia*, *Mentha aquatica*, *Peucedanum palustre*. The order contains one association.

The association **Caricetum vesicariae** is formed by communities of the near-terrace and central parts of floodplains, periphery of marshes and floodplain reservoirs with silt marsh gley soils. Communities of the association were also found on the western part of the study area near the headwaters of

the Uday and Oster rivers. The diagnostic species is *Carex vesicaria*. This association includes two subassociations found in Belorussia in the territory of Berezin's biosphere reservation (Stepanovich et al., 2005).

Communities of the subassociation **C.v. caricetosum acutae** spread in the banks and riparian shallow water of the floodplain reservoirs. The diagnostic species are *Carex acuta*, *C. cespitosa*, *Glyceria maxima*, *Phalaroides arundinacea*. The total cover is 90–100 %. The cover of *Carex vesicaria* is 5–65 %, *C. acuta* – 5–25 %. The number of species in relevés is 21–27.

The subassociation **C.v. typicum** includes communities of the flooded plots of the central and near-terrace parts of the floodplains. The diagnostic species is *Carex vesicaria*. The total cover is 90–95 %. The cover of *Carex vesicaria* is 15–45 %. The number of species in relevés is 15–29.

The order **Nasturtio-Glycerietalia** includes communities of the tall hygrophilous gramineous plants spread on the banks of the floodplain reservoir, in the relief depressions of the central and near-terrace parts of the floodplains and in the periphery of marshes (Kucharski, 1999; Tüxen, 1937; Vicherek, 1958; Vicherek et al., 1969).

The diagnostic species are *Butomus umbellatus*, *Glyceria fluitans*, *Phalaroides arundinacea*, *Ptarmica salicifolia*. The order comprises two alliances.

The alliance **Sparganio-Glycerion** includes phytocoenoses of the shallow water and meadow-marshland vegetation in the flat depressions of floodplains with silt gley marsh soils. The diagnostic species are *Alismaplan-tago-aquatica*, *Alopecurus aequalis*, *Glyceria fluitans*, *G. maxima*. The alliance comprises two associations.

The association **Glycerietum fluitantis** comprises communities spread in the relief depressions of floodplains with meadow-marsh and sod-gley soils. Communities of the association are mainly found in the western part of the study area near the headwaters of the Oster and Romen rivers. The diagnostic species is *Glyceria fluitans*. The association contains two variants.

The communities of the variant **G.f. var. Poa palustris** are located in the flat relief of the near-terrace depressions of floodplains with meadow-marsh soils. The diagnostic species is *Poa palustris*. The total cover is 80–95 %. The cover of *Glyceria fluitans* is 5–45 %, *Poa palustris* – 5–25 %. The number of species in relevés is 19–22.

Communities of the variant **G.f. var. Agrostis stolonifera** are spread in the flat areas of slightly increased near-terrace depressions of floodplains with sod-gley soils. The diagnostic species is *Agrostis stolonifera*. The total cover is 85–95 %. The cover of *Glyceria fluitans* is 15–65 %, *Agrostis stolonifera* – 5–25 %. The number of species in relevés is 17–25.

The association **Cariciacutae-Glycerietum maximae** comprises communities spread in the flat relief depressions with meadow-marsh and sod-gley loam soils. Communities of the association are mainly found in the western part of the study area near the headwaters of the Oster and Romen rivers. The diagnostic species are *Carex acuta*, *Glyceria maxima*. The association comprises two variants.

The variant **C.a.-G.m. var. Carex vesicaria** contains communities spread in near-terrace depressions of river floodplains with meadow-marsh soils. The diagnostic species is *Carex vesicaria*. The total cover is 95–100 %. The cover of *Carex acuta* is 15–45 %, *Carex vesicaria* – 5–25 %.

Glyceria maxima – 15–45 %, *Carex vesicaria* – 5–15 %. The number of species in relevés is 12–16.

The variant **C.a.-G.m. var. *Agrostis stolonifera*** includes communities spread in the slightly deep depressions of floodplains with sod-gley loam soils. The diagnostic species is *Agrostis stolonifera*. The total cover is 95–100 %. The cover of *Carex acuta* is 5 %, *Glyceria maxima* – 15–45 %, *Agrostis stolonifera* – 5–15 %. The number of species in relevés is 10–17.

The order ***Galio palustre-Poetalia palustris*** comprises the small graminaceous plants of the meadows with sod-gley loam soils. The diagnostic species are *Agrostis stolonifera*, *Gratiola officinalis*. This order comprises one alliance.

The alliance ***Poion palustris*** contains communities spread in the flat relief depressions of the wet meadows of the central and near-terrace depressions of floodplains with sod gley loam soils. The diagnostic species of the alliance coincide with the same ones for the order. In the study area two associations of the alliance ***Poion palustris*** are found.

The association ***Poetum palustris*** comprises communities spread in the near-terrace and the central parts floodplains with meadow-marshy and meadow-loam soils. They are mainly located in the eastern part of the study area between outflows of the Romen river and the town of Konotop. The diagnostic species is *Poa palustris*.

Communities of the variant **P.p.var. *Ptarmica vulgaris*** are mainly found in the near-terrace part of floodplains with meadow-marsh soils. The diagnostic species is *Ptarmica vulgaris*. The total cover is 90 %. Cover of *Poa palustris* is 5–45 %, *Ptarmica vulgaris* – 15–35 %. The number of species in relevés is 16–18.

The variant **P.p. var. *Agrostis capillaris*** comprises communities of the central part of floodplains with meadow gley soils. The diagnostic species is *Agrostis capillaris*. The total cover is 95 %. The cover of *Poa palustris* is 25–45 %, *Agrostis capillaris* – 15 %. The number of species in relevés is 15–17.

The variant **P.p.var. *Beckmannia eruciformis*** comprises communities of the flat relief depressions of floodplains with meadow-marsh soils. The diagnostic species is *Beckmannia eruciformis*. The total cover is 90–95 %. The cover of *Poa palustris* is 15–25 %, *Beckmannia eruciformis* – 15–25 %. The number of species in relevés is 15–21.

Communities of the association ***Beckmannietum eruciformis*** are located in the excessively wet depressions of meadow plots with low salinity, sod-gley and silt-gley soils. They are mainly spread on the eastern part of the study area between the outflows of the Romen river and the town of Konotop. The diagnostic species is *Beckmannia eruciformis*.

The variant **B.e. var. *Carex vulpina*** contains communities with the total cover of 90–100 %, the cover of *Beckmannia eruciformis* is 45–65 %, *Carex vulpina* – 15–25 %. The diagnostic species are *Carex acuta*, *C. nigra*, *C. vulpina*. The number of species in relevés is 18–27.

The variant **B.e. var. *typicum*** includes communities with the total cover of 90–95 %, the cover of *Beckmannia eruciformis* is 45–65 %. The diagnostic species is *Beckmannia eruciformis*. The number of species in relevés is 19–24.

Conclusions and opportunities. The floristic diversity of the class Phragmito-Magnocaricetea comprises 66 genera, 26 families, 104 species (100 %). Equisetophyta includes two species (1,92 %), Magnoliopsida – 60 species (57,69 %), Liliopsida – 42 species (40,39 %). The

class contains 22 syntaxa: three orders, three alliances, five associations, two subassociations, nine variants. The diversity of taxa and syntaxa of the class Phragmito-Magnocaricetea depends on the wide diversity of habitats.

References

- Afanasyev, D. Ya. (1976). Zone specification and location of of zone meadows on the Longitudinal profile of the Seim river. *Ukrainian Botany Journal*, 33 (1), 58–63 [in Ukrainian].
- Balátová-Tuláčková, E. (1963). Abhängigkeit einiger Magnocaricetalia- und Molinieta-lia-Gesellschaften vom Pufferungsvermögen ihrer Böden. *Biológia*, 18, 713–729.
- Balátová-Tuláčková, E. (1978). Die Nass- und Feuchtwiesen Nordwest-Böhmens mit besonderer Berücksichtigung der Magnocaricetalia-Gesellschaften. *Rozp. Čes. Akad. VĚD*, 88 (3), 1–113.
- Balátová-Tuláčková, E. (1965). Die Sumpf- und Wiesenpflanzengesellschaften der Mineralböden südlich des Zábřek bei Hlučín. *Vegetatio*, 13, (1), 1–51.
- Balátová-Tuláčková, E. (1991). Feuchtwiesen des Brdy-Berglandes und seiner Randgebiete (Mittelböhmen). *Folia geobotanica et phytotaxonomica*, 26, (1), 1–79.
- Balátová-Tuláčková, E. (1983). Feuchtwiesen des Landschaftsschutzgebietes Jizerské hory. I. *Folia geobotanica et phytotaxonomica*, 19, (1), 1–112.
- Balátová-Tuláčková, E. (1985). Feuchtwiesen des Landschaftsschutzgebietes Kokořinsko (Mittelböhmen). *Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft*, 5, 217–231.
- Balátová-Tuláčková, E. (1974). Mokrý a vlhký louky v širším okolí Třebíče. *Acta Soc.Sci.natur.Mus.Morav.occid. Třebíč*, 9, 7–18.
- Balátová-Tuláčková, E. (1981). Phytozoologické und synökologické Charakteristik der Feuchtwiesen NW-Böhmens. *Rozprawy Československé Akad. Véd*, 91, 3–90.
- Balátová-Tuláčková, E., Zelená, V., & Tesařová, M. (1977). Synökologické Charakteristik einiger wichtiger Wiesentypen des Naturschutzgebietes "Žďárské vrchy". *Rozpravy ČSAV*, 87 (5), 115.
- Baryla, R. (1970). Zbioroviska roślinne w dolinie rzeki Giełczwi i Radomki. *Annales UMCS. Sect. E*, 25, 167–186.
- Blažková, D. (1973). Pflanzensociologische Studie über die Wiesen der Südböhmischen Becken. *Studie ČSAV*, 10, 170
- Didukh, Ya. P., & Shelyag-Sosonko, Yu. R. (2003). Geobotanical zoning of Ukraine and bordering territories. *Ukrainian Botany Journal*, 60 (1), 6–17 [in Ukrainian].
- Dmytriyeva, V. I. (1969). The soils of Chernihiv region. Publisher Urozhaj, Kyiv [in Ukrainian].
- Ellenberg, H. (1952). Wiesen und Weiden und ihre standörtliche Bewertung. *Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie*. II. Publisher Ulmer, Stuttgart.
- Fagasiewicz, L. (1963). Łąki doliny Pilicy na odcinku od Przedborza do Ujścia. *Pr.Wydz. 3 ŁTN*, 89.
- Field geobotany. (1959). Academy of Science of USSR Publishing House, Moscow–Leningrad: Volume I [in Russian].
- Field geobotany. (1976). Academy of Science of USSR Publishing House, Moscow–Leningrad: Volume V [in Russian].
- Gomlyá, L. M. (2005). Vegetation of the Horol river valley. *Ukrainian fitocoenology collection, series A, issue 1 (22)*, Publisher Fitosociocentre, Kyiv [in Ukrainian].
- Goncharenko, I. V. (2003). Analysis of plant cover of north-east Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian fitocoenology collection, series A, issue 1 (19)*. Publisher Fitosociocentre, Kyiv [in Ukrainian].
- Grymalo, O. F. (1970). The soils of Sumy region. Publisher Prapor, Kharkiv [in Ukrainian].
- Karpenko, K. K., & Kovtun, V. A. (1996). Vegetation of Sumy region and its modern condition and problems of preservations. *Condition of natural environment and problems*

- of its preservation on Sumy region. Book 1, 33–59 [in Ukrainian].
- Kosman, E. G., Sirenko, I. P., Solomakha, V. A. & Shelyag-Sosonko, Y. R. (1991). New computer method of processing of the plant community relevés. *Ukrainian Botany Journal*, 48, (2), 98–104 [in Ukrainian].
- Kucharski, L. (1999). Szata roślinna łąk Polski Środkowej i jej zmiany w XX stuleciu. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Kuzemko, A. A. (2016). Classification of the class Molinio-Arrhenatheretea in the forest and forest-steppe zones of Ukraine. *Phytocoenologia*, 46 (3), 241–256.
- Kuzemko, A. A. (2012). *Ukrainian Grasslands Database*. *Biodiversity & Ecology*, 4, 430.
- Lukash, O. V. (1999). The vegetation, floristic and sosology peculiarities of the Desna-Oster interfluvium: M.G. Kholodny Institute of Botany of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv [in Ukrainian].
- Marynych, O. M., Parxomenko, G. O., Petrenko, O. M., & Tyshchenko, P. G. (2003). Improved scheme of physico-geographical zoning of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 16–20 [in Ukrainian].
- Miljan, A. (1933). Vegetationsuntersuchungen an Naturwiesen und Seen im Otepääschen Moränen-Gebiete Estlands. *Acta Commen-t. Univ.Tartu (Dorpat)*, 25, Tartu.
- Mirkin, B. M., Kononov, K. E., Gogoleva, P. A., Burtseva, E. I., & Naumova, L. G. (1992). The floodplain grasslands of the Middle Lena-river. I. General characteristic and ordination. *Folia Geobot. Phytotax.*, 27 (3), 225–245.
- Mirkin, B. M., Kononov, K. E., Gogoleva, P. A., Burtseva, E. I., & Naumova, L. G. (1992). The floodplain grasslands of the Middle Lena-river. II. Classification. *Folia Geobot. Phytotax.*, 27 (3), 247–300.
- Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist, Kyiv.
- Mrinskii, O. P. (1971). Botanical and geographical essay of Left Forest Steppe of Ukraine: M.G. Kholodny Institute of Botany of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv [in Russian].
- Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J.-P., Dengler, J., Čarni, A., Šumberová, K., Raus, T., Di Pietro, R., (...) & Tichý, L. (2016). Vegetation of Europe: Hierarchical floristic classification system of plant, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19 (1).
- Mulyarchuk, S. O. (1961). Lowlands saline meadows of Ghernigiv region. *Ukrainian Botany Journal*, 28 (4), 81–90 [in Ukrainian].
- Mulyarchuk, S. O. (1970). Vegetation of Chernihiv region. Publisher High school, Kyiv [in Ukrainian].
- Potulnyczkyj, P. M. (1972). Field workshop on botany. Publisher High school, Kyiv [in Ukrainian].
- Rabotnov, T. A. (1987). Experimental phytocenology. MSU Publishing House, Moscow [in Russian].
- Ramenskii, L. G. (1937). An inventory and a catalogue of vegetation on the base of cover method. Publisher the Lenin National Academy for Agriculture Sciences, Moscow [in Russian].
- Sirenko, I. P. (1996). Creation of Databases for Floristic and Phytocoenologic Researches. *Ukrainian phytocoenology collection*, series A, issue 1, 9–11.
- Solomakha, V. A. (1984). Meadow vegetation changes of Voskly's floodplain. *Ukrainian Botany Journal*, 41 (3), 23–28 [in Ukrainian].
- Solomakha, V. A. (1982). Meadow vegetation of Voskly's floodplain and ways of its enhancing productivity: M.M.Gryshko National botanical garden NAS of Ukraine, Kyiv [in Russian].
- Solomakha, I. V., Shevchyk, V. L., & Solomakha, V. A. (2017). Review of the higher vegetation units and diagnostic species of Ukraine according to the Braun-Blanquet approach. Publisher Phytosociocenter, Kyiv [in Ukrainian].
- Špániková, A. (1971). Fytocenologická štúdiá lúk juhozápadnej časti Košickej kotliny. *Biol. Práce*, 17 (2).

- Stepanovich, I. M., Ivkovich, E. N., Stepanovich, E. F., & Avtushko, S. A. (2005). Herbal communities of the Berezinsky Biosphere Reserve: structure, productivity, state [in Russian].
- Tertyshnyi, A. P. (2006). Syntaxonomical scheme of the class Molinio-Arrhenatheretea R.Tx. 1937 of the Northern Left-Bank geobotanical district of the Forest Steppe of Ukraine. Contemporary problems of botany, ecology and biotechnology. Materials of International Scientific Conference of young scientists-botanists. Publisher Phytosociocentre, Kyiv [in Ukrainian].
- Tüxen, R. (1937). Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt.Flor.-Soz.Arbeitsgem.Niedersachsen, 3.
- Vicherek, J. (1958). Rostlinná společenstva rašelinných luk u Vidnavy. Přírod. Sborn. Ostrav. Kraje, 19 (2).
- Vicherek, J., & Koráb, J. (1969). Über die Pflanzengesellschaften der Niedermoor- und Wiesenvegetation in der Umgebung von Svitavy und Moravská Třebová. Preslia. 41, 273–283.
- Viktorov, S. V., Vostokova, E. A., & Vyshivkin, D. D. (1959). Short manual to geobotanical work. Publishing House MSU, Moscow [in Russian].
- Yunatov, A. A. (1964). The types and content of geobotanical studies. Selection of sample plots and environmental profiles. Field geobotany. Publisher Science, Moscow–Leningrad: Volume 3, 9–36 [in Russian].
- Yurkevich, I. D., Burtys, N. A., & Shcherbach, S. R. (1975). Associations of herbal marshes of upstream floodplain of the Berezyna river, 4, 79–105 [in Russian].

А. П. Тертишний, Б. Є. Якубенко (2019). Луки північної частини лівобережного Лісостепу України: клас *Phragmito-Magnocaricetea*.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3):53-61.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.053>.

У статті наведено класифікаційну схему прибережно-водної рослинності (Клас *Phragmito-Magnocaricetea*) північної частини лівобережного Лісостепу України. Подано фізико-географічні особливості вказаного регіону. Східна частина території досліджень межує на півночі з західними відрогами Середньоросійської височини. На рівнинному рельєфі західної частини регіону трапляються болота. Луки збереглися переважно в заплавах річок Удай, Остер, Ромен, Сула, Сейм.

На території регіону виявлені такі асоціації класу *Phragmito-Magnocaricetea*: *Caricetum vesicariae* Br.-Bl. et Denis 1926, *Glycerietum fluitantis* Wilzek 1935, *Carici acutae-Glycerietum maximae* (Jilek et Valisek 1964) Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985, *Poetum palustris Resmerita et Ratiu* 1974, *Beckmannietum eruciformis* R. Jovanovic 1958. Вказані асоціації входять до наступних союзів: *Caricion gracilis Neuhausl* 1959 em. Balátová-Tuláčkova 1963, *Sparganio-Glycerion fluitantis* Br.-Bl. et Siss. in Boer 1942, *Poion palustris* Shelyag, V.Sl. et Sipaylova 1985 and on the orders – *Magnocaricetalia Pignatti* 1953, *Nasturtio-Glycerietalia Pignatti* 1953 em. Kopecký 1961 in Kopecký et Hejný 1965, *Galio palustre-Poetalia palustris* V.Sl. 1996. Флористичну різноманітність класу *Phragmito-Magnocaricetea* формує 104 види, 66 родів, 26 родин. *Equisetophyta* містить два види (1,92 %), *Magnoliopsida* – 60 видів (57,69 %), *Liliopsida* – 42 види (40,39 %). До класу входить 22 синтаксони: три порядки, три союзи, п'ять асоціацій, дві субасоціації та дев'ять варіантів. Таксономічна та синтаксономічна різноманітність класу *Phragmito-Magnocaricetea* залежить від різноманітності природних оселищ.

Ключові слова: рослинні угруповання, синтаксономія, види рослин.

Отримано: 26.03.2019 р.

ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ ІЗ ПІДНАМЕТОВИМИ КУЛЬТУРАМИ ДУБА ЧЕРВОНОГО

В. Ю. Юхновський, доктор сільськогосподарських наук, професор,
orcid.org/0000-0003-3182-4347

В. О. Рибак, доктор сільськогосподарських наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України

О. В. Рибак, кандидат сільськогосподарських наук
Державне агентство лісових ресурсів України
E-mail: yukhnov@ukr.net

Пріоритетним завданням лісівничої науки і лісокультурної практики є дослідження впливу інтродукованих видів деревних рослин на ріст, підвищення продуктивності та якості соснових насаджень. Тому метою наукового дослідження стало виявлення особливостей росту й динаміки продуктивності соснових насаджень зі штучними насадженнями дуба червоного, створеними у минулому столітті у Боярській лісовій дослідній станції. Визначено лісівничо-таксаційні показники соснових насаджень зі штучними насадженнями дуба червоного. Піднаметовий ярус представлений дубом червоним, який у деяких випадках сягає висоти першого ярусу. Соснові деревостани високої продуктивності зростають за Іа, Іб класами бонітету. У результаті моделювання динаміки середніх висот, діаметрів, суми площ поперечного перерізу та запасу встановлено, що ріст соснових насаджень у висоту описується степеневим рівнянням із високим значенням коефіцієнта достовірності апроксимації $R^2 = 0,914$. Аналіз динаміки росту у висоту соснових насаджень із піднаметовими культурами дуба червоного засвідчив, що вони відрізняються від росту соснових культур. Велика зрідженість дослідних деревостанів у молодому віці призводить до уповільнення їхнього росту у висоту, на відміну від соснових культур. У віці 60 років показники висот вирівнюються і у віці стиглості насадження з піднаметовими культурами переважають ріст у висоту соснових культур на 4,4 %. У віці стиглості різниця у діаметрах соснових насаджень із піднаметовими культурами і лісових культур Іа бонітету становить 6,7 %. Особливості росту соснових насаджень із піднаметовими культурами позначаються і на фактичній продуктивності соснових деревостанів. Продуктивність соснових насаджень із дубом червоним, починаючи із середньовікової групи, стабільно підвищується і до віку стиглості набуває значення Іб класу бонітету.

Ключові слова. склад, бонітет, динаміка висот, повнота, запас, моделювання.

Актуальність і аналіз останніх досліджень. В умовах екологізації та інтенсифікації лісогосподарського виробництва особливу увагу приділяють пошукам методів підвищення біологічної стійкості, продуктивності та якості лісів, розробленню ефективних технологій відтворення лісоресурсного потенціалу.

Найпоширенішою лісоутворювальною породою Полісся є сосна звичайна. Підвищення продуктивності штучних сосняків пов'язане із застосуванням низки лісокультурних і лісівничих методів. Дієвим заходом збереження біорізноманіття, підвищення продуктивності соснових деревостанів є формування мішаних насаджень введенням піднаметових культур як аборигенних, так і інтродукованих листяних видів.

Проблематику вирощування соснових насаджень із піднаметовими культурами досліджували багато вчених (Onyskiv, 1979; Chmyr & Onyskiv, 1986; Hrinchenko & Rybak, 2000; Onyskiv et al, 2000; Hordienko & Hordienko, 2005; Tsilyurik et al., 2010). Однак немає даних щодо впливу дуба червоного на ріст і продуктивність сосни звичайної упродовж усього циклу вирощування – від введення дуба червоного під намет соснового деревостану до його суцільної рубки. Тому дослідження впливу інтродукованих видів деревних рослин на ріст, підвищення продуктивності та якості соснових насаджень є пріоритетним завданням лісівничої науки і лісокультурної практики.

Дослідженню біологічної продуктивності соснових насаджень присвячено роботи Miakushko (1978, 1989), Yurkevych & Yaroshevych (1976), Lakyda (2002), Savych & Storchynskyi (1987). Продуктивність соснових насаджень із піднаметовими культурами різних порід вивчали Chmyr & Onyskiv (1986), Rybak (2001), Rybak & Rybak (2015). Продук-

тивність соснових насаджень із піднаметовими культурами дуба червоного досліджено фрагментарно й лише за окремими таксаційними показниками.

Мета дослідження: визначити лісівничо-таксаційні показники соснових насаджень зі штучними насадженнями дуба червоного, встановити особливості їхнього росту і динаміку продуктивності.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктами досліджень слугували різновікові соснові деревостани, як чисті за складом і прості за формою, так і мішані двоярусні насадження з піднаметовими культурами на 16 постійних пробних площах (ППП), закладених у Боярському, Дзвінківському та Жорнівському лісництвах ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція». Умови місцезростання – свіжі субори та судіброви. Таксаційну характеристику PPP наведено в табл. 1.

Усі пробні площі закладено у лісорослинних умовах свіжого субору (ППП № 1–8, 11–14) і свіжої судіброви (ППП № 9, 15, 16). Насадження, в основному, чисті за складом, частка дуба червоного не перевищує 20 % (ППП № 1, 4). Соснові насадження представлені різними віковими групами: молодняки (ППП № 15, 16), середньовікові (ППП № 9–14), пристигаючі (ППП № 1, 4–8) і стиглі (ППП № 2 і 3).

Соснові деревостани високої продуктивності зростають за I^a, I^b класами бонітету. Усі насадження високоповнотні, за винятком PPP № 16 і 12, які характеризуються відповідно повнотою 0,64 і 0,69. Піднаметовий ярус представлений дубом червоним, який у деяких випадках досягає висоти першого ярусу (ППП № 8, 11).

Ріст і продуктивність деревних видів рослин верхнього ярусу вивчали відповідно до загальноприйнятої у лісовій таксації методики Anuchin (1982). Опрацювання і

1. Таксаційна характеристика соснових насаджень із піднаметовими культурами за даними постійних пробних площ

Но- мер ППП	Склад	Порода	Вік, років	Середні		Бонітет	Кількість стовбурів, шт. га-1	Пов- нога	Запас, м³. га-1
1	I яр - 10Сз	Сз	78	28,3	27,6	Ia	530	0,67	432
	II яр - 10Дчр	Дчр	33	16,1	21,3	Ia	660	0,28	83
2	10Сз	Сз	81	31,8	31,1	Ib	300	0,47	332
3	10Сз	Сз	85	35,2	32,4	Ib	429	0,75	601
	10Дчр	Дчр	40	10,7	19,3	I	960	0,29	87
4	10Сз	Сз	80	33,6	31,6	Ib	418	0,69	521
	10Дчр	Дчр	40	10,2	16,7	I	1407	0,36	104
5	10Сз+Дчр	Сз	78	35,4	30,4	Ia	487	0,94	636
6	10Сз	Сз	71	33,1	31,5	Ib	458	0,75	608
	10Дчр	Дчр	36	8,3	13,5	II	1638	0,46	66
7	10Сз	Сз	72	31,9	30,0	Ib	493	0,73	565
	10Дчр+Лп	Дчр	36	7,2	12,2	II	819	0,18	23
8	10Сз+Дчр	Сз	80	35,6	32,0	Ib	353	0,64	499
9	10Сз	Сз	39	22,7	23,3	Ic	833	0,70	361
	10Дчр	Дчр	39	9,9	13,8	II	426	0,11	24
10	10Сз	Сз	39	24,1	23,1	Ic	635	0,60	307
	10Дчр	Дчр	39	10,3	13,9	II	356	0,10	22
11	10Сз	Сз	45	21,8	25,3	Ic	616	0,48	268
	10Дчр	Дчр	45	18,3	22,3	Ib	365	0,30	109
12	10Сз	Сз	45	22,7	24,8	Ic	616	0,52	284
	10Дчр	Дчр	45	16,6	17,5	I	262	0,18	51
13	10Сз	Сз	45	20,9	22,8	Ic	1064	0,76	393
	10Дчр	Дчр	45	12,7	15,9	II	216	0,09	23
14	10Сз	Сз	45	23,2	25,3	Ib	977	0,86	478
15	10Сз+Дчр	Сз	23	14,8	13,3	Ia	1743	0,92	209
16	10Сз+Дчр	Сз	25	16,7	14,3	Ib	1075	0,64	178

аналіз експериментальних даних проведено із застосуванням математико-статистичних методів, а виявлення особливостей росту – методом математичного моделювання (Nikitin & Shvidenko, 1987).

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті моделювання динаміки середніх висот, діа-

метрів, суми площ поперечного перерізу та запасу від віку, які визначено графічним і аналітичним методами за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel, одержано відповідні моделі, подано у табл. 2.

Динаміку росту соснових насаджень з піднаметовими культурами у

2. Моделі росту сосни звичайної у насадженнях із дубом червоним

Таксаційний показник	Модель	Коефіцієнт достовірності апроксимації
Середня висота, м	$y=0,9169 x^{0,8064}$ (1)	0,914
Середній діаметр, см	$y=2,387 x^{0,5963}$ (2)	0,929
Сума площ перерізу, м ² ·га ⁻¹	$y=-0,0029 x^2+0,4898 x + 16,38$ (3)	0,654
Запас стовбурів, м ³ ·га ⁻¹	$y=-0,0787 x^2+18,90 x - 258,6$ (4)	0,922

висоту наведено на рис. 1 та описано степеневим рівнянням (1) із високим значенням коефіцієнта достовірності апроксимації $R^2 = 0,914$.

Зіставлення одержаних результатів росту у висоту соснових насаджень із піднаметовими культурами дуба червоного із ростом повних штучних соснових деревостанів Київського Полісся і Лісостепу України (дані Ю. М. Сави́ча) і ходу росту штучних деревостанів сосни Полісся України, розроблених П. І. Лакидою і А. А. Строчинським (Normative, 1987), наведено у табл. 3.

Аналізуючи динаміку росту у висоту соснових насаджень із піднаметовими культурами дуба червоного, зазначимо, що вони відрізняються від росту соснових культур Київського Полісся. Велика зрідженість дослідних деревостанів у молодому віці призводить до уповільнення їхнього росту у висоту, на відміну від соснових культур. Різниця між показниками середньої висоти у молодому віці сягає – 2,1 %, у середньовікових насадженнях – 2,7 %. У віці 60 років показники висот вирівнюються і у віці стиглості насадження

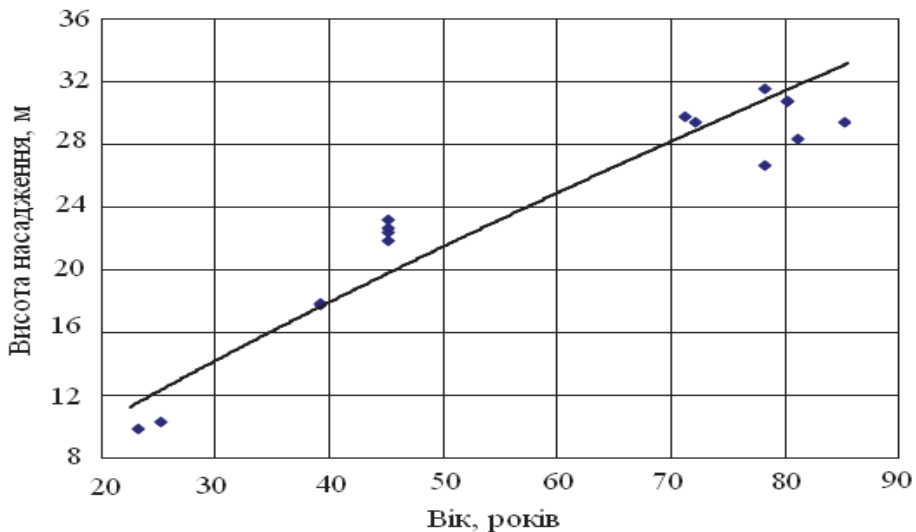


Рис. 1. Динаміка висоти соснових насаджень із піднаметовими культурами дуба червоного

3. Динаміка середньої висоти соснових насаджень, за даними різних авторів, м

Вид насадження	Вік насадження, роки					
	30	40	50	60	70	80
Соснові деревостани з дубом червоним (дані досліджень)	14,2	18,0	21,5	24,9	28,2	31,4
Штучні соснові насадження Київського Полісся Іа класу бонітету	14,5	18,7	22,1	24,9	27,0	—
Штучні соснові насадження Полісся України Іа класу бонітету	14,7	18,9	22,3	25,0	27,2	29,0
Відхилення від культур Київського Полісся, %	-2,1	-3,8	-2,7	0	4,4	—
Відхилення від лісових культур Полісся України, %	-3,4	-4,8	-3,6	-0,4	3,4	8,3

з піднаметовими культурами переважають ріст у висоту соснових культур Київського Полісся на 4,4 %.

Аналогічна ситуація простежується під час порівняння динаміки середньої висоти соснових насаджень із культурами дуба червоного і штучних соснових насаджень Полісся України. Проте у віці стиглості насадження з піднаметовими культурами переважають ріст у висоту соснових культур Полісся на 8,3 %.

Соснові насадження з піднаметовими культурами дуба червоного мають

70-річну історію, і тому є можливість вивчення процесів росту та продуктивності деревостанів на повному циклі їхнього розвитку. Перебіг фактичного росту сосни з піднаметовими культурами за діаметром має зовсім інший характер (рис. 2) й описується моделлю 2.

У молодняках він значно перевищує табличні показники Іа класу бонітету, а також діаметр соснових культур Київського Полісся (на 18,0 %), а з віком досліджувані сосняки дещо зменшують інтенсивність росту за діаметром. У віці

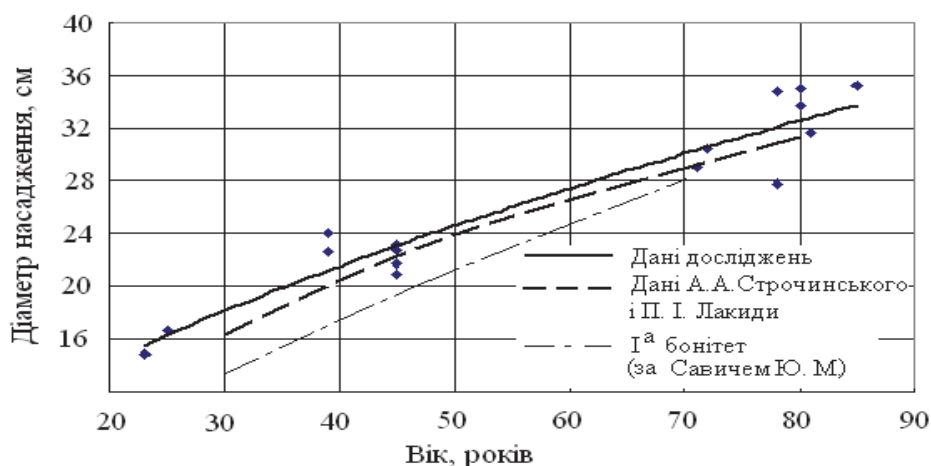


Рис. 2. Динаміка діаметра соснових насаджень в умовах свіжого субору

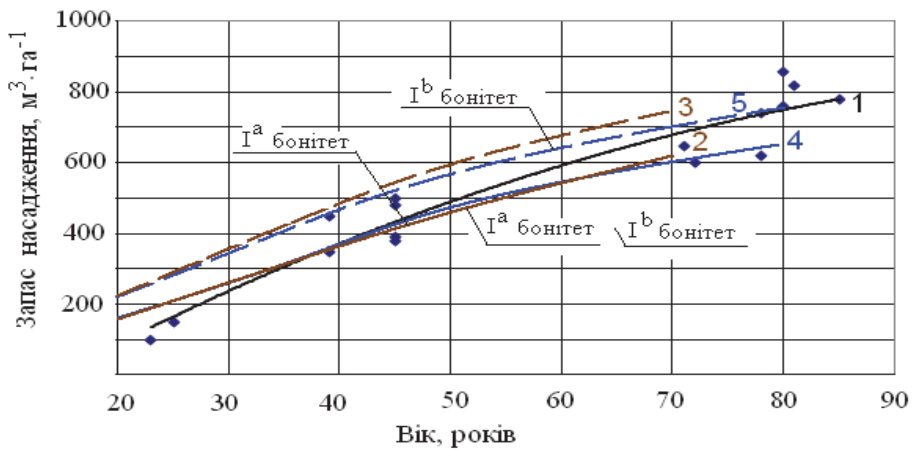


Рис. 3. Динаміка запасів соснових насаджень: 1 – насаджень з дубом червоним (дані досліджень); 2 і 3 – штучні деревостани Київського Полісся і Лісостепу, які зростають за I^a і I^b класами бонітету відповідно; 4 і 5 – культури Полісся України I^a і I^b класів бонітету

стиглості різниця у діаметрах соснових насаджень із піднаметовими культурами і лісових культур (I^a бонітету) становить 6,7 %. Це свідчить про сприятливі лісорослинні умови для зростання соснових насаджень із дубом червоним.

Динаміка росту соснових лісових культур Полісся України за діаметром близька до росту соснових насаджень із піднаметовими культурами й у V класі віку майже досягає величини діаметра 24,2 см, хоча у віці стиглості різниця між діаметрами цих насаджень збільшується.

Особливості росту соснових насаджень із піднаметовими культурами за висотою і діаметром позначаються і на фактичній продуктивності соснових деревостанів. Їхні запаси суттєво відрізняються від запасів повних штучних сосняків Київського Полісся і Лісостепу, встановлених Ю. М. Савичем (Normative, 1987). Зазначимо, що таблиці ходу росту Ю. М. Савича складені для культур сосни із початковою кількістю сіянців 10000 шт.·га⁻¹. На рис. 3 представ-

лено динаміку запасів досліджуваних насаджень за умов зміни продуктивності нормальних сосняків I^b і I^a класів бонітету, яка описується рівнянням полінома другого ступеня (модель 4).

Так, запас досліджуваних соснових деревостанів у віці 50 років становить 489 м³·га⁻¹, а соснових культур Полісся I^a і I^b класів бонітету відповідно 483 і 576 м³·га⁻¹. Отже, продуктивність соснових насаджень із піднаметовими культурами V класу віку, що зростають у лісорослинних умовах B₂, займає проміжне положення між аналогічними показниками штучних сосняків I^a і I^b класів бонітету. Продуктивність соснових насаджень із культурами дуба червоного, починаючи з середньовікової групи, стабільно підвищується і до віку стиглості набуває значення I^b класу бонітету.

Висновки і перспективи. Динаміка висоти соснових насаджень із піднаметовими культурами дуба червоного відрізняється від росту лісових культур сосни звичайної Київського Полісся та Полісся України. Велика зрідженість

дослідних деревостанів у молодому віці призводить до уповільнення їхнього росту у висоту на відміну від соснових культур. Різниця між показниками середньої висоти у молодому віці сягає 2,1 %, у середньовікових насадженнях – 2,7 %. У віці 60 років показники висот вирівнюються й у віці стиглості насадження з піднаметовими культурами переважають ріст у висоту соснових культур Київського Полісся та Українського Полісся на 4,4 і 8,3 % відповідно.

Динаміка росту за діаметром соснових насаджень із піднаметовими культурами у молодняках перевищує табличні показники I^a класу бонітету, а також діаметр соснових культур Київського Полісся (на 18,0 %). Із віком досліджувані сосняки дещо зменшують інтенсивність росту. У віці стиглості різниця у діаметрах соснових насаджень із піднаметовими культурами і лісових культур I^a бонітету становить 6,7 %. Ріст соснових культур Полісся України за діаметром близький до росту соснових насаджень із піднаметовими культурами й у V класі віку майже досягає величини діаметра 24,2 см, хоча у віці стиглості різниця між діаметрами цих насаджень збільшується.

Продуктивність соснових насаджень із піднаметовими культурами відрізняється від запасів повних штучних чистих сосняків. Запас досліджуваного соснового деревостану I^a класу бонітету у віці 50 років становить 489 м³·га⁻¹, а соснових культур Полісся I^a і I^b класів бонітету відповідно 483 і 576 м³·га⁻¹. Отже, продуктивність соснових насаджень із піднаметовими культурами V класу віку, що зростають у лісорослинних умовах В₂, займає проміжне положення між аналогічними показниками штучних сосняків I^a і I^b класів бонітету. Продуктивність соснового насадження з дубом чер-

воним, починаючи із середньовікової групи, стабільно підвищується і до віку стиглості набуває значення I^b класу бонітету, що свідчить про перспективність введення інтродукованих порід під намет соснового насадження.

Список літератури

- Anuchin, N. (1982). Forest measurement. Moscow: Forest industry, 552 [in Russian].
- Hordiienko, M., & Hordiienko, N. (2005). Forest properties of woody plants. Kyiv: Vistka, 816 [in Ukrainian].
- Hordiienko, M., Maurer, V., & Kovalevskyi, S. (2000). Methodological guidelines for the study and research of forest plantations. Kyiv: National agricultural university, 103 [in Ukrainian].
- Hrinchenko, V., & Rybak, V. (2000). Influence of understory deciduous hardwood plantations on biological stability and productivity of pine stands of Boyarka Forest Research Station. Proceedings of NAU, 27, 127–131 [in Ukrainian].
- Lakyda, P. (2002). Phytomass of forests of Ukraine. Ternopil: Zbruch, 256 [in Ukrainian].
- Miakushko, V. (1978). Pine forests of the plain part of the USSR. Kyiv: Nauka, 256 [in Russian].
- Miakushko, V., Volvych, F., & Pliuta, P. (1989). Ecology of pine forests. Kyiv: Urozhay, 248 [in Russian].
- Nikitin, K., & Shvidenko, A. (1978). Methods and techniques for processing forest information. Moscow: Forest industry, 272 [in Russian].
- Nikitin, K., Shvydenko, A. & Savych, Yu., eds. (1987). Normative reference materials for inventory of forests of Ukraine and Moldova. Kyiv: Urozhay, 558 [in Russian].
- Onyskiv, N. (1979). Creating plantations under the canopy of low productive stands. Moscow: Forest industry, 112 [in Russian].
- Onyskiv, N., Rybak, V., Fuchylo, Ya., & Sbytina, M. (2000). Increase productivity and biological sustainability of forest plantations. Proceedings of NAU, 25, 188–196 [in Ukrainian].

- Rybak, V. (2001). Influence of various understory deciduous species on the soil fertility in pine plantations. *Proceedings of the Institute of Agriculture of Ukrainian Academy of Agricultural Sciences*, 1–2, 30–45 [in Ukrainian].
- Rybak, V., & Rybak, O. (2015). Stability of pine forest stands with understory plantations of oak-red to root sponge. *Proceedings of NUBiP*, 216 (1), 85–91 [in Ukrainian].
- Tsilyurik, A., Rybak, V., Maksymchuk, N., & Rybak, O. (2010). Monitoring of living aboveground cover in fresh pine-oak sites of the Kyiv Polissia with understory artificial plantations of common and red oaks (*Quercus robur* L. and *Q. rubra* L.). *Scientific reports of NUBiP of Ukraine*, 1 (17). Retrieved from www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2010-1/10tavqrr.pdf [in Ukrainian].
- Chmyr, A., & Onyskiv, N. (1986). *Forest plantations under the canopy of a forest*. Leningrad: Leningrad Forest Academy, 55 [in Russian].
- Yurkevych, I., & Yaroshevych, E. (1976). *Biological productivity of types and associations of pine forests (on researches in the Belarus SSR)*. Minsk: Science and technology, 294 [in Russian].

V. Yu. Yukhnovskiy, V. O. Rybak, O. V. Rybak (2019). Features of growth and productivity of pine stands with understory admixture of red oak.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3):62-69.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.062>.

The priority task of forestry science and forest-cultural practice is to study the influence of introduced species of woody plants on growth, productivity and quality of pine stands. Therefore, the purpose of this scientific research was to identify the features of growth and productivity dynamics of pine stands with artificial red oak admixture, created in the last century at the Boyarka Forest Research Station.

All 16 sample plots were established in the fresh pine sites. Stands are mostly pure in composition, the proportion of red oak does not exceed 20 %. Pine stands are represented by different age groups: young, mid-aged, maturing and mature.

The biometric indices of pine stands with artificial red oak admixture, features of their growth and productivity dynamics have been determined. The understory is represented by red oak, which in some cases reaches the height of the main canopy. Highly productive pine stands are characterized by Ia, Ib site index classes. As a result of the modeling of the dynamics of mean heights, diameters, and basal area, it was established that height growth of pine stands is described by the power equation with a high value of determination coefficient: $R^2 = 0.914$. Analysis of the dynamics of height growth of the pine stands with red oak understory demonstrates the difference from the growth patterns of pure pine stands. The high thinning intensity of the researched stands at young age leads to a decrease of their height growth, as compared with other pine stands. At the age of 60 years, the heights become equal, and at the maturity age, stands with understory canopy dominate by height growth over pure pine stands by 4.4 %. At the age of maturity, the difference in the diameters between pine stands with understory canopy and pure pine stands of Ia site index class reaches 6.7 %. Peculiarities of growth of pine stands with understory canopy impose their imprint on the actual productivity of pine stands. The productivity of pine stands with red oak understory, starting at the mid-aged group, steadily rises and at the maturity age reaches the Ib site index class. This proves the viability of introduction of red oak under the canopy of pine stands.

Keywords: composition, site index class, height growth, density, growing stock, modeling.

Отримано: 11.03.2019 р.

УДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНІКИ ВИРОЩУВАННЯ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ ГОРІХА ЧОРНОГО (*Juglans nigra* L.) У ЛІСОВОМУ РОЗСАДНИКУ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «ЛИСЯНСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО»

П. П. Яворовський, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, orcid.org/0000-0001-8966-0344

П. Г. Дульнєв, кандидат хімічних наук

В. В. Мошенська, аспірантка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: p.p.iavorovskiy@nubip.edu.ua

Посилення антропогенного впливу на навколишнє природне середовище призводить у більшості випадків до деградації лісових екосистем, тому постає необхідність розвитку лісової науки в напрямі пошуку балансу між виконанням лісом екологічних функцій та отриманням економічного ефекту від насаджень. Велике значення з цього погляду мають інтродуценти, особливо якщо вони за своєю продуктивністю переважають аборигенні деревні види. Можливості різноманітного використання плодів і деревини горіха чорного, актуальність пошуку деревних видів, які стійкіші до негативного впливу, пов'язаного зі змінами клімату, питання підвищення рівня стійкості до шкідників і хвороб дає вченим поштовх до глибшого дослідження питань щодо можливостей вирощування горіха чорного у Правобережному Лісостепу України.

Ураховуючи попередній досвід вирощування горіха чорного в цьому регіоні та його перспективність, ми вирішили ґрунтовніше дослідити перший етап відновлення високопродуктивних насаджень, який полягає у створенні лісових культур.

Під час проведення досліджень були використані загальнонаукові та спеціальні методи досліджень. Дослідження передбачало кілька етапів, зокрема: вивчення досвіду вирощування горіха чорного, перевірку якості насіння, підбір ділянок за рекомендованими вченими-лісівниками умовами для цього виду, закладку пробних площ із використанням регуляторів росту рослин із визначенням ефективніших із них та виявлення оптимальних доз їхнього застосування.

Для дослідження впливу регуляторів росту рослин на ріст та розвиток деревних рослин горіха чорного ми використали препарати похідні N-окису піридину та їхні композиції з біологічним препаратом Екостим-1.

Ключові слова: *Juglans nigra*, лісові культури, вік, бонітет, тип лісорослинних умов.

Актуальність. Ліси виконують переважно водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні, оздоровчі, рекреаційні, естетичні, виховні та інші корисні функції, вони також є джерелом для задоволення потреб людського суспільства в лісових ресурсах. Важливою складовою лісівничої справи є збереження аборигенних деревних видів, пралісів у їхньому незмінному стані для майбутніх поколінь і забезпечення населення необхідною кількістю деревини та недеревними ресурсами лісу. Вирішення цих, на перший погляд, суперечливих питань можливе лише за комплексного підходу до відновлення лісових ресурсів. Звідси постає необхідність сформулювати деревостани, які б забезпечували можливість отримувати якісну деревину у коротші, порівняно, наприклад, із дубом звичайним, терміни. Таким видом може стати горіх чорний, оскільки термін його вирощування менший, ніж у дуба звичайного, водночас деревина горіха чорного високо цінується в меблевій промисловості. Високий рівень тіншовитривалості горіха чорного в перші роки життя дає змогу висаджувати його у піднаметові культури, що допоможе суттєво скоротити загальний термін його вирощування до віку стиглості.

Усе зазначене вище зумовлює необхідність проведення подальших досліджень, спрямованих на удосконалення технології вирощування горіха чорного в Правобережному Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Збереження лісів, їх раціональне використання – необхідна умова життєзабезпечення людства на планеті Земля. Щоб пізнати природу лісу й оволодіти методами його по-

стійного збереження, безперервного і невиснажливого лісокористування та лісовідновлення, необхідне постійне поновлення знань, вивчення вітчизняної і зарубіжної лісівничої літератури. Інтродукція горіха чорного з Північної Америки в Україну відбулася ще 1809 р. Рослини горіха чорного вперше були висаджені в акліматизаційному саду І. Н. Каразіна. Практика вирощування горіха чорного в умовах Правобережного Лісостепу України розпочалась з 1837 р. з дендропарку «Софіївка» Черкаської області.

Питаннями вирощування горіха чорного займалися вчені-лісівники, серед яких: Krotkevych (1954), Rikhter (1985), Shvidenko (2001), Delegan (1984), Badalov (1971), Bondar & Hordiienko (2001) та інші.

Ліси поєднують на певній території велику кількість різноманітних ресурсів, використання яких забезпечує отримання широкого асортименту лісової продукції. Зокрема, використання плодів горіха чорного дає можливість отримати прибуток ще до настання віку стиглості:

- отримання з горіхів дубильних і фарбувальних речовин (із мезокарпію плодів, зокрема, коричневої та чорної фарб, які застосовують у поліграфії);
- додавання горіхової шкарлупи під час виготовлення лінолеуму;
- отримання з плодів горіха чорного олії, яка має практичне застосування в медицині;
- використання плодів горіха чорного в харчовій промисловості;
- виготовлення у США з ядра горіха чорного сиропу для лимонаду (Krotkevych, 1954).

Мета: проведення досліджень, спрямованих на удосконалення агротехніки вирощування садивного мате-

ріалу горіха чорного із застосуванням регуляторів росту рослин і використання його для лісовідновлення у Правобережному Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. Під час проведення досліджень були використані загальнонаукові та спеціальні методи досліджень. До загальнонаукових належать аналіз і синтез, до спеціальних – біологічні, лісівничі та екологічні методи досліджень. Лабораторні, вегетаційні та польові дрібноділянкові дослідження були застосовані для виробничого випробування ефективності застосування біологічно-активних речовин.

Регулятори росту рослин – це природні або синтетичні низькомолекулярні речовини, які за малих концентрацій у рослинах суттєво змінюють процеси їхньої життєдіяльності. Вони містять збалансований комплекс фіторегуляторів, біологічно активних речовин, мікроелементів.

Для дослідження впливу регуляторів росту рослин на ріст і розвиток деревних рослин горіха чорного ми використали препарати похідні N-окису піридину та їхні композиції з біологічним препаратом Екоцим-1. Всі використані в процесі досліджень регулятори росту базуються на фітогормонах та проявляють ауксин-цитокініно-гіберлінову активність. Залежно від інтенсивності дії фітогормонів можна виділити декілька груп регуляторів росту. Група № 1 – це регулятори росту Д5С, Д11С, Д13С, Д14С, Д15С, Д16С, Д20С, Д21С, вони більшою мірою проявляють ауксин-цитокінінову активність.

До групи 2 належать ДСК6, ДСК7, ДСК8, ДГК3, ДГК6, ДГК10, Д68, ДГУР, вони характеризуються переважно гіберліновою активністю.

Ауксини – речовини, що утворюються в рослинах в дуже малих кіль-

костях і мають високу фізіологічну активність. Вони відіграють у житті рослин велику роль, впливаючи на процеси обміну речовин, що лежать в основі їхнього росту й розвитку. Ауксини нагромаджуються в ростучих частинах рослин і сприяють надходженню до них поживних речовин і води.

Гібереліни – клас речовин, подібних до органічних кислот, що належать до гормонів рослин (фітогормонів). Стимулюють ріст і розвиток рослин, сприяють процесу проростання насіння. За хімічною природою це дітерпенові поліциклічні кислоти, які належать до карбонових кислот.

Цитокініни беруть участь у багатьох фізіологічних процесах рослин, регулюють ділення клітин, морфогенез пагона і кореня, дозрівання хлоропластів, лінійний ріст клітини, утворення додаткових бруньок і перебіг старіння. Співвідношення ауксинів і цитокінінів є ключовим чинником поділу клітин і диференціювання тканин рослини.

Для формування високопродуктивного насадження в майбутньому необхідно правильно обрати термін висіву плодів горіха чорного (Yavorovskyi, 2017). Оскільки вони значно рідше пошкоджується шкідниками порівняно з жолудями дуба звичайного, ми здійснили осінній посів, перевагами якого є:

- вищий відсоток схожості, порівняно з весняним посівом;
- немає ризиків, пов'язаних із пізнім висівом у весняний період;
- зберігання плодів горіха чорного безпосередньо на площі посіву, що знижує витрати підприємства;
- зменшення навантаження на лісокультурну ланку підприємства під час виконання весняних польових робіт.

До негативних наслідків осіннього посіву горіха чорного слід віднести можливість його пошкодження критично низькими температурами. Проте за умов висіву горіхів на глибину 8–10 см вони не пошкоджуються морозами та не потребують додаткового захисту.

Правильний вибір ділянок під створення лісових культур горіха дає змогу забезпечити найсприятливіші для цього інтродуцента температурні умови, режим зволоження та підібрати бажаний рівень родючості ґрунту. Найкраще для цього підходять заплави річок, які можуть затоплюватися водою лише на короткий термін. На свіжих багатих поживними речовинами ґрунтах горіх чорний росте і розвивається інтенсивніше порівняно з дубом звичайним. В умовах свіжих та вологих дібров горіх чорний досягає віку 200–300 років. Водночас, сухі багаті, а також бідні на поживні речовини, змиті й засолені ґрунти для горіха чорного є несприятливими (Carpenter, 1975).

Дослідження проводили на базі лісового розсадника державного підприємства «Лисянське лісове господарство». Беручи до уваги рекомендації вчених-лісівників, які досліджували горіх чорний, було підібрано ділянки зі сприятливими умовами для його подальшого вирощування. У розсаднику закладено 16 дрібноділянкових дослідів шляхом осіннього висіву плодів горіха із використанням різних регуляторів росту рослин, а також контрольні посіви без застосування регуляторів росту рослин. Для виявлення впливу різних регуляторів росту рослин на ріст і розвиток садивного матеріалу горіха чорного, перед посівом плоди горіха замочували протягом 48 годин у водних розчинах регуляторів росту із

розрахунку 1 мл діючої речовини на 1 л води. По кожному варіанту було досліджено 30 рослин горіха чорного.

Діаметр рослин горіха чорного віком до 1 року вимірювали штангенциркулем біля кореневої шийки з точністю до 1 мм, висоту їхньої надземної частини визначали за допомогою мірної лінійки з точністю до 1 см.

Результати дослідження та їх обговорення. Вирощування високопродуктивних деревостанів горіха чорного вимагає від фахівців лісового господарства науково обґрунтованого підходу ще на етапі закладки лісових культур. За таких умов необхідно враховувати особливості вирощування цього деревного виду, що дасть змогу отримати високоякісні плоди та максимальний вихід ділової деревини на одиниці площі.

Перевірка якості насіння – підготовчий етап, без якого неможливе створення високопродуктивних насаджень. Дерев горіха чорного за умов вільного розміщення у віці 40 років продукують від 15 до 40 кг очищених від оплодня горіхів з одного дерева. Плоди дозрівають у першій половині жовтня, вони починають опадати разом із листками, проте значна їхня частина залишається на дереві, тому їх необхідно струшувати (Shvidenko, 2001).

М'ясистий оплодень горіха чорного є зеленим під час формування плодів, згодом він темнішає та підсихає. Тверда шкаралупа є внутрішнім шаром плоду – ендокарпієм. У середині ендокарпію є одна насінина без ендосперму, з двома зморшкуватими сім'ядолями, кожна з яких поділена на дві лопаті. У сім'ядолях накопичуються запасні поживні речовини. З мезокарпію горіхів отримують коричневу та чорну фарби, які застосовують у поліграфії (Krotkevych, 1954).



Рис. 1. Загальний вигляд плодів горіха чорного, підготовлених для визначення рівня їхньої доброякісності

Розподіл насаджень горіха чорного у Правобережному Лісостепу України показав, що його насадження, які придатні для збору насіння, займають площу 211,2 га. Визначення якості насіння щорічно здійснюють фахівці «Українського лісового селекційного центру», який видає «Посвідчення про кондиційність насіння». Для визначення посівних якостей горіхів, які були зібрані у державному підприємстві «Лисянське лісове господарство», ми керувались вимогами ГОСТу 13056.8 – 68.

Доброякісним вважали насіння горіха чорного, яке мало тугий зародок молочно-білого або кремового кольору. Доброякісність відібраних зразків становила 99 %. Загальний вигляд плодів горіха чорного, відібраного для проведення дослідів, наведено на рис. 1.

Визначення біометричних показників та рівня приживлюваності сіянців залежно від впливу на них різних регуляторів росту рослин проводили влітку (червень) та восени (жовтень) 2018 р. Рівень приживлюваності сіянців горіха чорного наведено на рис. 2.

Найкращі результати відсотка приживлюваності сіянців першого року вирощування в осінній період ми отримали при використанні регуляторів росту групи 1. У цій групі

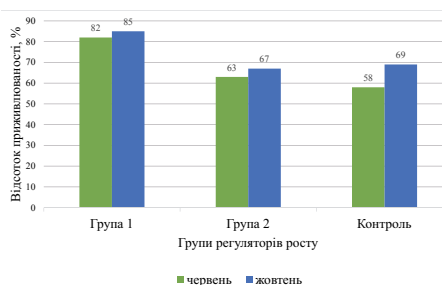


Рис. 2. Рівень приживлюваності сіянців горіха чорного залежно від впливу на посівний матеріал регуляторів росту рослин

відсоток приживлюваності варіювався від 73 до 93 % в червні та від 77 до 90 % у жовтні. На контрольній ділянці приживлюваність становить 69 %. Найгірші результати було отримано при замочуванні насіння регуляторами ДГК10, ДСК7 та ДСК8.

У наукових джерелах інші дослідники зауважували можливість сходів на 2–3 рік після висіву насіння горіха чорного. Результати дослідження показали, що сіянці горіха чорного можуть прорости протягом усього вегетаційного періоду. В деяких випадках спостерігалось зменшення кількості сіянців, оскільки вони загинули внаслідок різних причин, найчастіше через механічне пошкодження (варіанти, за яких були за-



А



Б

Рис. 3. Визначення висоти сіянців горіха чорного у літній (А) та осінній (Б) періоди

стосовані регулятори росту: ДГК10, Д16С, Д14С, Д11С).

Середню висоту рослин горіха чорного визначали влітку та восени. Спочатку вимірювали висоту кожної рослини горіха чорного, а потім знаходили середнє значення (рис. 3).

Отримані результати дрібноділянкових досліджень висоти сіянців горіха чорного у державному підприємстві «Лисянське лісове господарство», вирощених із застосуванням регуляторів росту та контрольної ділянки, наведено на рис. 4.

Порівнюючи висоту сіянців горіха чорного, визначену навесні та восени, слід підкреслити, що збільшення висоти сіянців горіха чорного відбувалося пропорційно, тобто найвищі рослини весняного періоду залишилися такими самими й у осінній період. В осінній період висоту більше ніж 90 см мали сіянці, які вирощені

із застосуванням таких регуляторів росту: Д5С, Д11С, Д13С, Д16С, Д20С, Д21С, ДГК6, ДГУР.

На контрольній ділянці висота рослин горіха чорного у весняний період становила 20 см, а в осінній – 76 см. У результаті дослідження два дрібноділянкові досліди показали результат гірший, ніж на контролі (ДСК7 та ДСК8). Слід зазначити, що ці ділянки мають також найнижчий відсоток приживлюваності.

Середній діаметр рослин горіха чорного на висоті кореневої шийки вимірювали восени штангенциркулем із точністю до 1 мм. Отримані результати наведено на рис. 5.

Що ж до визначення середнього діаметра рослин горіха чорного на висоті кореневої шийки, найкращі результати ми отримали, застосовувавши Д5С, проте значних коливань за цим показником немає.

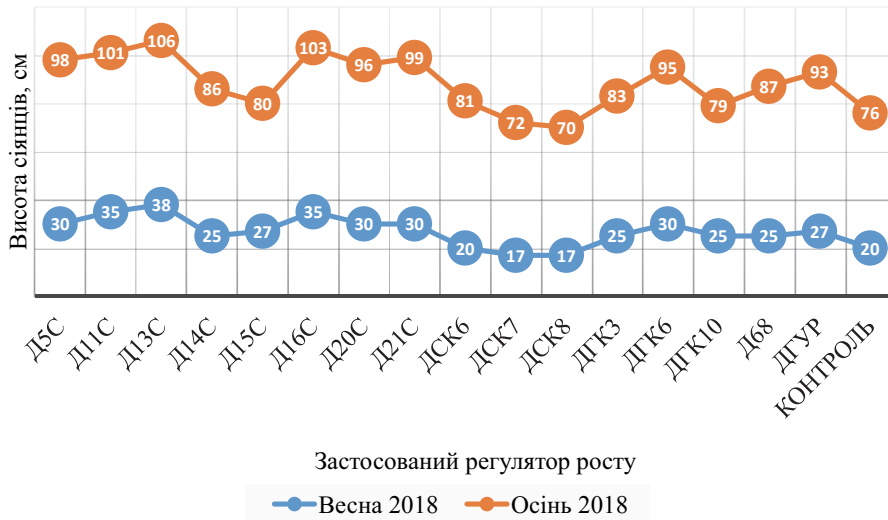


Рис. 4. Висота сіянців горіха чорного, визначена влітку та восени 2018 р.

Висновки і перспективи. Застосування новітніх технологій у лісокультурному виробництві дасть змогу в майбутньому забезпечити лісовідновлення без проведення доповнень або з мінімальним доповненням за рахунок садивного матеріалу горіха чорного, вирощеного із застосу-

ванням ефективних регуляторів росту рослин.

Насадження горіха чорного у Правобережному Лісостепу України продукують насіння, яке відповідає стандартам якості та може бути використане для подальшого розведення цього деревного виду.

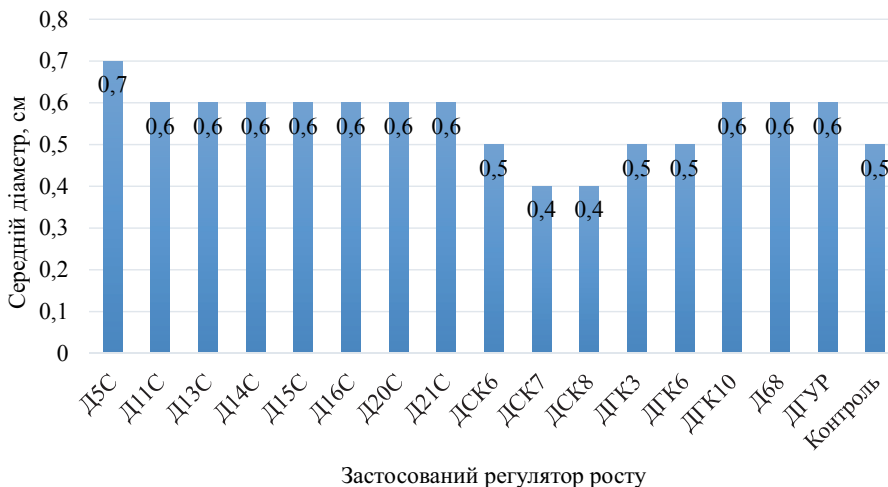


Рис. 5. Середній діаметр рослин горіха чорного на висоті кореневої шийки

Перевагу при створенні культур горіха чорного надають осінньому висіву на свіжих багатих поживними речовинами ґрунтах, за умови глибини загортання плодів горіха чорного на глибину 8–10 см.

Найвищі показники щодо рівня приживлюваності деревних рослин горіха чорного, за середньою висотою та середнім діаметром біля кореневої шийки, були отримані під час застосування регуляторів росту рослин: ДГК6, Д21С, Д14С, Д13С, Д11С та Д5С, які можна рекомендувати для передпосівної обробки плодів горіха чорного¹.

Регулятори росту рослин ДСК7 і ДСК8 не можна рекомендувати для передпосівної обробки плодів горіха чорного, оскільки вони негативно впливають на ріст і розвиток рослин горіха чорного.

Список літератури

Atrohin, V. G. (1971). Fundamentals of forestry and forestry taxation. Moscow [in Russian].

¹ У водних розчинах концентрацією 1 мл діючої речовини на 1 л води упродовж 48 год.

- Badalov, P. P. (1971). Introduction of nuts of genus *Juglans*. Forestry and agroforestry, 25, 47–52 [in Russian].
- Didukh, Y. P. (2009). Global climate change: what to do? Ekologic bulletin, 19, 23 [in Ukrainian].
- Bondar, A. O., & Hordienko, M. I. (2001). Invasive plants in oak forests of Polissya and Forest-steppe of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian].
- Morozov, G. F. (1922). Ecology of our forest species. Moscow [in Russian].
- Nesterov, V. G. (1961). Issues of modern forestry. Moscow [in Russian].
- Pogrebnyak, P. S. (1993). Forest ecology and typology of forests. Kyiv [in Ukrainian].
- Tkach, V. P., & Meshkova, V. L. (2008). Current problems of forest cover optimization of Ukraine. Forestry and agroforestry, 113, 8–15 [in Ukrainian].
- Shvidenko, A. Y., & Ostapenko, B. F. (2001). Forestry. Chernivtsi [in Ukrainian].
- Krotkevych, P. H. (1954). Culture of Walnuts. Kyiv [in Russian].
- Yavorovs'kyi, P. P. (2017). Black walnut (*Juglans nigra* L.) is a perspective looking introduct. Materials of the conference "Heals of the forest, ecosystem services and forest products for society", 105 [in Ukrainian].
- Carpenter, S. D. (1975). Rooting black walnut cuttings with Ethephon. Tree Planters notes, 3–29.

P. P. Yavorovskiy, P. H. Dulniev, V. V. Moshenska (2019). Cultivation techniques improvement of planting material of *Juglans nigra* L. in forest nursery of State Enterprise «Lisian Forestry Enterprise». UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3): 70-78. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.070>.

Anthropogenic impact on the environment leads in most cases to forest systems degradation; therefore there is a need for the forest science development towards a balance finding between forest's ecological functions and economic effect from stands. Introduced species are of great importance in this respect, especially if they are dominated by native tree species. Feasibility of diverse use of black walnut fruits and wood, the urgency of searching for tree species, which are resistant to negative impacts associated with climate change, the issue of increasing pests and diseases resistance encourages scientists to an in-depth study of the questions on the possibilities of black walnut cultivation in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Taking into account the previous experience of black walnut growing in this region and its prospects, we have decided to study more thoroughly the first stage of high-yielding stands restoration, which involves forest stands development. The study included several stages, in particular: studying of black walnut growing experience, seeds quality inspection, sites selection according to forestry scientists recommendations for this species conditions, test plots establishment using plant growth regulators with the definition of the most effective ones and identification of optimal doses of their application.

To study the influence of plant growth regulators on the growth and development of black walnut plants we used preparations of N-oxide pyridine derivatives and their compositions with the biological preparation of Ecostim-1. Bleached were the seeds of black nuts, which had a tight germ of milk-white or cream color. The quality of samples was 99 %.

The best results in the first year of autumn growth were obtained using growth regulators of group 1. In the group 1 percent of liveliness varied from 73 % to 93 % in June and from 77 % to 90 % in October. On the control site the survivability is 69 %.

Comparing the height of black walnut tree seedlings, determined in spring and autumn, it should be emphasized that the increase of seedlings height of black walnut was proportional – the highest plants of the spring period remained the same in the autumn period. In autumn the seedlings grown using growth regulators D5S, D11S, D13S, D16S, D20S, D21S, DGK6, DGUR had the height of more than 90 cm. In the control area the height of the black walnut plants in the spring period was 20 cm, and in the autumn it was 76 cm.

Having determined the average diameter of the plants at the height of the root collar, we obtained the best results using D5S, but there are no significant fluctuations on this indicator.

Keywords: *Juglans nigra*, silvicultural and mensuration indicators of forest stands, age, site index class, type of forest growth conditions.

Отримано: 15.04.2019 р.

БІОМОРФОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ВІДНОВЛЮВАНОГО РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ЛУКІВ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Б. Є. Якубенко, доктор біологічних наук, професор,
orcid.org/0000-0002-1308-5723

А. М. Чурілов, кандидат біологічних наук,
orcid.org/0000-0003-4153-9136

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

За впливу антропогенного фактора й у результаті автогенезу рослинного покриву, на перелогах і землях із відновлюваним лучним рослинним покривом сформувались адаптивні екологічно зумовлені видові конгломерати. Тому вивчення біоморфологічної структури угруповань відновлюваної лучної рослинності дає змогу за допомогою кількісних співвідношень між рослинами, що належать до різних життєвих форм, виявляти фітоіндикаційно значущі показники для аналізу перебігу демутацій, зрештою розширює уявлення щодо перебігу демутаційних процесів на перелогах і землях із відновлюваною лучною рослинністю. Подано результати п'ятирічних досліджень, проведених на землях із відновлюваним рослинним покривом луків у Лісостепу України (2013 – 2017). Біоморфологічний аналіз флористичної структури відновлюваної лучної рослинності проведено за класифікацією кліматоморф К. Раункієра. Виявлено, що переважною групою кліматоморф є гемікриптофіти (358 видів, або 58,8 %), друга позиція належить терофітам (115 видів, або 18,6 %), криптофіти посідають третю позицію – 66 видів (10,7 %), мезофанерофіти – 42 види (6,8 %), нанофанерофіти та хамефіти сукупно становлять 38 видів, або 6,1 % загальної кількості видів.

Прямопропорційна залежність між часткою гемікриптофітів та терофітів у структурі демутаційних рядів демонструє зміну значення співвідношення, унаслідок перебігу демутаційного процесу, у бік зниження від першого до четвертого ряду: I ряд (0,72) – II ряд (0,40) – III ряд (0,18) – IV ряд (0,13). Формування основних зональних і типологічних рис відновлюваної лучної рослинності відбувається на третьому демутаційному ряду, що відповідає періоду 15 років від моменту порушення і дає змогу установлювати положення перелогів у системі демутаційних рядів й оптимізувати відновлення рослинного покриву в Лісостепу України.

Ключові слова: біоморфи, кліматоморфи, перелог, лучна рослинність.

Актуальність. Доцільність поглибленого аналізу біоморфологічної структури, зокрема на перелогах і землях із відновлюваною лучною рослинністю, зумовлено прогностичним значенням результатів досліджень, які відображають динаміку й екологію рослинних угруповань (Borovik, 2011; Zhestkova, Chesnokova & Uromova, 2013; Ledovskyi & Khodiachykh, 2015; Lysohor, 2014; Parpan & Olijnyk, 2013; Yakubenko, Churilov, Tertyshnyi et al., 2017).

За впливу господарської діяльності людини, а також у результаті автогенезу рослинного покриву, на перелогах та землях із відновлюваним лучним рослинним покривом сформувались адаптивні екологічно зумовлені видові конгломерати. Особливості життєвих форм рослин і морфологія вегетативних органів є одним із визначальних факторів формування вертикальної та горизонтальної ярусності угруповань, що дає змогу видам різних життєвих форм забезпечити одну із головних складових умов формування фітоценозу – ефективне використання абіотичних ресурсів й ергономічне просторове розміщення. З іншого боку, біоморфологічна структура угруповань є основою для перебігу динамічних процесів, зміни флористичного складу фітоценозу за рахунок реалізації різноманітних життєвих стратегій, як окремих особин, так і ценопопуляцій представників фітобіоти.

Саме тому з'ясування кількісних характеристик і пропорцій біоморфологічних спектрів за різноманітними показниками розвитку вегетативної і генеративної сфер є основою подальшого поглибленого вивчення їхньої комплексної взаємопов'язаності, функції й екологічної ролі в ре-

алізації біотичних зв'язків. Оскільки біологічна структура флори досить добре відображає динаміку та екологію рослинних угруповань, її дослідження, зокрема на перелогах, де відновлюється лучна рослинність, має надзвичайно актуальний характер.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одним із найвдаліших показників, який характеризує особливості життєвої стратегії видів, є виділення життєвих форм рослин за розміщенням бруньок поновлення щодо рівня поверхні ґрунту та снігового покриву (клімаморфа). Тому з'ясування співвідношень між типами клімаморф широко використовують за досліджень демутиційних процесів, як у межах природних зон України (Parpan & Olijnyk, 2013; Sulaiman, 2016; Yakubenko, Churilov, Tertyshnyi et al., 2017), так і в аналогічних умовах Євразійського континенту (Ledovskyi & Khodiachykh, 2015; Zhestkova, Chesnokova & Uromova, 2013).

Мета дослідження: порівняння біоморфологічної структури перелогів різних років демутицій і прилеглих територій із природною лучною рослинністю, з'ясування індикаторної ролі співвідношень між типами клімаморф досліджених рослинних угруповань Лісостепу України.

Матеріали і методи дослідження. У результаті п'ятирічних досліджень, проведених у Лісостепу України (2013–2017) з'ясовано, що флористична структура відновлювальної лучної рослинності перелогів має значну біоморфологічну різноманітність.

Біоморфологічний аналіз флористичної структури відновлюваної лучної рослинності проведено за класифікацією К. Раункієра (Raunkiaer, 1934), що вдало відображає клімаморфи рос-

лин і дає змогу аналізувати специфіку зональної структури рослинного покриву як окремих природних зон або регіонів, так і біомів у цілому.

Спираючись на структуру біоморфологічних спектрів клімаморф, Я. П. Дідух і П. Г. Плюта запропонували оригінальну пропорцію для з'ясування ступеня порушеності місцезростань і рудералізації рослинних угруповань окремих регіонів та флори України загалом (Didukh & Pliuta, 1994).

Відповідно для встановлення ступеня порушеності рослинних угруповань ми прийняли частку терофітів, з одного боку, *гемікриптофітів* і *хамефітів*, з іншого:

$$\frac{\text{терофіти} + \text{хамефіти}}{\text{гемікриптофіти}}$$

Результати дослідження та їх обговорення. Установлено, що за відновлення лучної рослинності група фанерофітів або рослин, бруньки відновлення яких розміщені високо над поверхнею ґрунту, становлять мінімальну кількість і представлені на перелогах дослідженого регіону мезофанерофітами, бруньки поновлення яких розташовані на відстані 8–30 см над поверхнею ґрунту. У складі угруповань відновної лучної рослинності їхня загальна частка становить 41 вид, або 6,8% від загальної кількості.

У структурі життєвих форм рослин за характером невисокого розміщення бруньок відновлення над поверхнею ґрунту ростуть види нанофанерофітів – життєва форма рослин, в яких бруньки відновлення розміщені на висоті до 2 м (чагарники), і хамефітів – переважно чагарники і напівчагарники, бруньки поновлення яких закладаються від декількох до 30–50 см над поверхнею ґрунту. Вони мають 38 видів, або 6,1 %, майже не поступаючись

мезофанерофітам. На перелогах першого ряду участь видів цих життєвих форм незначна (лише 0,9 % загального флористичного складу першого ряду), проте в угрупованнях другого ряду цей показник різко змінюється і становить 5,1 % загальної кількості, що свідчить про завершення стадії агрегації, первинного заселення місцезростання і початок переходу до наступного демуаційного ряду. В угрупованнях третього і четвертого рядів спостерігається стабілізація співвідношення хамефітів і нанофанерофітів до загальної кількості біоморф (7,4 %) і зберігається до моменту досягнення угрупованнями клімаксної стадії.

В угрупованнях відновної лучної рослинності трапляються такі види хамефітів, як *Genista tinctoria* L., *Ononis arvensis* L., представники роду чебрець (*Thymus* L.) – *Th. borysthenticus* Klokov & Des.-Shost., *Th. marschallianus* Willd., *Th. serpyllum* L., *Th. ucrainicus* (Klokov & Des.-Shost.) Klokov та пасивні хамефіти, як-от *Lysimachia nummularia* L., *Sedum acre* L.

Водночас нанофанерофіти представлені видами роду зіновать (*Chamaecytisus* Link) – *Ch. austriacus* (L.) Link, *Ch. ruthenicus* (Fisch. ex Wo.) Klask., *Ch. zingeri* (Nenuk.) Klaskova, *Ch. lindemannii* (V.Krecz.) Klask., роду шипшина (*Rosa* L.) – *R. canina* L., *R. majalis* Herrm., *R. tomentosa* Smith, *Crataegus rhipidophylla* Gand., роду терен (*Prunus* L.) – *P. spinosa* L., *P. stepposa* Kotov, роду верба (*Salix* L.) – *S. caprea* L., *S. cinerea* L. та ін.

Чимало представників цих життєвих форм слугують гілочковим кормом, а також надійним захистом для тварин у спеку та непогоду.

На відміну від лігнозних форм, трав'яних рослин переважають у складі лучної рослинності. Зокрема,

першу позицію в спектрі флористичного складу життєвих форм відновних угруповань лучної рослинності становлять гемікриптофіти – 358 видів, або 57,8 % загальної кількості видів.

Характер розміщення їхніх бруньок відновлення неподалік або безпосередньо над поверхнею ґрунту забезпечує їм оптимальний захист від несприятливих умов у період між вегетаційними сезонами.

Окрім того, представники гемікриптофітів якнайкраще пристосовані до господарського використання природних кормових угідь, зокрема витримують та реагують інтенсивними ростовими процесами на систематичне сінокошення й пасквальне навантаження.

Аналізуючи отримані дані для демутиційних рядів, з'ясували, що

частка участі представників цієї біоморфи в напрямку від першого ряду до четвертого лежить у межах від 52,6 до 64,5 %, зростаючи пропорційно збільшенню віку від часу антропоїчного порушення місцезростання.

Серед гемікриптофітів значна кількість едифікаторів і співедифікаторів лучних угруповань, зокрема до них належать представники тонконогових (*Poaceae* Barnhart) – *Festuca pratensis* Huds., *Dactylis glomerata* L., *Briza media* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) J.Presl & C.Presl, *Agropyron cristatum* (L.) *Poa* *pratensis* L. P.Beauv., *Alopecurus pratensis* L., серед бобових (*Fabaceae* Lindl.) представники роду астрагал (*Astragalus* L.) – *A. dasyanthus* Pall., *A. cicer* L., *A. onobrychis* L., представники роду конюшина (*Trifolium* L.) – *T. alpestre* L., *T. medium* L., *T. pratense* L., окрім

Результати узагальнених характеристик спектра й пропорцій розподілу біоморф демутиційними рядами відновлення лучної рослинності Лісостепу

Біоморфи	т	гк	кр	гео	гел	х, нф	ф (мф)	загальна кількість
Узагальнені дані	115 видів (18,6 %)	358 (57,8)	66 (10,7)	62 (10,0)	4 (0,6)	38 (6,1)	42 (6,8)	619 (100)
Показники за демутиційними рядами відновлюваної лучної рослинності								
I ряд	87 (37,8) 14,1	121 (52,6) 19,5	11 (4,8) 1,8	11 (4,8) 1,8	–	2 (0,9) 0,3	9 (3,9) 1,5	230 (100) 37,2
II ряд	103 (21,9) 16,6	260 (55,3) 42,0	43 (9,1) 6,9	41 (8,7) 6,6	2 (0,4) 0,3	24 (5,1) 3,9	40 (8,5) 6,5	470 (100) 75,9
III ряд	54 (11,4) 8,7	295 (62,1) 47,7	58 (12,2) 9,4	54 (11,4) 8,7	4 (0,8) 0,6	35 (7,4) 5,7	33 (6,9) 5,3	475 (100) 76,7
IV ряд	29 (8,2) 4,7	231 (65,4) 37,3	53 (15,0) 8,6	50 (14,2) 8,1	3 (0,8) 0,5	26 (7,4) 4,2	14 (4,0) 2,3	353 (100) 57,0

Примітка. У таблиці т – терофіти, гк – гемікриптофіти, кр – криптофіти (розподіляються на гео – криптофіти-геофіти, гел – криптофіти-гелофіти), х – хамефіти, нф – нанофанерофіти, МФ – мезофанерофіти, ф – фанерофіти.

того, представники різнотрав'я – *Galium verum* L., *Helichrysum arenarium* (L.) Moench, *Tussilago farfara* L., *Potentilla argentea* L. та інші види.

Другу позицію за чисельністю видів у спектрі життєвих форм рослин посідають терофіти, загальна кількість яких становить 115 видів, або 18,6 % флористичного складу відновлюваних рослинних угруповань (табл.).

Представники цієї біоморфи бруньки відновлення не закладають, а їхній онтогенетичний життєвий цикл відбувається упродовж одного року.

Здебільшого до терофітів належать синантропні види, які здатні проникати на антропоічно порушені місцезростання. Оскільки за посилення антропоічного навантаження на екосистеми більшість видів рослин, як багаторічників, так і однорічників, переходять до насінневого поновлення (Ledovskyi & Khodiachykh, 2015; Zhestkova, Chesnokova & Uromova, 2013), брак інтенсивної ценотичної конкуренції з боку полікарпічних гемікриптофітів, на нашу думку, зумовлює значну відсоткову участь терофітів у складі угруповань першого демуаційного ряду.

Проте їхня тривала і значна участь у складі лучних і пасовищних угруповань зумовлює деградацію луків і пасовищ, послаблює ценотичну стійкість фітоценозів до пасквального навантаження, призводить до зниження продуктивності лучних угідь і погіршення кормової якості зелених кормів.

Серед терофітів у складі відновлюваної лучної рослинності трапляються: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort., *Phalacrolooma septentrionale* (Fernald & Wiegand) Tzvelev, *Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., *Atriplex tatarica* L., *A. patula* L., *Bromus mollis* L., *Cannabis ruderalis*

Janisch., *Ceratocephala testiculata* (Crantz) Besser та інші види.

Третю позицію в спектрі життєвих форм, а саме 66 видів, або 10,7 % загальної кількості рослин лучних угідь, займають криптофіти.

Відмінністю представників цієї біоморфи є розміщення бруньок відновлення в приповерхневому шарі ґрунту та оптимальна захищеність їх від вимерзання і витоптування, через що ця життєва форма рослин на луках та антропоічно порушених місцезростаннях вирізняється високою життєвістю і витривалістю.

У складі криптофітів виділяють дві категорії життєвих форм, а саме геофіти (62 види, або 10,0 %), до яких віднесені цибулинні та кореневищні види – *Allium angulosum* L., *A. sphaerocephalon* L., кореневищні види – *Agrostis stolonifera* L., *Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, *Carex hirta* L., *C. praecox* Schreb. та гелофіти, які налічують чотири види (0,65 %) водно-болотних і болотних видів зі специфічними анатомо-морфологічними утвореннями, які допомагають гелофітам переносити умови надмірного зволоження, – *Acorus calamus* L., *Carex acutiformis* Ehrh., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha latifolia* L.

Для подальшого аналізу пропорцій кліматорф, дещо спростивши індикаційні співвідношення, наведені у праці (Didukh & Pliuta, 1994), можливо встановити частки відсоткової участі різних біоморф у складі відновлюваних угруповань і, провівши прості обрахунки, отримати суцесійні пропорції між індикаторними групами біоморф.

Зокрема таку залежність можливо встановити між терофітами, які при таманні антропоічно порушеним екотопам, зі значною участю адвентивно-

го елементу та гемікриптофітами, що типово переважають у структурі спектрів будь-яких регіональних або конкретних флор Голарктики (Ledovskyi & Khodiachykh, 2015; Zhestkova, Chesnokova & Uromova, 2013).

Прямопропорційна залежність між часткою гемікриптофітів і терофітів у структурі демуаційних рядів виражається таким послідовним рядом:

I ряд (0,72) – II ряд (0,40) – III ряд (0,18) – IV ряд (0,13).

Тобто спостерігається стрімке зниження співвідношення внаслідок відновлення рослинного покриву від першого до другого демуаційного ряду, дещо менше від другого до третього ряду і майже не виражений перехід від третього до четвертого ряду. Наведена закономірність свідчить, що, незважаючи на продовження демуації в напрямку клімаксових угруповань, формування основних зональних і типологічних рис лучної рослинності відбувається вже на третьому демуаційному ряду (у віці до 15 років).

Висновки і перспективи. Отже, прямопропорційна залежність між часткою гемікриптофітів і терофітів у структурі демуаційних рядів демонструє зміну значення співвідношення, унаслідок перебігу демуаційного процесу, у бік зниження від першого до четвертого ряду. Формування основних зональних і типологічних рис відновлюваної лучної рослинності відбувається на третьому демуаційному ряду, що відповідає періоду 15 років від моменту порушення. Пропорційні співвідношення між групами клімаморф дають змогу виявляти ступінь антропоїчної трансформації і положення в демуаційних рядах рослинних угруповань перелогів та оптимізувати перебіг відновлення лучних угруповань у Лісостепу України.

Список літератури

- Borovik, L. (2011). Peculiarities of segetal plant communities of the east of Lugansk region as an initial stage of the abandoned fields succession. The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: Biology, 14 (971), 33–42 [in Russian].
- Didukh, Ya., & Pliuta, P. (1994). Phytoindication of the ecological factors. Kyiv: Nauk. dumka, 280 [in Ukrainian].
- Zhestkova, D., Chesnokova, E., & Uromova, I. (2013). Flora analysis of urban areas along major thoroughfares of Nizhni Novgorod city. Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod, 1 (1), 140–145 [in Russian].
- Ledovskyi, N., & Khodiachykh, Y. (2015). Ecological and phytocoenotic characteristics of uneven-aged abandoned lands of the steppe zone of the Southern Ural. Vestnik of Orenburg state pedagogical university, 10 (185), 341–343 [in Russian].
- Lysohor, L. (2014). The structural-comperative analisis of flora the abandoned lands Apostolovskiy geobotanical regions. The Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology, 1 (58), 5–11 [in Ukrainian].
- Parpan, V., & Olijnyk, M. (2013). Direction of flora synanthropization changing on the fallows of Prednistrovian Podillya. Visnyk of the Lviv University. Biological Series, 63, 133–140 [in Ukrainian].
- Yakubenko, B., Churilov, A., Tertyshnyi, A., et al. (2017). Recommendations for the conservation of meadow plant communities and restoration of vegetation on abandoned lands in the Forest-steppe of Ukraine. Kyiv: Publishing outfit "Lyra-K", 74 [in Ukrainian].
- Sulaiman, D. (2016). Ecological assessment of the flora and vegetation of different ages deposits Donetsk and Lugansk regions of Ukraine. Oles Honchar Dnipro National University, 24 [in Ukrainian].
- Raunkiaer, C. (1934). Life formes of plants and statil plant geography. New York; London, 352.

B. Ye. Yakubenko, A. M. Churilov (2019). Biomorphological structure of restored vegetation cover of abandoned lands of the Forest-Steppe of Ukraine.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3): 79-85.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.079>.

Due to the influence of the anthropogenic factor and as a result of vegetation autogenesis, on the floodplains and abandoned lands with restored meadow vegetation, adaptive ecologically conditioned species conglomerates has been formed. Therefore, the study of the biomorphological structure of the different groups of plant species of restored meadow vegetation allows using quantitative relations between plants belonging to different life forms to reveal significant indices for the analysis of the flow of demutations, eventually expanding the representation of the occurrence of demotion processes on floodplains and abandoned lands with restored meadow vegetation.

The features of plant life forms and the morphology of their vegetative organs are one of the determining factors for spatial structure of plant communities. The relevance of the study is due to the correlation between the biomorphological structure of the flora, ecology of the plant communities and their dynamic trends.

The research is based on the results of five-year investigation on the abandoned lands with restored vegetation cover of meadows in the Forest-Steppe of Ukraine (2013–2017). The biomorphological analysis of a floral structure of restored meadow vegetation cover according to the classification of plant life forms by K. Raunkiaer has been conducted.

The predominant group is hemicryptophytes (amount 358 species or 58.8 %), the second position belongs to terophytes (115 species or 18.6 %), cryptophytes occupy the third position with 66 species (10.7 %), there are the 42 species (6.8 %) of mesophanerophytes, nanophanerophytes and hamephytes containing 38 plant species (6.1%).

The direct proportional relationship between the fraction of hemicryptophytes and terophytes in the structure of restoration stages enable quantifying changes of the ratio value from the first to the fourth stages of demutation.

Formation of the main zonal and typological features of restoring of a meadow vegetation cover were detected on the third restoration stage, which corresponds to a period of 15 years from the moment of disturbance. The results of research allow establishing the provisions of the revisions in the system of restoration stages and optimizing the restoration of vegetation in the Forest-Steppe of Ukraine.

Keywords: life forms, restoration, abandoned lands, meadow vegetation.

Отримано: 11.03.2019 р.

ФІТОКОМПОЗИЦІЙНЕ ОФОРМЛЕННЯ ТРАДИЦІЙНИХ НАРОДНИХ СВЯТ

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

Л. Ю. Кучинська, студентка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: okolesnichenko67@gmail.com

У цій статті розглянуто значення рослин у оформленні українських народних свят. Сьогодні є доволі актуальним відродження традицій та обрядів, які з давніх-давен формували наші пращури.

Метою дослідження є визначення асортименту рослин, придатних для оформлення традиційних українських свят, аналізування значень рослин-символів та їхньої колористики, надання проектних пропозицій щодо формування фітокомпозиційних елементів для оформлення дня Святої Трійці. Квітчання тісно пов'язане з природними циклами та календарною обрядовістю, а його витоки сягають глибокої давнини. Укладання флористичних композицій становить особливий вид творчої діяльності, оснований на художньому застосуванні здебільшого природної сировини. Народні флористичні композиції, задіяні в обрядах календарного циклу, перебували в оселі лише деякий, визначений звичаєм час, проте поновлювалися тієї ж пори щороку, зберігаючи сталість форм. Квітчання було й залишається засобом відокремлення святкового від буденного, підкреслює особливість свята, створює урочистість. Для застосування теоретичних знань на практиці було обрано свято літнього періоду – свято Святої Трійці. Воно проходило у Національному музеї народної архітектури та побуту України (м. Київ). Учасниками свята були студентки Національного університету біоресурсів і природокористування України. Пропозиції щодо оформлення дня Святої Трійці були спрямовані на збереження традиційного асортименту рослин, який використовували з давніх-давен. Під час роботи були сформовані модельні фітокомпозиції, що притаманні цьому святу. При їх створенні було враховано значення рослин-символів і дотримано відповідної колористики. Перспективними є популяризація та визнання унікальності явища квітчання задля збагачення фонду української культури.

Ключові слова: рослини-символи, квітчання, колористика, традиції.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Сьогодні є доволі актуальним відродження традицій та обрядів, які упродовж століть формували наші пращури. Український народ має багату та оригінальну культуру. З давніх часів до нас ідуть життєва мудрість і настанови щодо способу життя. Вони закладені в українських звичаях, святах, обрядах, фольклорі. Традиції в Україні тісно пов'язані з повсякденним, календарним і релігійним життям. Вони підтримують зв'язок між минулим, сьогоденням і майбутнім, формують історію, дають народові змогу спрямувати власну діяльність на збільшення духовного та матеріального надбання. Для духовного розвитку сучасній людині необхідно звертатися до минулого, до витоків своєї культури.

Флористичне оформлення народних свят тісно пов'язане з природними циклами та календарною обрядовістю, а його витoki сягають глибокої давнини. Укладання флористичних композицій становить особливий вид творчої діяльності, оснований на художньому застосуванні здебільшого природної сировини. Народні флористичні композиції, задіяні в обрядах календарного циклу, перебували в оселі лише деякий, визначений звичаєм час, проте поновлювалися тієї ж пори щороку, зберігаючи сталість форм. Квітання було й залишається засобом відокремлення святкового від буденного, підкреслює особливість свята, створює урочистість. У наш час дуже поширеним є декорування квітами, проте флористичні композиції ще не мають ґрунтовної наукової основи. Тож виникає потреба вивчення квітання як явища художньої культури (Feduschak, 2008).

Українські народні флористичні композиції і квітання загалом

– яскраве культурне явище зі своєю історією, художніми властивостями, функціями, семантикою, поєднане з іншими видами мистецтв і середовищем побутування, має самобутні й надетнічні ознаки, традиційну й елітарну галузі, сучасні напрями розвитку. Хоча українське традиційне квітання майже не вивчено, відомості, здебільшого фрагментарні, розпорошені в численних дослідженнях. Найбільше цю тему висвітлено у працях М. Федущак. Вона теоретично обґрунтувала специфіку квітання як явища художньої культури в контексті розвитку від давніх часів і донині, систематизувала українські народні флористичні композиції.

Під етнографічним кутом питання прикрашання свят рослинами вивчали М. Максимович, Ф. Вовк, В. Шухевич, О. Воропай, С. Килимник, Н. Здоровега, В. Борисенко, О. Курчакін та ін. Рідше його висвітлювали мистецтвознавці О. Найден, Г. Стельмашук. Традиційне оздоблення квітами в Україні привернуло увагу флористів М. Табунщикова, Г. Корнієнко й І. Добруцького. Рослинні мотиви у пластичних видах українського народного мистецтва вивчали О. Найден, М. Селівачов, С. Китова (Feduschak, 2008). Рослини – невід'ємний атрибут релігійного обряду. Кожна рослина, яку використовують для оформлення цих свят, має своє значення для українського народу. Обряди, що проводились за участю рослин, мали дуже важливе значення в календарних святах. Ці обряди мали забезпечити людині здоров'я, зміцнити добробут сім'ї, посилити плодючість землі й худоби, вберегти господарство від нечистої сили.

Метою дослідження є опрацювання літературних джерел щодо українських традицій квіткового оформ-

лення традиційних свят, аналізування значень рослин-символів України та їхньої колористики, надання проєктних пропозицій щодо формування фітокомпозиційних елементів для оформлення дня Святої Трійці.

Матеріали і методи дослідження.

Систематизування і розподіл народних свят за порами року здійснено за настановами (Feduschak, 2008), аналіз рослин-символів та їхньої колористики – за працями М. Табунщикова, Г. Корнієнко й І. Добруцького.

Результати дослідження та їх обговорення. Ми розподілили всі народні свята за порами року (табл. 1). Разом із пробудженням природи від зимового сну починається цикл весняних свят, що супроводжується піснями, іграми, хороводами. Весняний цикл календарних свят мав особливе значення, бо пов'язувався із закладанням майбутнього врожаю. До свят весняного періоду належать: *день Сорока мучеників, день Олексія, Благовіщення, Вербна неділя, Великдень, Проводи, день Юрія*.

Свята літнього періоду були присвячені хліборобським турботам, догляду за посівами. В їхній основі лежать поклоніння рослинам і магія заклинання майбутнього врожаю, культ сонця та пошана померлим. До

свят літнього періоду ми віднесли такі: Трійця, Івана Купала, день Петра і Павла, Медовий Спас, Яблучний Спас, Горіховий Спас.

Головними моментами осіннього циклу були звичаї, приурочені до завершення збору врожаю чи повернення худоби з літніх пасовищ. У них, як і в попередніх циклах, відображена головна селянська турбота – забезпечення родючості полів, плодючості худоби, продовження людського роду. До свят осіннього періоду належать: свято врожаю, день Казанської ікони Божої Матері, день преподобної Матрони, день апостола Пилипа.

Із початком зимового періоду вважається, що земля переходить у стан спокою, коли її не можна копати лопатою аж до Благовіщення (7 квітня). Обряди зимового циклу пов'язані не тільки з періодом очікування весни як часу сівби, а й із давніми міфами про народження Всесвіту (Voropaу, 2009). До зимових свят ми віднесли день пам'яті великомучениці Катерини, день святого Андрія, Варварин день, Святий вечір, Різдво Христове, Новий рік (Василя і Меланки), Стрітіння (Borysenko, 2000).

З давніх-давен кожна рослина, яку використовують для створення фітокомпозицій, має своє значення

1. Розподіл традиційних народних свят за календарним періодом

Пора року	Свято
Весна	День Сорока мучеників, день Олексія, Благовіщення, Вербна неділя, Великдень, Проводи, день Юрія
Літо	Трійця, Івана Купала, день Петра і Павла, Медовий Спас, Яблучний Спас, Горіховий Спас
Осінь	Свято врожаю, День Казанської ікони Божої Матері, день преподобної Матрони, день апостола Пилипа
Зима	День пам'яті великомучениці Катерини, день святого Андрія, Варварин день, Святий вечір, Різдво Христове, Новий рік (Василя і Меланки), Стрітіння

2. Символічне значення трав'янистих рослин

Назва рослини	Символічне значення
М'ята перцева (<i>Mentha x piperita</i>)	Звільнення і очищення від нечистої сили. Також втілює в собі печаль і горе
Конопля звичайні (<i>Cannabis sativa</i> L.)	Зрадництво і тяжке життя на чужій землі
Льон шорсткий (<i>Linum hirsutum</i> L.)	Дівоча врода, що увінчана довгою косою
Цибуля ріпчаста (<i>Allium cepa</i> L.)	Оберіг людини від нечистих сил і хвороб
Чортополох пониклий (<i>Carduus nutans</i> L.)	Залякування
Осот польовий (<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.)	Нечисть і шкідливість
Полин звичайний (<i>Artemisia vulgaris</i> L.)	Гіркота покарання за людські гріхи і печаль, є уособленням нещасної любові, втрати і образи
Кропива жалка (<i>Urtica urens</i> L.)	Ледарювання, занедбаність і нехазяйновитість, безпричинна відроза до інших людей
Хміль звичайний (<i>Humulus lupulus</i> L.)	Врожайність, буяння всього молодого, гнучкість розуму, сміливість, мужність
Чебрець звичайний (<i>Thymus serpyllum</i> L.)	Є символом родинного спокою і здоров'я дітей
Папороть чоловіча (<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott)	Символізує довіру у стосунках людей
Півонія молочноквіткова (<i>Paeonia lactiflora</i> L.)	Кохання, ніжність, розквіт дівочої вроди, жіноча зрілість. Символ веселого весілля, щасливого сімейного життя, співчуття
Соняшник однорічний (<i>Helianthus annuus</i> L.)	Сонце, праця і достаток, сила і добробут
Ромашка садова (<i>Chrysanthemum maximum</i> (Ramond) DC)	Юність, невинність, романтичність
Лепеха звичайна (<i>Acorus calamus</i> L.)	Є оберегом від нечистої сили
Барвінок великий (<i>Vinca major</i> L.)	Вічність буття і життєвих сил, попереджає про прихід весни. Уособлює вічну пам'ять про померлих

(Chorna, 1993). Під час роботи всі рослини-символи були поділені на трав'яністі (табл. 2) та дерев'яністі (табл. 3).

Не менш важливу роль у оформленні свята грає кольорова гама, в якій виконані фітокомпозиції. Їхній колір залежить, насамперед, від пори року, оскільки в різні періоди використовують різні рослини. Наприклад, свята весняного та літнього періодів будуть наповнені яскравими зеленими, рожевими, блакитними, червоними кольорами. Осінні фіто-

композиції насичені жовтими, червоними, помаранчевими і коричневими тонами, оскільки листки дерев восени забарвлюється саме в такі кольори. Кольорова гамма композиції формується, здебільшого, завдяки забарвленню квітів, листової пластини, плодів, кори. Квіти деревних і трав'янистих рослин можуть бути білими, жовтими, помаранчевими, червоними, рожевими, світло-зеленими, блакитними, синіми, фіолетовими і різних проміжних відтінків між ними. Часто красиве і яскраве забарвлення

3. Символічне значення дерев'янистих рослин

Назва рослини	Символічне значення
Бузок звичайний (<i>Syringa vulgaris</i> L.)	Розквіт, свіжість і молодість, знать і аристократизм
Омела біла (<i>Viscum album</i> L.)	Життя, мир
Бузина чорна (<i>Sambucus nigra</i> L.)	Сила духів, чаклування
Троянда (<i>Rosa</i> L.)	Краса, досконалість, витонченість, радість, любов, задоволення, хвала, слава, пишність, блаженство, гордість, мудрість, молитва, медитація, тасмниця, таїнство, тиша
Яблуня домашня (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	Цілісність, розумність земних бажань і тілесних прагнень
Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth)	Душевний смуток
Верба біла (<i>Salix alba</i> L.)	Працездатність і родюча сила
Ліщина звичайна (<i>Corylus avellana</i> L.)	Вразлива корисність, непоказна краса, здатність до дітородіння, захист від злих сил
Виноград справжній (<i>Vitis vinifera</i> L.)	Радість і краса створення сім'ї
Горіх грецький (<i>Juglans regia</i> L.)	Багатство для когось, а не для себе
Граб звичайний (<i>Carpinus betulus</i> L.)	Непоказна чоловіча краса, робоча міцність, надійність
Калина звичайна (<i>Viburnum opulus</i> L.)	Зрілість дівчини
Терен колючий (<i>Prunus spinosa</i> L.)	Двозначний символ: з одного боку, символізує нелегкі життєві дороги, з іншого, позначає войовничу незібраність
Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	Універсальна привабливість, благословенне Богом дерево
Груша звичайна (<i>Pyrus communis</i> L.)	Самотня молода жінка та її нещасна доля
Вишня звичайна (<i>Cerasus vulgaris</i> Mill.)	Рідна земля, мати. Квітуча вишня – символ дівчини, нареченої, угоди – діти і мати, а вишневий сад – символ щасливої родини
Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)	Життєва сила, довголіття, мудрість, здоров'я

мають плоди. Їхній колір також може бути різноманітним – червоним, гранатовим, коричневим, рожевим, білим, пурпуровим, зеленим, синім, фіолетовим та ін. Різні кольори по-різному впливають на психофізіологічний стан людини (табл. 4), тому це важливо враховувати під час фітокомпозиційного оформлення свята.

Рослини із червоними відтінками забарвлення квітів створюють піднесений настрій. Чистий червоний рідко використовують як основний колір, але

на доповнення як нюанс чи акцент він є незамінним. Участь жовтих кольорів у колористичній композиції викликає відчуття теплоти та життєрадісності. Жовтий із оранжево-червоним кольорами мають активний, життєрадісний вплив. Для зимового періоду характерні білі, зелені, ніжно-блакитні, сірі, сині кольори. Кожен колір традиційно несе певний сенс (Itten, 2013) (табл. 5).

Для застосування теоретичних знань на практиці було обрано свято літнього періоду – свято Святої Трійці.

На 50-й день після Великодня християни відзначають Трійцю (П'ятидесятницю) – одне з провідних свят церковного календаря. Святкування Трійці основане на вірі в магічну силу трав та квітів. Найдавнішим є обряд прикрашати свою оселю гілками дерев, квітами і, йдучи до храму, нести з собою букети. Це символізує живу, відновлювальну силу Святого Духу, пробудження природи та оновлення душі людини. Дівчата плели вінки та кидали у воду: якщо вінок тоне – це поганий знак, якщо пливе – усе буде добре, а якщо спиниться на місці – не скоро буде весілля. Підготовку до свята розпочинали ще з четверга, рано-вранці йшли до лісу збирати лікарські трави. Гуляння, зазвичай, влаштовували в лісі, біля річки або ж у полях; застеляли зелену скатертину, що символізувала відродження природи після довгої зими. Гілками клена, липи завітчували (кличали) хату – над вікнами, дверима, господарські споруди, стромляли в землю гілки на посівах жита. На подвір'ї, біля воріт ставили принесену з лісу невеличку березу або осіку. Біля обрядового дерева збиралась молодь, співали пісні, водили хороводи влаштовували танці

та ігри. Долівку хати притрушували запашним зіллям: лепехою, любистком, на вікнах ставили букети з чебрецю, волошок, м'яти.

Сучасні святкування вже не мають таких чітких приписів, кожна сім'я самостійно обирає, як відзначити Трійцю. По обидва боки дверей ставлять два зелені деревця. До хати також вносять гілля, переважно тополі. Особливо ретельно прикрашають образи. На підлогу кладуть лепеху. Найбільше варто прикрашати вікна, двері. Для цього можна використати різні фітокомпозиції, замість традиційних гілок дерев. На підвіконні можна поставити кошики з різноманітним наповненням. Для цього можна використати такі рослини, як волошка, мак, соняшник, папороть, м'ята, барвінок, троянда, гілки вишні або дуба. Перед тим, як поставити композицію у корзини, варто обірвати нижні листки на квітах. Для підтримання водного балансу рослини поміщають у флористичну піну, що збагачена водою.

Посудина непримітного вигляду буде найкращим варіантом для композиції з польових квітів, адже вона найбільш вигідно підкреслить яскравість фарб.

4. Вплив кольорів на психофізіологічний стан людини

Колір	Вплив на психоемоційний стан
Зелений	Впливає на нервову систему, знімаючи дратівливість, безсоння, втому, знижує кров'яний тиск і піднімає тонус
Блакитний	Антисептичний та ефективний при запаленнях. Чутливій людині блакитний допомагає більше, ніж зелений, але від його «передозування» можуть виникнути втома й пригніченість
Помаранчевий	Стимулює почуття й прискорює пульсацію крові, не впливаючи при цьому на кров'яний тиск. Має сильну стимулюючу дію, створює почуття благополуччя і веселощів, але може втомлювати
Жовтий	Впливає на мозок і тому ефективний у разі розумової недостатності
Червоний	Стимулює мозкову діяльність, ефективний при меланхолії, але водночас легко чинить дратівний вплив
Фіолетовий	Збільшує витривалість тканин, впливаючи на серце, легені й кровоносні судини

5. Символічне значення кольорів

Колір	Символічне значення
Білий	Чистота, досконалість, невинність душі
Чорний	Хаос, смерть, безодня, нещастя, печаль, горе, траур, туга
Червоний	Вогонь, енергія, рішучість, любов, пристрасть
Пурпуровий	Влада, ніжність і жорсткість, страх і сила
Рожевий	Весна, юність, ніжність, безтурботність, чиста свідомість, непорочність
Гранатовий	Безперервний рух, впевнена сила, пристрасне кохання
Коричневий	Спокій, багатогранність
Бурий	Працьовитість, старанність, зосередженість
Синій	Вірність, стабільність
Блакитний	Туга, нескінченність, інтуїція
Зелений	Природа, симпатія, оптимізм
Жовтий	Тепло, життя та енергія
Помаранчевий	Сила, влада, гордість
Сірий	Логіка, порядок

Для подальшого оформлення оселі можна використати вертикальні композиції. До речі, замість традиційних гілочок папороті та аспарагуса, для складання такої композиції можна використовувати гілки кушів, наприклад, обліпиху, шипшину, горобину або барбарис. Основою можуть стати ромашки, волошки, дзвіночки. Можна розбавити букет і материнкою, її квіточки постійно розпускаються замість зів'ялих. При цьому не варто забувати про декор: стрічка, декоративний шнурок, мішковина, декоративні мотузочки, соломка. Окрім оформлення оселі не варто забувати про образи людей, які святкують це свято. Існує традиція на свято Трійці плести вінки. Для цього дівчата з самого ранку виходять у поле збирати трави та квіти (рис. 1).

Для плетіння вінків були зібрані такі трави, як королиця звичайна (*Leucanthemum vulgare* Lam.), підмаренник північний (*Galium boreale*



Рис. 1. Збирання трав для плетіння вінків (фото автора)



Рис. 2. Королиця звичайна
(*Leucanthemum vulgare* Lam.)



Рис. 4. Люпин вузьколистий
(*Lupinus angustifolius* L.)

L.), люпин вузьколистий (*Lupinus angustifolius* L.), жовтець золотистий (*Ranunculus auricomus* L.), тонконіг стиснутий (*Poa compressa* L.), смілка дводомна (*Silene dioica* L.). Оскільки березу вважають символом дня Святої Трійці, основою для вінків стали гілки берези повислої (*Betula pendula* Roth.).

Королиця звичайна (рис. 2) (*Leucanthemum vulgare* Lam.). З давніх-давен квітки королиці є найулюбленішими для плетіння вінків і створення букетів. Вона символізує мир, кохання, злагоду. В народі королицю називають ворожкою, оскільки дівчата ворожать на ній, відриваючи пелюстки. У давнину її використовували як основу для виготовлення жовтої фарби, а також як

лікарську рослину. Королиця – чудова декоративна рослина, фітокомпозиції з нею доволі довго зберігають свою свіжість і декоративність.

Підмаренник північний (*Galium boreale* L.) (рис. 3). Символізує покору, народження, нові починання. Ця рослина несе в собі жіночу енергетику. Широко використовують як лікарську рослину.

Люпин вузьколистий (*Lupinus angustifolius* L.) (рис. 4). Символізує силу та стійкість. Метафорично люпин іноді називають «вовчим бобом». Існує давня легенда, за якою з квітів люпину робили спеціальний чаклунський настій, здатний перетворити людину на вовка. Але частіше таку



Рис. 3. Підмаренник північний
(*Galium boreale* L.)



Рис. 5. Жовтець золотистий
(*Ranunculus auricomus* L.)



Рис. 6. Тонконіг стиснутий
(*Poa compressa* L.)

незвичайну назву рослини пояснюють його «вовчою» витривалістю, здатністю долати несприятливі умови навколишнього середовища.

Жовтець золотистий (*Ranunculus auricomus* L.) (рис. 5). Ця рослина



Рис. 7. Смілка дводомна
(*Silene dioica* L.)

символізує багатство. Має дивовижні лікарські властивості. Втім поводитись із рослиною потрібно дуже обережно, адже у великій кількості жовтець здатний отруїти людину (аж до летальних наслідків). У давнину жовтець навіть застосовували в магичних обрядах.

Тонконіг стиснутий (*Poa compressa* L.) (рис. 6). Символізує добробут, врожай, плідність, багатство українського народу.



Рис. 8. Плетіння вінків (фото автора)

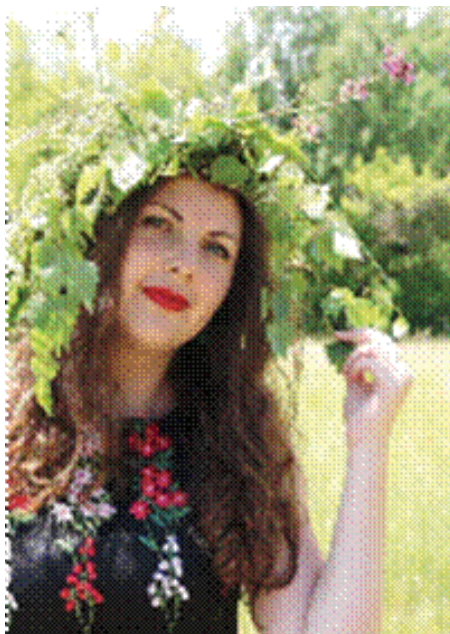


Рис. 9. Готовий вінок (фото автора)

Смілка дводомна (рис. 7) (*Silene dioica* L.). Є символом постійності й вірності. Ці риси дуже цінувалися в усі часи.

Кожна рослина в композиції мала певну символіку. Вінок, призначений для дівчини, мав принести їй кохання, мир, злагоду, багатство. Плетіння вінка – таємний ритуал. Дівчата робили це в місці, яке недоступне для огляду чоловіками, інакше вони могли наврочити.

Для плетіння вінка ми обрали квіти з довгими стеблами. Спочатку для основи вінка склали в пучок гілочку берези і три квітки з найдовшими пагонами. Стебло наступної квітки обвиває стебла основи. Квіти вплітали якомога щільніше одну до одної (рис. 8).

Завершивши плетіння, обидва кінці стебел склали разом і закріплювали шпигатом. Наш вінок (рис. 9, 10) символізує щиру і ніжну жіночність, тож найбільше підходить молодим незаміжнім дівчатам.

Висновки і перспективи. Традиції українського народу формувались упродовж багатьох століть і зберегли багато ознак дохристиянських вірувань. Кожне традиційне свято і



Рис. 10. Ворожіння на вінках (фото автора)

кожний обряд тісно пов'язані з народними віруваннями та повір'ями. Традиції потрібно зберігати, щоб народ пам'ятав свої національні риси.

Рослина – невід'ємний атрибут релігійного обряду. Кожна рослина, яку використовують для оформлення свят, має важливе значення для українського народу. Такі обряди мали забезпечити людині здоров'я, зміцнити добробут сім'ї, посилити плодючість землі й худоби, вберегти господарство від нечистої сили.

Колір є дуже важливим аспектом у створенні фітокомпозиційних елементів. Він впливає на фізіологічний і психологічний стан людей. Колірна гама фітокомпозиційного оформлення залежить від свята, пори року та задуму автора.

У різні періоди використовують різні рослини, тому кольорова гама змінюватиметься. Наприклад, свята весняного та літнього періодів наповнені яскравими барвами трав і квітів. Осінні фітокомпозиції виконані в жовтих, червоних, помаранчевих і коричневих тонах.

Пропозиції щодо оформлення дня Святої Трійці були спрямовані на збереження традиційного асортименту рослин, який використовували з давніх-давен.

Запропоновано нові способи застосування цих рослин у фітокомпозиційному оформленні, а саме використання рослин у контейнерах, на відміну від традиційного їх вирубування.

Список літератури

- Voropay, O. (2009). The customs of our people: an ethnographic essay. Kyiv: Veles [in Russian].
- Itten, J. (2013). The Art of color. Moscow: D. Aronov. [in Russian].
- My dear is Ukraine. Holidays, traditions, customs, rites, signs and beliefs of the Ukrainian people. (2012). Donetsk: BAO [in Ukrainian].
- Borisenko V. K. (2000). Traditions and livelihoods of the ethnos: on the materials of the festive ceremonial culture of Ukrainians. Kyiv: Univers [in Ukrainian].
- Chorna, G. A. (1993). The Art of Floral Composition. Methodical recommendations for students and teachers. Uman: UDPU.
- Plants in the lives of Ukrainians. Historical aspect. (2008). Your Garden. Retrieved from <http://www.vashsad.ua> [in Russian].
- We are Ukraine! (2014). Folk calendar. Retrieved from <https://we.org.ua> [in Ukrainian].

O. V. Kolesnichenko, L. Y. Kuchynska (2019). Phytocompositional design of traditional folk holidays. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3): 86-97. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.086>.

The importance of plants in the design of Ukrainian folk holidays is considered in this article. Today, the revival of traditions and ceremonies, which have long been formed by our ancestors, are quite actual.

The purpose of the study is to determine the range of plants suitable for traditional Ukrainian holidays, to analyze the values of plant symbols and their coloristics, to submit project proposals for the formation of phytocomposition elements for the designation of the Holy Trinity. The flower is closely linked with natural cycles and calendar rituals, and its origins date back a long time ago. Stacking floral compositions is a special kind of creative activity, based on the artistic

application of mostly natural raw materials. Folk floral compositions, involved in the rites of the calendar cycle, were in the home only a certain period, customary, but renewed the same time each year, maintaining the constancy of forms. The flower was and remains a means of separating the holiday from ordinary, emphasizes the special feature of the holiday, creates a solemnity. In order to apply theoretical knowledge in practice, the holiday of the summer period - the holiday of the Holy Trinity - was chosen. It was held at the National Museum of Folk Architecture and Life of Ukraine (Kyiv). Participants of the festival were students of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Proposals for designing the day of the Holy Trinity were aimed at preserving the traditional range of plants, which has been used since ancient times. During the work model phytocompositions were formed that are inherent to this holiday. When they were created, the values of the symbolic plants were taken into account and the corresponding coloring was respected. Promising is the popularization and recognition of the uniqueness of the floral phenomenon in order to enrich the fund of Ukrainian culture.

Keywords: *plant-symbols, flowering, coloring, traditions.*

Отримано: 11.03.2019 р.

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 614.842

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.098>

ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ НАПОВНЮВАЧІВ НА ЕНЕРГІЮ АКТИВАЦІЇ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ

Ю. В. Цапко, доктор технічних наук, професор,
orcid.org/0000-0003-0625-0783,

О. Ю. Цапко, аспірант, *orcid.org/0000-0003-2298-068X*
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: *juriyts@ukr.net*

Досліджено вплив наповнювачів на втрату маси деревини, захищеної покриттям на основі неорганічних та органічних речовин у процесі термічного впливу, особливістю якого є дослідження вогнезахисної ефективності композиції. Це завдання виконано за стандартними методиками. Встановлено вплив наповнювачів за дії високотемпературного теплового потоку на зміну процесу втрати маси вогнезахисної деревини та визначено механізм кінетики дії наповнювачів, який характеризується зниженням швидкості та втрати маси. Зокрема, для зразка деревини з вогнезахисним покриттям з високотемпературним наповнювачем, відбувається поступове зниження температури, тобто зафіксовано роботу покриття, а відповідно зниження димоутворювальної здатності деревини з вогнезахисним покриттям. Із метою встановлення вогнезахисної ефективності при застосуванні високотемпературних наповнювачів покриття (із додаванням алюмосилікатних мікросфер, перліту, базальтової луски, золи, металургійного шламу) було проведено дослідження щодо визначення групи горючості деревини за показниками втрати маси та приросту температури димових газів і встановлено, що при обробленні деревина переходить до групи важкогорючих матеріалів. За результатами термогравіметричних досліджень визначено втрату маси покриттів залежно від температури, досліджено енергію активації за температурного розкладу покриттів і встановлено, що для органо-неорганічного покриття вона сягає 21,87 кДж/моль, а у разі введення високотемпературних речовин – збільшується утричі, що дає можливість зробити висновок про доцільність застосування наповнювачів на основі

високотемпературних речовин для підвищення ефективності. Однак додавання до покриття металургійного шламу спочатку протидіяло термічному впливу, але згодом призвело до підвищення.

Ключові слова: вогнестійкість, покриття, деревина, втрата маси, температура, енергія активації.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Зниження пожежної небезпеки будівельної деревини є не лише економічним завданням, а й має соціальну та екологічну спрямованість. Важливою проблемою забезпечення життєдіяльності та безпечного функціонування об'єктів будівництва, як зауважує Tychino (2002), є розроблення з економічного, технологічного та екологічного поглядів спучуючих вогнезахисних покриттів для будівельних конструкцій, що можуть використовуватись не тільки нарівні з наявними аналогами, а й бути високоефективними у всіх галузях будівництва, що допоможе запобігти техногенним аваріям. У будівництві триває інтенсивний пошук нових високоефективних засобів вогнезахисту деревини (Leonovich, 1996). Однак вогнезахист сьогодні має не тільки забезпечувати нормовану вогнестійкість деревини, а й зберігати її експлуатаційні параметри, вирішувати екологічну безпеку і довговічність (But & Zhartovs'kyu, 2004).

На сьогодні існує два способи вогнезахисту деревини. Перший – це просочення антипіренами, найчастіше на основі неорганічних солей. При зволоженні деревини вогнезахисні речовини розчиняються у вологому середовищі й поступово вимиваються на поверхню, тому з часом вогнезахисний ефект знижується (Carosio & Kochumalayil, 2015). Засіб на основі кислот не вимивається під дією змі-

ни вологості деревини, як зазначають Tsapko Yu. & Tsapko A. (2018), однак, проникаючи вглиб структури деревини і взаємодіючи з клітчаткою, знижує параметри міцності (Khalili & Tshai, 2017). Тому цей засіб небезпечно використовувати для відповідальних несучих конструкцій. Другий засіб – це нанесення на поверхню деревини покриття на органічному або неорганічному в'язучому (Tsapko & Tsapko, 2017). Засіб на органічному в'язучому має підвищене димоутворення і виділення токсичних речовин, тож його використання небезпечне (Tsapko & Tsapko, 2017). Встановлено, що більш ефективними антипіренами на основі фосфоровмісних сполук є полімерні конденсовані форми (Subasinghe, Das & Bhattacharyya, 2016), за вмісту поліфосфату амонію, коефіцієнт спучування вогнезахисної композиції збільшується у десятки разів.

Мета дослідження: визначення впливу високотемпературних наповнювачів на енергію активації покриття для захисту деревини і встановлення ефективності вогнезахисту обробленої деревини.

Матеріали і методи дослідження. Експериментальні зразки покриттів деревини готували на основі органічно-неорганічної системи, що містить 18 ÷ 20 % ПФА, 12 ÷ 14 % меламіну, 10 ÷ 12 % ПЕР і в'язучого, що складається з 16 % ПВА-дисперсії та води. Для покриття деревини наведену органічно-неорганічну масу перемішували,

вводили наповнювачі у кількості 10 % і наносили на дерев'яні зразки, які виготовляли з деревини (товщина дошки – 30 мм, середні розміри – 150×60 мм), вогнезахиснені модельні зразки було оброблено вогнезахисними покриттями на органічній основі з додаванням (за витрати 210 г/м²) алюмосилікатних мікросфер, перліту, базальтової луски, металургійного шламу, золи.

Дослідження з визначення групи горючості деревини, обробленої запропонованим покриттям, проводили згідно з чинною нормативною базою. Суть методу випробувань експериментального визначення групи важкогорючих і горючих твердих речовин і матеріалів полягає у впливі на зразок, розташований у керамічній трубі установки ОТМ, полум'я пальника із заданими параметрами (температура газоподібних продуктів горіння на виході з керамічної труби становить 200°C ± 5°C). Під час проведення експериментальних досліджень фіксують максимальний приріст температури газоподібних продуктів горіння (Δt) та втрату маси зразка (Δm). За результатами випробувань матеріали класифікують як:

- важкогорючі – $\Delta t < 60$ °C та $\Delta m < 60$ %;
- горючі – $\Delta t \geq 60$ °C чи $\Delta m \geq 60$ %.

Результати дослідження та їх обговорення. Результати досліджень із визначення втрати маси зразків (Δm , %) та приросту максимальної температури газоподібних продуктів горіння (Δt , °C) зразків вогнезахисної деревини у лабораторних умовах наведено на рис. 1.

Дослідження показали, що вогнезахиснена деревина, яка оброблена покриттям на неорганічній основі, має підвищену втрату маси

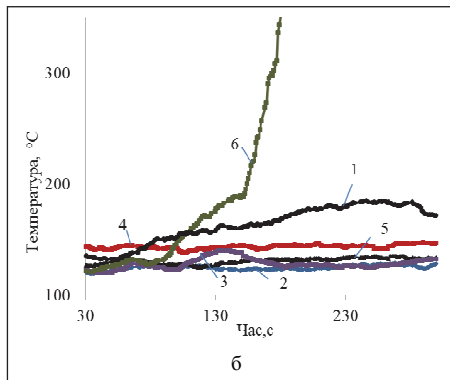
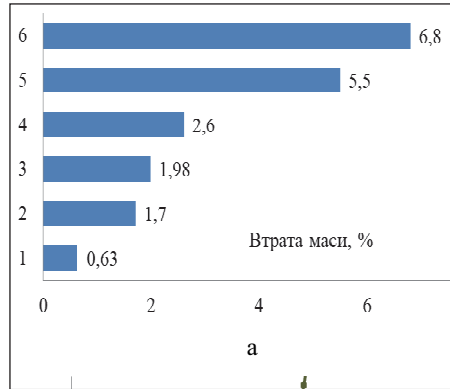


Рис. 1. Результати втрати маси зразків Δm , % (а) і динаміка температури димових газів (б) деревини з вогнезахисним покриттям із додаванням:
1 – без наповнювачів;
2 – алюмосилікатних мікросфер;
3 – перліту; 4 – базальтової луски;
5 – золи; 6 – металургійного шламу

зразка за температурного впливу та відповідно вищу температуру димових газів.

Деревина з додаванням алюмосилікатних мікросфер, перліту, базальтової луски та золи витримала температурний вплив і належить до важкогорючих матеріалів за показниками втрати маси й наростання температури димових газів. Однак після

1. Результати випробування термічного розкладу покриття

Без наповнювача						
Втрата маси (%) за температури						
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C
2,0	5,0	20,0	40,0	47,0	52,5	54,0
Залишок за 700 °C: 46,0 %						
Характеристика максимумів піків DTG (T_{max} , °C / швидкість втрати маси, % хв-1)						
Інтервал	210–655 °C					
Пік	240/0,4	330/4,9	350/3,3	380/2,7	425/1,2	525/0,8
Характеристика ефектів DTA (T_{max} , °C / тип ефекту)						
Інтервал	210–670 °C					
Пік	240/ендо	330/ендо	380/ендо	480/екзо	625/екзо	
За додавання перліту						
Втрата маси (%) за температури						
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C
1,1	5,7	19,3	28,4	40,0	44,8	45,6
Залишок за температури 720 °C: 53,7 %						
Характеристика максимумів піків DTG (T_{max} , °C / швидкість втрати маси, % хв-1)						
Інтервал	20–580 °C					
Пік	95/0,58	190/1,35	210/1,16	245/2,51	475/1,84	
Характеристика ефектів DTA (T_{max} , °C / тип ефекту)						
Інтервал	20–340 °C				340 - 610 °C	
Пік	95/ендо		195/ендо	245/ендо	475/ендо	
За додавання металургійного шламу						
Втрата маси (%) за температури						
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C
3,5	5,5	20,0	42,0	46,5	54,5	55,0
Залишок за 700 °C: 45,0 %						
Характеристика максимумів піків DTG (T_{max} , °C / швидкість втрати маси, % хв-1)						
Інтервал	40–640 °C					
Пік	70/0,5	230/0,7	320/4,1	340/3,8	460-565/0,8	
Характеристика ефектів DTA (T_{max} , °C / тип ефекту)						
Інтервал	210–670 °C					
Пік	325/екзо	345/ендо	415/екзо	460/екзо	565/екзо	
За додавання золи						
Втрата маси (%) за температури						
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C
0,96	1,9	19,5	38,7	45,8	50,0	51,4
Залишок за 680 °C: 49,9 %						

1. Результати випробування термічного розкладу покриття (продовження)

Характеристика максимумів піків DTG (Tmax, °C / швидкість втрати маси, % хв-1)							
Інтервал	30–210		210–600 °C				
Пік	100/0,27	220/0,34	280/2,1	310/3,9	350/2,7	355/2,4	405/0,88
Характеристика ефектів DTA (Tmax, °C / тип ефекту)							
Інтервал	210–670 °C						
Пік	320/ендо	339/ендо	418/екзо	459/ендо	560/екзо		
За додавання алюмосилікатних мікросфер							
Втрата маси (%) за температури							
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C	
0,5	4,0	14,5	21,8	28,6	35,7	39,5	
Залишок за 700 °C: 60,5 %							
Характеристика максимумів піків DTG (Tmax, °C / швидкість втрати маси, % хв-1)							
Інтервал	50–700 °C						
Пік	190/0,9		290/1,6		450/0,8	590/0,6	
Характеристика ефектів DTA (Tmax, °C / тип ефекту)							
Інтервал	160–230 °C		230–700 °C				
Пік	190/ендо		340/екзо		470/екзо	590/екзо	
За додавання базальтової луски							
Втрата маси (%) за температури							
100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C	
0,8	6,6	20,0	26,5	30,5	36,0	40,5	
Залишок за 700 °C: 59,5 %							
Характеристика максимумів піків DTG (Tmax, °C / швидкість втрати маси, % хв-1)							
Інтервал	50–700 °C						
Пік	190/0,9		300/1,7		560/0,5		
Характеристика ефектів DTA (Tmax, °C / тип ефекту)							
Інтервал	180–440 °C				440–700 °C		
Пік	195/ендо		280/екзо		470–670/екзо		

додавання металургійного шламу покриття спочатку протидіяло термічному впливу, однак згодом це призвело до підвищення температури і відповідно більшої втрати маси зразка та підвищення температури горіння.

Для визначення області температур, за яких термічна деструкція покриття відбувається найбільш інтен-

сивно, проводили термогравіметричне дослідження процесів термічної деструкції у динамічному режимі із застосуванням дериватографа Q-1500 D (Subasinghe A., Das R., Bhattacharyya D., 2016). Досліджували зразки покриття з додаванням мінеральних добавок в атмосфері повітря нормального складу (вміст кисню – 21 % об.).

Маса зразка – 80 мг, швидкість нагрівання – 10 град/хв, атмосфера – статична повітряна, зразок порівняння – порошок α -корунду, матеріал тиглів – алунд, чутливість гальванометрів: DTA – 250 мкВ, DTG – 500 мкВ, T – температурна крива; DTA – крива диференційного термічного аналізу; TG – крива втрати маси; DTG – крива швидкості втрати маси. У табл. 1 наведено дані щодо термодеструкції покриття у разі додавання наповнювачів.

Отримані термогравіметричні показники дають можливість визначити швидкість термічного розкладу матеріалу за заданої температури та концентрації кисню в навколишньому середовищі і відповідно показати якісну оцінку теплових ефектів, але важливішим завданням є визначення енергії активації термоокислювальної деструкції покриттів.

Розрахунки кінетичних параметрів за кривою TG, яке задовільно описує кінетику розкладу твердих речовин, ґрунтується на рівнянні Broido (1969):

$$-\frac{dm}{dt} = k \cdot m^n, \quad (1)$$

де m – маса зразка, яка вступила в реакцію розкладу, мг; n – порядок реакції; k – питома швидкість реакції розкладу матеріалу.

Залежність питомої швидкості розкладу матеріалу від температури описується рівнянням Ареніуса:

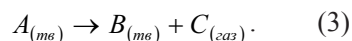
$$k = A \cdot e(-E/RT), \quad (2)$$

де A – передекспоненціальний множник; E – енергія активації, кДж/моль; R – універсальна газова стійка, кДж/(моль·К).

Для розділених стадій деструкції можливим методом розрахунку

енергії активації є метод, у якому показано, що параметр E , за інших рівнозначних умов, є мірою стійкості до термоокислювальної деструкції матеріалу.

Для деревини характерна така схема розкладу:



Визначення швидкості реакції розкладу уможлиблює рівняння:

$$-\frac{dm}{dT} = \frac{A}{V_{нагр}} \cdot e^{-E/RT} \cdot m^n. \quad (4)$$

Розрахунок E і n ґрунтується на математичному обробленні даних табл. 1 із використанням залежності:

$$\ln\left(\ln\frac{100}{100-\Delta m}\right) = -\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}. \quad (5)$$

У цьому рівнянні Δm – втрата маси (%) за кожної температури в інтервалі розкладу матеріалу, яка є процесом 1-го порядку ($n = 1$) та за умови лінеаризації залежності:

$$\ln\left(\ln\frac{100}{100-\Delta m}\right) = \ln(\ln 100/(100-\Delta m)) \quad (6)$$

від температури T , К.

Значення енергії активації (E) обчислюють за залежністю:

$$E = \lg \phi \cdot R. \quad (7)$$

На рис. 2 наведено графічну залежність швидкості деструкції покриття від оберненої температури, а в табл. 2 наведено значення енергії активації.

Отже, з розрахунку виявлено, що при наповненні високотемпературними добавками енергія активації за термічного розкладу покриття збільшується в 1,5÷4 рази. Тому це покриття можна ефективно використовувати як вогнезахисний засіб.

2. Розраховане значення енергії активації за термічного розкладу покриття при додаванні мінеральних речовин

№ пор.	Покриття	Енергія активації, E (кДж/моль)
1	без додавання	21,87
2	із додаванням металургійного шламу	34,50
3	із додаванням золи	60,61
4	із додаванням перліту	57,20
5	із додаванням базальтової луски	80,73
6	із додаванням алюмінатних мікросфер	87,55

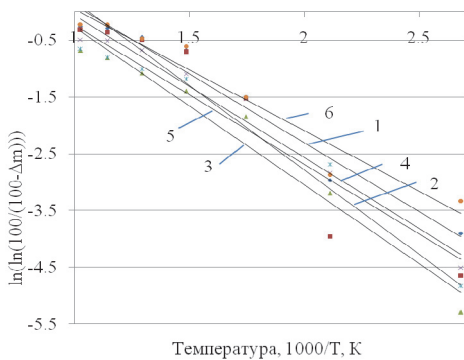


Рис. 2. Графічна залежність швидкості деструкції покриття від оберненої температури за додавання: 1 – алюмосилікатних мікросфер; 2 – перліту; 3 – базальтової луски; 4 – золи; 5 – металургійного шламу

Наявність добавок у кількості 10 % (алюмосилікатні мікросфери, перліт, базальтова луска, металургійний шлам, зола) призводить до зшивання шару пінококсу за рахунок утворення тугоплавких сполук і відповідно до покращення стійкості до полум'я. Вочевидь такий механізм впливу добавок є фактором підвищення енергії розкладу покриття, а відповідно й ефективності теплоізолювання матеріалу

Висновки і перспективи. Вогнезахищена деревина, яка оброблена покриттям на орґано-мінеральній ос-

нові, має низьку втрату маси зразка за температурного впливу та відповідно нижчу температуру димових газів, тож її можна віднести до важкозаймистих матеріалів.

Додавання добавок (алюмосилікатні мікросфери, перліт, базальтова луска, металургійний шлам, зола) до покриття сприяє підвищенню енергії активації за термічного розкладу покриття в рази за рахунок утворення тугоплавких сполук, які утворюються під час термічного розкладу, та відповідно збільшенню стійкості до полум'я.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення процесів структуроутворення захисного шару, встановлення взаємозв'язку між складовими і властивостями покриттів та їх оптимізації.

Список літератури

- Broido, A. (1969). A simple sensitive graphical method of treating thermogravimetry analyse data. *J. Polym. Sci*, 7 (2), 1761–1773.
- But, V. P. (2004). A new approach to firebiosis products from cellulosi. *Overvoltage protection*, 5, 31–32 [in Russian].
- Carosio, F., Kochumalayil, J., Cuttica, F., Camino, G., & Berglund, L. (2015). Oriented Clay Nanopaper from Biobased Components Mechanisms for Superior Fire Protection Properties. *ACS Appl. Mater. & Interfaces*, 7 (10), 5847–5856.

- Khalili, P., Tshai, K. Y., Hui, D., & Kong, I. (2017). Synergistic of ammonium polyphosphate and alumina trihydrate as fire retardants for natural fiber reinforced epoxy comp. Composites Part B: Engineering, 114, 101–110.
- Leonovich, A. A. (1996). Chemical approach to the problem of perceiving the prevalence of wood materials. Predictable damage to the soles and materials, 3, 10–14 [in Russian].
- Subasinghe, A., Das, R., & Bhattacharyya, D. (2016). Study of thermal, flammability and mechanical properties of intumescent flame retardant PP/kenaf nanocomposites. International Journal of Smart and Nano Materials, 7:3, 202–220.
- Tsapko, Yu., & Tsapko, A. (2017). Simulation of the phase transformation front advancement during the swelling of fire retardant coatings. Eastern-European Journal Enterprise Technologies, 2/11 (86), 50–55.
- Tsapko, Ju., & Tsapko, A. (2017a). Establishment of the mechanism and fireproof efficiency of wood treated with an impregnating solution and coatings. Eastern-European Journal Enterprise Technologies, 3/10 (87), 50–55.
- Tsapko, Yu., & Tsapko, A. (2018). Installation of fire fighting efficiency of processed processing solution and coverage. Eastern-European Journal Enterprise Technologies, 4/10 (94), 62–68.
- Tychino, N. A. (2002). Features of practical application of fire and bio-protective means for impregnation of wood. Predictable damage to the soles and materials, 6, 38–43.

Yu. V. Tsapko, O. Yu. Tsapko (2019). Influence of high temperature fillers on activation energy of coating for wood protection. UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3): 98-105. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.03.098>.

The article reflects the results of research on influence of a number of fillers on weight loss of wood protected with a coating based on inorganic and organic substances in the process of thermal impact. A specific feature was the research of fire retardant efficiency of a coating composition. The solution to this problem was searched for by the standardized methods. The influence of the fillers under conditions of a high-temperature heat flux on the dynamics of weight loss of wood treated with fire retardants was revealed, and the mechanism of the kinetics of the influence of the filler was determined. The latter is characterized by lowering rate and weight loss. Inter alia, for a sample of wood with fire retardant coating containing high-temperature filler a gradual temperature decrease occurs, i.e., the functioning of the coating was noted, and hence, the lowering of smoke formation ability was revealed. To determine the fire retardant efficiency when using high-temperature fillers of coating, the combustibility groups of wood were established by loss of weight and increase of smoke fumes temperature. It was revealed that the treated wood has become a hardly combustible material. The loss of weight of coatings versus temperature was determined as a result of the thermogravimetric analysis. Based on the named analysis, the activation energy was studied under conditions of thermal decomposition of the coatings. It was found that the latter was equal to 21.87 kJ/mole for the coating based on organic and inorganic substances, but in case of introduction of high-temperature substances, it increased three times. This fact makes it possible to draw a conclusion on the expedience of application of fillers based on high-temperature substances for raising the efficiency of coatings based on organic and inorganic substances.

Keywords: fire resistance, coating, wood, weight loss, temperature, activation energy..

Отримано: 20.11.2018 р.

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.