

ISSN 2664-4452
2020 | 11 (2)



Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE

Науковий журнал. Vol. 11, No 2, 2020

ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

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

Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Редакційна колегія

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

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. Близник, к. с.-г. н.

ЧЛЕНИ КОЛЕГІЇ

205 – Лісове господарство

Р. Д. Василюшин, д. с.-г. н., доц.
С. В. Зібцев, д. с.-г. н., проф.
Флоріан Кракснер, Ph.D. (Австрія)
С. Б. Ковалевський, д. с.-г. н., проф.
І. П. 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 мебеліві 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 Blyshchuk, Ph.D.

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Forestry

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

Landscape-Park Management

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

Wood Processing and Furniture Technologies

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

Адреса редакції:

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

Рекомендовано до друку

*Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України
Протокол №8 від 30.04.2020 р.*

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

Науковий редактор – Пазюк О.Г.

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

Підписано до друку 28.05.2020 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 8.6. Зам. № 498.

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

CONTENTS

FORESTRY

- Bidolakh D. I.**
GEOINFORMATION MONITORING OF GREEN STANDS USING REMOTE SENSING METHODS 4
- Zibtsev S. V., Soshenskyi O. M., Myroniuk V. V., Gumeniuk V. V.**
WILDFIRE IN UKRAINE: AN OVERVIEW OF FIRES AND FIRE MANAGEMENT SYSTEM 15
- Lesnik O. M.**
STACKED-TIMBER RATIO AND STEM VOLUME OF HORSE CHESTNUT TREES WITHIN KYIV CITY URBAN STANDS 32
- Popovych S. Yu.**
GEOGRAPHY OF DENDRORARITIES CONSERVATION OF THE GENUS *SPIRAEA* L. IN UKRAINE 40
- Khan Y. Yu., Bala O. P.**
ACTUALIZATION OF GROWTH PARAMETERS OF VEGETATIVE ORIGIN OAK STANDS OF THE UKRAINIAN FOREST-STEPPE ZONE 53

LANDSCAPE-PARK MANAGEMENT

- Dzyba A. A.**
FORMATION AND TRANSFORMATION OF MAN-MADE COMPLEX NATURAL MONUMENTS FROM THE SECOND HALF OF XX CENTURY IN UKRAINIAN POLISSIA 66

WOOD PROCESSING AND FURNITURE TECHNOLOGIES

- Bilyk S. I., Mykhailovskyi D. V.**
ENGINEERING METHODS FOR CALCULATION OF ELEMENTS FROM COMBINED GLUED TIMBER 79
- Pinchevska O. O., Zavialov D. L.**
PROPERTIES OF NEW THERMAL INSULATION FROM LOW-QUALITY PINE WOOD 91

MEMORY PAGES

- Maurer V. M.**
TEACHERS WHO WERE ABLE TO LOVE AND ALWAYS WERE READY TO HELP 101

ЗМІСТ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- Бідолах Д. І.**
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНИТОРИНГ СТАНУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ІЗ
ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ4
- Зібцев С. В., Сошенський О. М., Миронюк В. В., Гуменюк В. В.**
ЛАНДШАФТНІ ПОЖЕЖИ В УКРАЇНІ: ПОТОЧНА СИТУАЦІЯ ТА АНАЛІЗ
ЧИННОЇ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПРИРОДНИХ ТЕРИТОРІЙ ВІД ПОЖЕЖ15
- Леснік О. М.**
ПОВНОДЕРЕВНІСТЬ ТА ОБ'ЄМ СТОВБУРІВ ДЕРЕВ ГРКОКАШТАНА
ЗВИЧАЙНОГО У НАСАДЖЕННЯХ МІСТА КИСВА32
- Попович С. Ю.**
ГЕОГРАФІЯ ЗАПОВІДАННЯ ДЕНДРОРАРИТЕТІВ РОДУ *SPIRAEA* L.
В УКРАЇНІ40
- Хань Є. Ю., Бала О. П.**
АКТУАЛІЗАЦІЯ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ
ВЕГЕТАТИВНОГО ПОХОДЖЕННЯ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ53

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- Дзиба А. А.**
ФОРМУВАННЯ ТА ТРАНСФОРМАЦІЯ ШТУЧНИХ КОМПЛЕКСНИХ
ПАМ'ЯТОК ПРИРОДИ ДРУГОЇ ПОЛОВИНИ ХХ СТОЛІТТЯ УКРАЇНСЬКОГО
ПОЛІССЯ66

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Білик С. І., Михайловський Д. В.**
ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ КОМБІНОВАНОЇ
КЛЕСНОЇ ДЕРЕВИНИ79
- Пінчевська О. О., Зав'ялов Д. Л.**
ВЛАСТИВОСТІ НОВОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ
З НИЗЬКОЯКІСНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ91

СТОРІНКИ ПАМ'ЯТІ

- Маурер В. М.**
ТІ, ЯКІ УМІЛИ ЛЮБИТИ І ЗАВЖДИ БУЛИ ГОТОВІ ПРИЙТИ
НА ДОПОМОГУ 101

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

Д. І. БІДОЛАХ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0003-0248-3731>, e-mail: dimbid@ukr.net
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Моніторинг зелених насаджень є важливим заходом, який передбачає регулярне спостереження за урболандшафтами з метою своєчасного виявлення негативних змін і прийняття обґрунтованих рішень щодо недопущення погіршення їхнього стану. В сучасних умовах цей процес доцільно покращувати шляхом використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), матеріали яких опрацьовують у геоінформаційних системах, що дає змогу налагодити автоматизовану систему моніторингу зелених насаджень.

Метою дослідження є обґрунтування доцільності проведення геоінформаційного моніторингу стану урболандшафтів із використанням методів ДЗЗ, у т. ч. безпілотних літальних апаратів. Для досягнення цієї мети запропоновано структурні схеми організації системи моніторингу стану зелених насаджень разом із наведенням можливостей використання ортофотопланів, які одержано за результатами дистанційної зйомки території для потреб регулярного дослідження урболандшафтів.

Повторний дистанційний моніторинг стану зелених насаджень дає змогу своєчасно виявляти зміни, які відбулись із деревною та кущовою рослинністю за певний проміжок часу в автоматизованому режимі. Матеріали ДЗЗ у цьому випадку можуть застосовувати як документальну базу для обґрунтування проведення заходів щодо впорядкування зелених насаджень. Зважаючи на досить значну вартість матеріалів високого просторового розрізнення, рекомендуємо залучення до процесу моніторингу урболандшафтів запропонованого нами підходу з виконанням регулярних зйомок із безпілотного літального апарата для об'єктів благоустрою.

На підставі проведених досліджень запропоновано мультифункціональну структуру системи моніторингу зелених насаджень та рекомендовано проведення цифрової трансформації процесу моніторингу стану урболандшафтів. Наведені дослідження свідчать про доцільність упровадження регулярного автома-

тизованого моніторингу стану зелених насаджень із залученням можливостей методів ДЗЗ, у т. ч. з використанням безпілотних літальних апаратів.

Ключові слова: геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі, безпілотний літальний апарат, виявлення змін урболандшафтів, спостереження за станом рослинності.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Забезпечення вимог сталого розвитку зелених насаджень у населених пунктах України можливе лише за наявності налагодженої системи регулярних спостережень за ними та інструментарію аналізу одержаних даних стосовно виявлених змін та інформативних способів представлення отриманих результатів. Така система спостережень для оцінки, вивчення динаміки і особливостей змін урболандшафтів, а також прогнозування їхнього стану з метою обґрунтування і прийняття рішень у сфері використання, охорони та захисту зелених насаджень для підвищення їхніх екологічних, естетичних та санітарно-гігієнічних функцій і є моніторингом зелених насаджень.

Моніторинг навколишнього природного середовища (зокрема стану урболандшафтів), згідно із Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991) реалізують шляхом регулярного спостереження у часі за довкіллям. Цим самим законом визначено, що в Україні має функціонувати система державного моніторингу довкілля «з метою забезпечення збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття

ефективних управлінських рішень». Положення про державну систему моніторингу довкілля, яке затверджено постановою Кабінету Міністрів України № 391 ще в 1998 р., визначає, що система моніторингу є складовою національної інформаційної інфраструктури, яка має бути сумісною з аналогічними системами інших країн. Проте щодо моніторингу зелених насаджень наразі такий комплекс пов'язаних структур, які забезпечують основу функціонування системи спостережень за станом урболандшафтів, ще не напрацьовано, потрібна систематизація наявних методів для досягнення цієї мети.

Згідно зі звітом про роботу організації «ICP Forests» (2011), сьогодні у світі моніторинг стану насаджень регулярно проводять понад 40 розвинутих держав. Відповідно до резолюції «Sustainable Management of Forests» (1993) стосовно глобального моніторингу стану і стійкого керування всіма типами лісів (зокрема зеленими насадженнями) у рамках міжнародних зобов'язань розроблено такі критерії стійкого керування ними: підтримка і належне примноження лісових ресурсів та їх внеску у глобальний кругообіг вуглецю; підтримка стану та життєздатності екосистем, до складу яких входять деревні й кущові рослини; збереження функцій лісів і зелених насаджень; примноження біорізноманіття у відповідних екосистемах; під-

тримка та належне покращення захисних функцій насаджень.

Тому з метою стійкого керування насадженнями потрібно регулярно отримувати достовірну та актуальну інформацію щодо перелічених критеріїв (Buksha et al., 2014), яка відповідає міжнародній практиці. А це станом на сьогодні неможливо без даних аерокосмічного геоінформаційного моніторингу зелених насаджень та автоматичного оброблення даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) за допомогою сучасних геоінформаційних систем (ГІС). Усе більше науковців (Wood et al., 1999; Konstantinovskaya, 2010; Danilin et al., 2010; Dudek, 2012; Zhang, & Qiu, 2012; Buksha et al., 2014; Slobodyanyuk, 2014; Obezinskaya et al., 2016) останнім часом звертають увагу на необхідність вдосконалення наявної методики інвентаризації зелених насаджень для потреб їх геоінформаційного моніторингу шляхом використання сучасних методів отримання, передання, оброблення та зберігання інформації. Водночас науковці (Slobodyanyuk, 2014) рекомендують використовувати комплексний підхід до моніторингу урболандшафтів шляхом залучення як сучасних методів збирання, оброблення та аналізу інформації, так і традиційних наземних методів обстежень.

Найефективнішим рішенням для збирання різних даних про об'єкти дослідження, які потрібно раціонально організувати та представити у процесі моніторингу, є створення ГІС із базою даних за результатами інвентаризації зелених насаджень, яка дає змогу проводити аналіз змін ландшафту досліджуваної території та систематизацію отриманої інформації (Dudek, 2012, с. 10; Kuzmenko,

2017). Як свідчать результати окремих досліджень (Knizhnikov, 1997, с. 81), супутникові знімки, особливо високого просторового розрізнення, можуть слугувати важливим та достовірним джерелом інформації про стан зелених насаджень. Вони дають змогу отримувати оперативну інформацію про значні площі територій, у досить короткі терміни її опрацьовувати за допомогою ГІС та здійснювати актуалізацію лісівничо-таксаційних і картографічних матеріалів для оновлення реєстру зелених насаджень. Проте до недоліків такого підходу можна віднести досить високу вартість матеріалів ДЗЗ, особливо коли мова йде про невеликі території, залежність супутникової зйомки від хмарності та балістичних параметрів робочої орбіти супутників (Konstantinovskaya, 2010). Крім того, для дослідження параметрів зелених насаджень краще використовувати знімки з високим просторовим розрізненням, вартість яких у рази більша порівняно зі звичайними матеріалами супутникової зйомки.

Одним із способів подолання наведених недоліків є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для здійснення регулярної дистанційної зйомки зелених насаджень. У практиці лісового господарства вже існують спроби щодо використання БПЛА для визначення вегетаційного індексу, підрахунку кількості порід, встановлення меж таксаційних виділів, а також інших польових досліджень та моніторингу (Galetskaya et al., 2015; Degerickx et al., 2017). Дослідження авторів (Krause et al., 2019) свідчать, що фотограмметричний підхід до вимірювання висоти дерев за допомогою

безпілотних літальних апаратів є досить практичним способом для інтенсивного моніторингу стану зелених насаджень та потребує уваги для подальшого вивчення і дослідження.

Тому питання дослідження можливостей дистанційної зйомки з використанням БПЛА для отримання інформації про стан зелених насаджень вирізняється актуальністю, має важливе практичне значення та потребує подальшого вивчення. Водночас для підтримки моніторингу урболандшафтів потрібна також система аналізу просторової інформації, яка здатна забезпечити введення, узгодження, опрацювання, аналіз та представлення результатів порівняння регулярних спостережень. За згаданих умов для організації такої системи актуальністю характеризується необхідність розроблення її концептуальних основ разом із дослідженням прикладних можливостей для відслідковування змін, аналізу напрямів і тенденцій стосовно стану, площ та показників зелених насаджень на об'єктах благоустрою.

Метою дослідження є обґрунтування доцільності проведення геоінформаційного моніторингу стану урболандшафтів із використанням методів ДЗЗ, в тому числі безпілотних літальних апаратів. Для досягнення цієї мети нами запропоновано структурні схеми організації системи моніторингу стану зелених насаджень разом із наведенням можливостей використання ортофотопланів, які одержані за результатами дистанційної зйомки території для потреб регулярного дослідження урболандшафтів.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження обрано

систему геоінформаційного моніторингу стану зелених насаджень. Предметом дослідження стали можливості вдосконалення процесу дослідження урболандшафтів із використанням дистанційних методів зондування Землі.

Дослідження проводили на території м. Бережани Тернопільської області та ботанічного саду Національного університету біоресурсів і природокористування України у м. Київ шляхом аналізу різночасових космічних знімків і матеріалів БПЛА-зйомки в геоінформаційній системі QGIS. Для моніторингу змін вуличних насаджень (вул. Лепких у м. Бережани Тернопільської області) використано матеріали ДЗЗ середнього просторового розрізнення, які перебувають у вільному доступі на платформі Google Earth для відповідної території (Image data: ©2020 CNES/Airbus, image recoding 10/1/2017; 7/5/14 ©2020 Maxar Technologies, image recoding 2/12/2016; ©2020 European Space Imaging, image recoding 7/19/2006). На ці космічні знімки наносили результати інвентаризації зелених насаджень для виявлення змін їхнього стану. Для моніторингу урболандшафтів проводили також регулярні обльоти території центральної частини м. Бережани та ботанічного саду НУБіП України за допомогою квадрокоптера DJI Phantom 4 із побудовою ортофотопланів та їх аналіз у ГІС для виявлення змін стану зелених насаджень.

Результати дослідження та їх обговорення. Повторні спостереження за станом зелених насаджень на території об'єктів дослідження дали змогу виявити зміни, які відбулись із деревно-кущовою рослинністю за певний проміжок

часу. Наприклад, для території центральної частини м. Бережани Тернопільської області за результатами повторної зйомки з квадрокоптера через 9 місяців (рис. 1) виявлено самовільне вилучення трьох дерев ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karsten), що були обліковані у відомості інвентаризації зелених насаджень за 2018 рік під номерами 391, 392 і 395, діаметр яких становив відповідно 39, 22 і 25 см. Усі зазначені рослини були у доброму стані, їх вилучив у процесі виконання господарських робіт (укладання бруківки) підприємець, який орендує приміщення, яке розташоване у безпосередній близькості до цих дерев, без належного дозволу.

У процесі виконання моніторингу ботанічного саду НУБіП України на матеріалах БПЛА-зйомки від 2017 р. простежується всихання дерев ялини європейської (*Picea abies* (L.) Karsten), які через два роки вже вилучені з насадження (рис. 2, а), а також можна ідентифікувати місце вітровалу (рис. 2, б).

Матеріали ДЗЗ у цьому випадку можна використовувати як доку-

ментальну базу для обґрунтування проведення заходів щодо впорядкування зелених насаджень (зокрема санітарної вирубки сухоостою та ліквідації наслідків вітровалу). Аналогічні моніторингові дослідження можна виконувати і за матеріалами супутникової зйомки високого просторового розрізнення. Проте для проведення загальних регулярних спостережень за станом урболандшафтів прийнятними є також знімки середнього просторового розрізнення. Для підтвердження цього проведено перевірку можливості використання вищезгаданих безкоштовних космічних знімків для процесу моніторингу стану зелених насаджень. У цьому контексті виконано порівняння різночасових матеріалів ДЗЗ для виявлення змін деревної та кущової рослинності вздовж вул. Лепких у м. Бережани Тернопільської області (рис. 3). Під час дослідження використано різночасові матеріали ДЗЗ, що доступні для вільного використання на платформі Google Earth (для знімка № 1 дата виконання зйомки 1 жовтня 2017 р.;



Рис. 1. Результати моніторингу стану зелених насаджень м. Бережани за даними БПЛА-зйомки, що проведена: а) 11 червня 2019 р.; б) 6 червня 2020 р.



**Рис. 2. Результати БПЛА-зйомки території ботанічного саду
НУБіП України від 14 березня 2019 р.:**

а) виявлення місць вилучення всохлих рослин; б) ідентифікація вітровалу

№ 2 – 12 лютого 2016 р.; № 3 – 5 липня 2014 р.; № 4 – 19 липня 2006 р.; № 5 – 1 жовтня 2017 р. з нанесенням результатів інвентаризації зелених насаджень 2017 р.).

Аналіз цих матеріалів дає змогу відстежувати зміни, які відбувались із зеленими насадженнями упродовж 10-річного періоду. Зокрема, можливо помітити появу нових рослин під номерами 31, 33, 35, 61, 63, 65, 67, які з'являються на знімках 2014 р., і зникнення рослин, що зростали поряд із номером 38 за даними інвентаризації 2017 р.

Крім того, за наведеними знімками можливо відстежити зміни площ поперечних проекцій крон, які збільшувались від 2006 до 2014 р. і зазнали різкого зменшення на матеріалах ДЗЗ 2017 р. через проведення у 2016 р. кронування. До того ж знімки у безлистяному стані (матеріали 2016 р.) дають змогу отримувати додаткові відомості про висоту штамбу та особливості гілкування рослин. Проте наявні у вільному доступі космічні знімки не здатні повною мірою забезпечити процес моніторингу зелених насаджень

картографічною інформацією. Зокрема, для цієї території немає безкоштовних знімків для періоду 2006–2014 рр., а також актуальних матеріалів останніх років, що обмежує використання такого підходу для регулярного обстеження урболандшафтів.

Для вирішення цієї проблеми потрібне замовлення регулярних аерофото- або космічних зйомок (не рідше ніж один раз на п'ять років) для територій населених пунктів. Зважаючи на досить високу вартість таких матеріалів високого просторового розрізнення, пропонуємо використання запропонованого нами підходу з виконанням регулярних БПЛА-зйомок територій населених пунктів. Такий підхід дасть змогу здешевити процес отримання матеріалів ДЗЗ, виконувати зйомки відповідно до запланованого часу і маршруту, а також отримувати картографічну інформацію у високій якості, точності та деталізації. На підставі проведених досліджень також запропоновано мультифункціональну структуру системи моніторингу зелених насаджень (рис. 4)



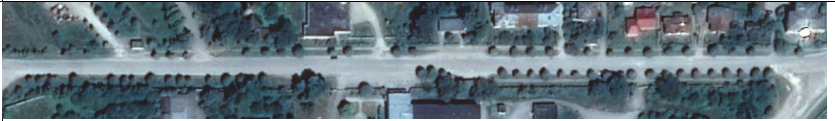


| № з/п | Матеріали ДЗЗ |
|-------|--|
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |
| 5 |  |

Рис. 3. Моніторинг вуличних насаджень за різночасовими супутниковими знімками

із означенням її територіальних і часових рівнів, способів і методів проведення, а також відповідальності за виконання та сфери застосування результатів.

Водночас сучасна система моніторингу зелених насаджень не може базуватись на наявних підходах із використанням великої частки ручної праці у процесі зіставлення та аналізу різночасових даних регулярних спостережень. Зважаючи на досить великі масиви вхідної інформації стосовно стану зелених насаджень, цей процес має підлягати обов'язковій автоматизації із максимальним опрацюванням виявлення змін показників, параметрів та якостей програмними засобами, підготовкою аналітичних даних комп'ютерними методами та формулюванням висновків ква-

ліфікованими фахівцями. Тому ми запропонували провести цифрову трансформацію системи моніторингу стану зелених насаджень шляхом її переведення в електронний формат та розробили структурну схему принципу її роботи (рис. 5).

Такий підхід дає змогу забезпечити виконання сучасних вимог щодо цифрової трансформації процесів дослідження природних ландшафтів, прискорити та покращити якість виконання моніторингу стану зелених насаджень. За такої умови забезпечуються також вимоги системного підходу до організації процесу впорядкування зелених насаджень, шляхом врахування результатів різночасових досліджень урболандшафтів, із метою покращення якості організаційних та господарських заходів, створення мож-



Рис. 4. Структура системи моніторингу зелених насаджень

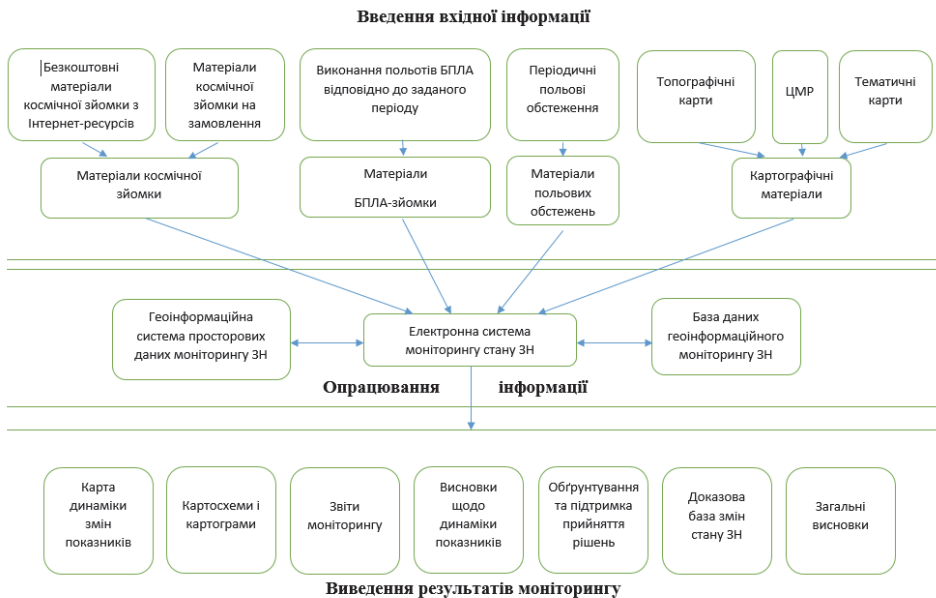


Рис. 5. Структурна схема принципу роботи електронної системи моніторингу зелених насаджень (ЗН)

ливостей для прийняття своєчасних та обґрунтованих управлінських рішень та відстеження порушень стану рослинності.

Висновки і перспективи. Наведені дослідження свідчать про доцільність упровадження регулярного моніторингу урболандшафтів у комплексному поєднанні із системою їх інвентаризації та впорядкування. Водночас для удосконалення, прискорення та покращення якості цього процесу спостережень потрібне використання матеріалів ДЗЗ, зокрема отриманих за допомогою безпілотного літального апарата, які надалі опрацьовують в автоматизованій електронній системі геоінформаційного моніторингу урболандшафтів.

Запропонований підхід має забезпечити якісні зміни у процесі впорядкування зелених насаджень, а саме покращення якості організаційних та господарських заходів, завдяки регулярному моніторингу їхнього стану із дослідженням причин змін урболандшафтів, обґрунтуванням управлінських рішень та відстеженням порушень стану рослинності. Функціонування подібної системи моніторингу зелених насаджень на загальнодержавному рівні має забезпечити національну інформаційну систему даними щодо стану урболандшафтів, яка будуть сумісними з аналогічними структурами інших країн.

Список літератури

Bidolakh, D. I., Pavliv, O. V., & Zakharij, B. Y. (2010). Geoinformation monitoring of the environment as a component of sustainable development of society. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 146, 41–45 [in Ukrainian].

Buksha, I. F., Pyvovar, T. S., Pasternak, V. P., Buksha, M. I., Solodovnyk, V. A., & Yarotskyj, V. Y. (2014). Determination of criteria and indicators of sustainable forest management on the basis of forest inventory and monitoring data. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 198 (1), 14–23 [in Ukrainian].

Danilin, I. M., Danilin, A. I., & Svischew, D. A. (2010). Laser ranging and digital aerial photography are a subsatellite component in the information support system for inventory, monitoring and cadastre of forest lands. *Siberian Journal of Science and Technology*, 3, 55–59 [in Russian].

Degerickx, J., Hermy, M., & Somers, B. (2017). Mapping functional urban green types using hyperspectral remote sensing. *2017 Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/JURSE.2017.7924553>

Dudek, T. (2012). A detailed inventory of greenery as a tool in studying landscape changes – Methodological basics. In *Practical applications of environmental research*. Rzeszow, Poland: Uniwersytet Rzeszowski.

Fischer, R., & Lorenz, M. (2011). *Forest condition in Europe*. Hamburg: ICP Forests.

Galetsckaya, G. A., Vjunov, M. V., Zhelezova, S. V., & Zavalishin, S. I. (2015). Sensefly ebee's ultralight UAV processing and analysis capabilities in forestry. *Interexpo Geo-Siberia*, 4, 11–18 [in Russian].

Hernandez, J. G., Gonzalez-Ferreiro, E., Sarmiento, A., Silva, J., Nunes, A., Correia, A. C., Fontes, L., Tomé, M., & Diaz-Varela, R. (2016). Using high resolution UAV imagery to estimate tree variables in Pinus pinea plantation in Portugal. *Forest Systems*, 25 (2), 09. <https://doi.org/10.5424/fs/2016252-08895>

Herrero-Huerta, M., Lindenbergh, R., & Rodríguez-González, P. (2018). Automatic tree parameter extraction by a Mobile

- LiDAR System in an urban context. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196004>
- Knizhnikov, Y. F. (1997). *Aerospace sounding*. Moscow: MGU [in Russian].
- Konstantinovskaya, L. V. (2010). *Remote control methods*. Available at <http://www.astronom2000.info/%d0%b0%d1%8d%d1%80%d0%be-%d0%b8-%d0%ba%d0%be%d1%81%d0%bc%d0%be%d1%81%d1%8a%d0%b5%d0%bc%d0%ba%d0%b0/dmk/> [in Russian].
- Krause, S., Sanders, T. G. M., Mund, J.-P., & Greve, K. (2019). UAV-Based Photogrammetric Tree Height Measurement for Intensive Forest Monitoring. *Remote Sensing*, 11 (7), 758. <https://doi.org/10.3390/rs11070758>
- Kuzmenko, M. N. (2017). Development of a geographic information system for public green spaces. *Basic research*, 11, 35–40. Available at <http://novaum.ru/public/p1006> [in Russian].
- Obezinskaya, Y. V., Kebekbayev, A. E., Librik, A. A., & Krizhanovskaya, E. I. (2016). Monitoring of the state of green spaces in Astana city. *Actual problems of the forestry complex*, 46, 133–136 [in Russian].
- Raumonen, P., Kaasalainen, M., Åkerblom, M., Kaasalainen, S., Kaartinen, H., Vastaranta, M., Holopainen, M., Disney, M., & Lewis, P. (2013). Fast Automatic Precision Tree Models from Terrestrial Laser Scanner Data. *Remote Sensing*, 5 (2), 491–520. <https://doi.org/10.3390/rs5020491>
- Slobodyanyk, M. P. (2014). Use of remote sensing methods and GIS technologies for monitoring forest resources. *Bulletin of Geodesy and Cartography*, 1, 27–31 [in Ukrainian].
- Tiede, D., Hochleitner, G., & Blaschke, T. (2005). *A full GIS-based workflow for tree identification and tree crown delineation using laser scanning*, *Proceedings of CMRT 05. XXXVI (Part 3/W24)*, 29–30.
- Wood, J., Wm, D., Oderwald, R., & Wynne, R. (1999). *Tree Inventories and GIS in Urban Forestry*. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Available at https://www.researchgate.net/publication/237369026_Tree_Inventories_and_GIS_in_Urban_Forestry.
- Zhang, C., & Qiu, F. (2012). Mapping Individual Tree Species in an Urban Forest Using Airborne Lidar Data and Hyperspectral Imagery. *Semantic Scholar*. <https://doi.org/10.14358/pers.78.10.1079>.

Bidolakh, D. I. (2020). Geoinformation monitoring of green stands using remote sensing methods. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 4–14. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.004>.

A green plantations monitoring is an important work, which includes regular monitoring of urban landscapes in order to identify negative timely changes and to prepare the informed decisions to prevent their degradation. In modern conditions, it is advisable to improve this process by using remote sensing methods, the materials of which are processed in geographic information systems, which allows to establish an automated monitoring system of green areas.

The purpose of the study is to substantiate the feasibility of geo-information monitoring of urban landscapes using remote sensing methods, including unmanned aerial vehicles. To achieve this goal, structural schemes of the monitoring system organization to get the information about green plantation conditions are proposed, together with the possibilities of using orthophotoplans, which are obtained by remote sensing methods for the needs of regular study of urban landscapes.

Repeated remote monitoring of the green plantations condition allows to detect the timely changes that have occurred with tree and shrub vegetation over a period in an automated mode. The use of remote sensing materials in this case can be used as a documentary basis to justify the implementation of measures for landscaping. Due to the expensive cost of high-resolution materials, we recommend to use in the process of urban landscape monitoring proposed approach with regular surveys of unmanned aerial vehicles for greenery facilities.

On the basis of the conducted researches the multifunctional structure of the green plantings monitoring system is offered and carrying out of digital transformation of monitoring process of urban landscapes condition is recommended. These studies indicate the feasibility of introducing regular automated monitoring of green areas with the involvement of remote sensing methods, including using unmanned aerial vehicles.

Keywords: *GIS, remote sensing, unmanned aerial vehicle, detection of changes in urban landscapes, observation of vegetation condition.*

Отримано: 2020-04-02

ЛАНДШАФТНІ ПОЖЕЖІ В УКРАЇНІ: ПОТОЧНА СИТУАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ЧИННОЇ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПРИРОДНИХ ТЕРИТОРІЙ ВІД ПОЖЕЖ

С. В. ЗІБЦЕВ, доктор сільськогосподарських наук, професор
<https://orcid.org/0000-0003-0684-9024>, e-mail: sergiy.zibtsev@nubip.edu.ua

О. М. СОШЕНСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-3028-0723>, e-mail: soshenskyi@nubip.edu.ua

В. В. МИРОНЮК, доктор сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-5961-300X>, e-mail: victor.myroniuk@nubip.edu.ua

В. В. ГУМЕНЮК, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0003-4143-0739>, e-mail: v.v.gumeniuk@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Статтю присвячено вивченню питання пожеж у природних ландшафтах України, аналізу чинної системи охорони природних ландшафтів від пожеж та пошуку шляхів її удосконалення. В останні десятиліття проблема пожеж у природних ландшафтах України загострилася, що пов'язано зі змінами клімату, змінами в суспільстві та землекористуванні. Катастрофічні пожежі в природних ландшафтах у 2014 р., 2015 р. та 2020 р. свідчать, що Україна перебуває у нових, за рівнем пожежної небезпеки, кліматичних умовах, за яких наявна відомча система охорони лісів і ландшафтів від пожеж не здатна контролювати ситуацію. Така ситуація потребує аналізу ефективності чинної системи охорони природних ландшафтів від пожеж та її удосконалення відповідно до нових ризиків і викликів. На основі методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) встановлено, що за останні 19 років на території України пожежами було пройдено 38,4 млн га природних територій (2,0 млн га щорічно). Найгострішою проблема пожеж у природних ландшафтах виявилася у південній та східній частинах України, лісистість яких є низькою, а частка сільськогосподарських угідь великою (понад 70 %). На фоні пожеж (палів) на сільськогосподарських угіддях, проблема лісових пожеж видається невагомою, проте, враховуючи особливо великі лісові пожежі в Україні, які відбулися впродовж 2007–2020 років і призвели до загибелі людей, знищення житлових будинків, виробничої та соціальної інфраструктури і, як наслідок, до колосальних екологічних та економічних збитків, система охорони лісів від пожеж потребує ґрунтового аналізу та прийняття відповідних рішень щодо її удосконалення. Першим кроком на шляху вдосконалення системи охорони природних ландшафтів від пожеж в Україні має стати повноцінна система

моніторингу, яка б висвітлювала реальну проблему та охоплювала всі пожежі на вкритих і не вкритих лісом територіях. У науковій публікації проаналізовано пожежі у природних екосистемах за період 2001–2019 рр. за даними глобальних продуктів системи MODIS. Розглянуто компоненти системи охорони природних ландшафтів від пожеж, виокремлено основні недоліки та сформульовано ключові рекомендації з її удосконалення.

Ключові слова: природні ландшафти, пожежі, поточна ситуація, національна політика, стратегія розвитку.

Актуальність. Періодичні великі пожежі в Україні упродовж 2007–2020 рр., загибель цивільних під час пожежах, знищення майна свідчать про те, що Україна більше не належить до країн із низькою пожежною небезпекою, пожежами незначної площі та низької інтенсивності, а перейшла до групи країн із періодичним виникненням катастрофічних природних пожеж. Така ситуація потребує аналізу ефективності наявної системи охорони природних ландшафтів від пожеж та її удосконалення відповідно до нових ризиків і викликів. Такі країни, як Австралія, Греція, Іспанія, Італія, Канада, Південна Африка, Португалія, США, Туреччина та інші, де регулярно відбуваються великі лісові пожежі, що призводять до великих екологічних та матеріальних збитків, людських жертв і знищення інфраструктури, реалізують та постійно удосконалюють стратегію протидії природним пожежам із урахуванням нових викликів, зокрема змін клімату. Вона передбачає багаторічні плани зі створення та фінансової підтримки лісопожежних служб різних відомств – великих лісо- та землекористувачів; створення національних міжвідомчих координаційних груп для фінансового та ресурсного забезпечення операцій з гасіння пожеж (наприклад, Національний міжвідомчий пожежний

центр – National Interagency Fire Center, США); заходи із запобігання пожежам – аншлаги, робота із місцевою владою, ЗМІ, місцевим населенням (програма «FireSmart», Канада); наукові дослідження з прогнозування та оцінки ризиків (пожежна лабораторія у Мізулі «Missoula Fire Lab», США); підготовку міжвідомчих систем боротьби з пожежами (система реагування на надзвичайні ситуації – «Incident Command System», США); розроблення правил та настанов із гасіння пожеж (кишеньковий довідник із реагування на інциденти «Incident Response Pocket Guide», США); підготовку та сертифікацію лісових пожежників та керівників гасіння різних рівнів; формування стратегічних матеріальних і ресурсних резервів та ін.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останні дослідження (Flannigan, 2009; Dowdy et al., 2019) та звіти міжнародних організацій (Fire management – global assessment, 2007; Forest Fire News, 2007; Global Forest Resources Assessment, 2015; San-Miguel-Ayanz et al., 2018) щодо пожеж у природних ландшафтах підтверджують гостроту цієї проблеми у світі, й в Україні також. На тлі глобальних змін клімату в останні десятиріччя періодично траплялися катастрофічні лісові пожежі, які призвели до масштабних екологічних, економічних та соціальних збитків,

зокрема до загибелі людей. Приміром, у республіці Ботсвана у 2008 р. пожежами було пройдено загальну площу 3,6 млн га (Williams et al., 2010); у США у штаті Каліфорнія у 2008 р. – 469,9 тис. га, загинули 32 людини (Wikipedia contributors, 2019). В Австралії у 2009 р. відбулися великі пожежі на площі близько 2 млн га, під час яких загинули 173 людини й було знищено понад 3,5 тис. будинків («Чорна Субота») (Nolan et al., 2020). У 2010 р. пожежі в Російській Федерації охопили площу 67,7 тис. га, загинули 35 людей (Williams et al., 2010); у 2015 р. пожежами в Сибіру було пройдено площу 1,1 млн га. У 2010 р. під час пожеж в Ізраїлі (3 тис. га) загинула 41 людина (Williams et al., 2010). У 2017 р. відбулася друга найбільша в історії Чилі пожежа, площею 518 тис. га, яка призвела до загибелі 12 людей (Pliscoff, P. et al., 2020). У 2018 р. у США у штаті Каліфорнія, пожежа («Carr Fire») охопила 92,9 тис. га, загинули восьмеро людей (Wikipedia contributors, 2020). У 2019 р. в Австралії пожежами було пройдено близько 10,7 млн га, під час яких загинули 33 людини й було знищено понад тисячу будинків (Morris, 2020).

Проблема пожеж у природних ландшафтах України є гострою, потребує аналізу та негайних дій із удосконалення чинної системи охорони природних територій від пожеж. Згідно з офіційними даними, за останні десятиріччя у середньому щороку на території України трапляється близько 4 тис. лісових пожеж на загальній площі понад 5 тис. га (Zibtsev et al., 2019). За даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), таких пожеж набагато більше. Для прикладу, середньорічна кількість пожеж у природних ландшафтах Рівненської області за період 2001–2018 рр., становить 190 ви-

падків загальною площею 12,6 тис. га (Zibtsev et al., 2019). Сумарна площа пожеж (сільськогосподарських палів) на сільськогосподарських угіддях сягає від 1,28 млн га у 2010 р. до 5,27 млн га у 2014 р. (Zibtsev, & Goldammer, 2019). У 2014 р. в зоні проведення Операції Об'єднаних сил, на території Донецької та Луганської областей спектрорадіометром MODIS зафіксовано 12,5 тис. пожеж, із яких 405 – лісові, а площа соснових лісів, що постраждали від пожеж, досягла 20 тис. га, або 22 % усіх лісів регіону (Environmental Assessment, 2017). У 2015 р. на території Чорнобильської зони відчуження відбулося дві великі пожежі, якими було пройдено площу 14,8 тис. га (Evangeliou et al., 2017), однак у 2020 р. знову сталися великі пожежі на загальній площі 66,2 тис. га (Report of the commissions, 2020). Також у 2020 р. на території Житомирської області відбулися пожежі, якими було пройдено загальну площу понад 6 тис. га та знищено 2 села (Press release, 2020). Масштабність проблеми пожеж у природних ландшафтах України передусім зумовлена використанням вогню на сільськогосподарських угіддях, пожежами в соснових лісах Полісся України та в південних районах Степу України, а також пожежами на території Донецької та Луганської областей, у зоні проведення Операції Об'єднаних сил.

Метою дослідження є оцінка проблеми пожеж у природних ландшафтах України, аналіз чинної системи охорони природних територій від пожеж та опрацювання рекомендацій з її удосконалення. Окрім того, метою публікації є привертання уваги всієї вертикалі виконавчої влади, місцевих органів самоврядування, наукових та освітніх профільних установ, органі-

зацій, що відповідають за запобігання та гасіння пожеж, лісо- та землекористувачів, власників земель до нових умов пожежної небезпеки, які зумовлюють необхідність створення і підтримки на державному рівні якісно нової міжвідомчої, інтегрованої системи охорони природних та культурних ландшафтів від пожеж за прикладом розвинених країн.

Матеріали і методи дослідження. З метою визначення основних показників горимості території, таких як кількість пожеж та їх площа, використано глобальні продукти ДЗЗ системи *MODIS*, які доступні в растровому форматі в репозиторіях «хмарної» платформи *Google Earth Engine (GEE) API* (Gorelick et al., 2017). Дані про кількість пожеж одержано на основі продукту системи *MODIS* про термальні аномалії – *MOD14/MYD14*. Відповідно до нього, кожне спрацювання алгоритму є так званою «гарячою точкою» (hotspot), яка відображає координати центра пікселя 1×1 км, де зафіксовано загорання. Така система дає змогу виявити активні пожежі площею 100 м^2 , або тліючі – $1000\text{--}2000 \text{ м}^2$ (Justice et al., 2002). Окрім того, всі «гарячі точки» поділено на три рівні достовірності виявлення: низький (менше ніж 30 %), середній (30–80 %), високий (понад 80 %). У дослідженні використовувалися дані із середнім та високим рівнями достовірності. Група суміжних пікселів, де упродовж однієї доби було зафіксовано загорання, приймалася як один випадок пожежі. Для оцінки площі згарищ використовували інший глобальний продукт системи *MODIS* – *MCD64A1*, який дає змогу визначити площу згарищ та їх просторове розміщення (Giglio et al., 2018). Оцінку горимості території виконували з урахуванням усіх видів

природних пожеж – лісові, торф'яні, сільськогосподарські пали тощо.

З метою аналізу чинної системи охорони природних ландшафтів від пожеж використовували загальнодоступні офіційні дані державних установ та організацій, інформацію, отриману за допомогою методів ДЗЗ, чинні нормативно-правові акти у сфері охорони природних територій від пожеж, а також матеріали наукових публікацій та звіти міжнародних організацій.

Результати дослідження та їх обговорення. На основі методів ДЗЗ встановлено, що за період 2001–2019 рр. на території України пожежами було пройдено 38,4 млн га природних територій (2,0 млн га щороку). Загальна кількість пожеж за цей період становить 223 тис. випадків (у середньому 11,7 тис. щороку). Середні значення річної кількості та площі пожеж за адміністративними областями зображено на рис. 1.

Аналізуючи пожежні показники окремих областей, можна зазначити, що найбільш гострою проблема пожеж у природних ландшафтах є в південній та східній частинах України, лісистість яких є низькою, а частка сільськогосподарських угідь великою (понад 70 %). Серед областей, у яких пожежі відбуваються найчастіше – Донецька та Дніпропетровська (понад 1 тис. випадків щороку), де частка земель сільськогосподарського призначення становить 84,8 % і 80,9 % відповідно (Land Directory of Ukraine 2020, 2020). За площею, найбільше пожеж у період 2001–2019 рр. відбулося на території Дніпропетровської (3,85 млн га) та Кіровоградської областей (3,77 млн га). Загалом серед усіх областей порівняно високі показники горимості спостерігаються на територіях Дніпропетров-

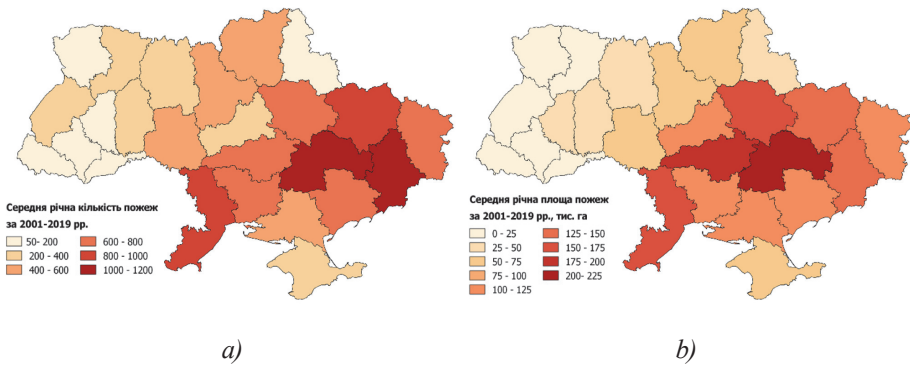


Рис. 1. Середня річна кількість (а) та площа (б) пожеж у природних екосистемах за 2001–2019 рр. за даними глобальних продуктів системи MODIS

ської, Донецької, Кіровоградської, Харківської, Одеської, Полтавської, Луганської, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей. Вагомим доказом гостроти проблеми пожеж на сільськогосподарських землях є сезонна динаміка пожеж (рис. 2).

Як видно на рис. 2, найбільше за площею пожеж стається у липні та серпні, що припадає на період жнив зернових культур. Пожежі, які відбуваються у березні–квітні, – це в основному випалювання сухої трави та лісові пожежі. За досліджуваний період у липні–серпні трапляються пожежі на загальній площі близько 1 млн га.

Розглядаючи динаміку площі пожеж за 2001–2019 рр., можна спостерігати нерівномірність сумарної річної площі пожеж. При цьому максимальна різниця у площі, пройденій пожежами в окремі роки (2008 і 2003 рр.), становить 3,82 млн га (рис. 3).

За досліджуваний період найбільшу площу пожежами пройдено у 2008 р. (4,56 млн га), а також 2001, 2005 і 2014 рр. (3,38 млн га, 3,06 млн га, 2,92 млн га), найменше – у 2003, 2012 та 2013 рр. (менше ніж 0,70 млн га). Така ситуація зумовлена комплексом факторів: кліматичними показниками, площею сільськогосподарських

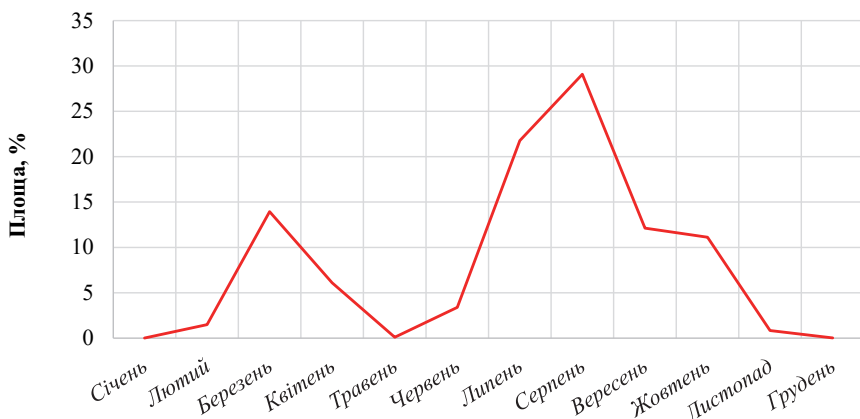


Рис. 2. Сезонна динаміка площі пожеж на території України за 2001–2019 рр.

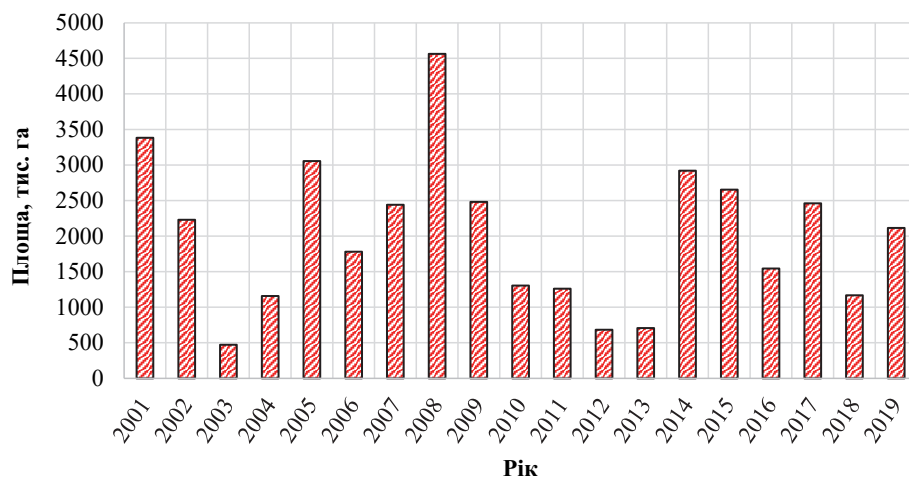


Рис. 3. Динаміка площі пожеж у природних ландшафтах України за 2001–2019 рр., за даними MCD64A1

угідь та рівнем протипожежних профілактичних заходів. Дані, наведені на рис. 3, вказують на масштабність та постійний характер проблеми пожеж на сільськогосподарських угіддях.

На фоні пожеж (палів) на сільськогосподарських угіддях, проблема лісових пожеж видається невагомою, проте, враховуючи наслідки лісових пожеж для екосистеми та економіки країни, її не можна залишити осторонь. Особливо великі лісові пожежі в Україні, які відбулися впродовж 2007–2020 рр. і призвели до загибелі людей, знищення житлових будинків, виробничої та соціальної інфраструктури і унаслідок до колосальних екологічних та економічних збитків, свідчать про те, що Україна більше не належить до країн із низькою пожежною небезпекою та пожежами незначної площі та інтенсивності. Виникнення періодичних катастрофічних пожеж у природних ландшафтах нашої країни потребує аналізу ефективності чинної системи охорони природних ландшафтів від пожеж та

її удосконалення, враховуючи ризики та виклики сьогодення.

З метою аналізу чинної в Україні системи охорони природних ландшафтів від пожеж, що є передумовою для напрацювання шляхів її удосконалення, було детально розглянуто основні її складові елементи, наведено основні недоліки та сформульовано відповідні рекомендації з удосконалення (таблиця).

Чинна система охорони природних територій від пожеж потребує розроблення стратегії з її удосконалення, при цьому основну увагу слід приділяти запобіжним заходам. Корективи наявної системи потрібно здійснювати на основі аналізу пожеж, передусім великих та особливо великих. Зокрема, неналежний аналіз і неприйняття відповідних рішень після пожеж 2015 р. у Чорнобильській зоні відчуження призвели до повторення ситуації у 2020 р.

Кількість пожеж залежить від кількості джерел вогню та визначається умовами лісопожежного середовища,

Компоненти системи охорони природних ландшафтів від пожеж та ключові рекомендації з її удосконалення

| Компоненти системи | Недоліки | Рекомендації |
|--|---|--|
| Організація охорони природних ландшафтів від пожеж | <p>немає єдиної організаційної структури в межах підприємств;</p> <p>персональна відповідальність керівників підприємств за кількість та площу пожеж;</p> <p>типова для всієї території організація охорони територій від пожеж без урахування функціонального призначення територій;</p> <p>немає пожежного районування;</p> <p>немає єдиної організаційної системи охорони с/г угідь від пожеж;</p> <p>система протипожежної охорони ДСНС України розрахована, перш за все, на населені пункти, відповідно, локація пожежних розрахунків часто не дає змоги забезпечити швидке реагування на природні пожежі</p> | <p>оцінювати ефективність охорони природних ландшафтів від пожеж за середньою площею однієї пожежі;</p> <p>розробити загальноприйнятну, науково-обґрунтовану структуру охорони природних територій від пожеж із урахуванням функціонального призначення цих територій;</p> <p>комплексно урегулювати проблему використання вогню на сільськогосподарських угіддях;</p> <p>розробити альтернативу використання вогню на сільськогосподарських угіддях;</p> <p>забезпечити спеціальну підготовку людей, які беруть участь у гасінні пожеж та забезпечують керівництво гасінням</p> |
| Нормативно-правова база | <p>неунормоване питання кваліфікації лісових пожежників;</p> <p>заборона спалювати рослинні рештки призвела до анонімних, неконтрольованих палів;</p> <p>немає затверджених методичних рекомендацій для протипожежного впорядкування лісів;</p> <p>ліквідовано «Укрдіпроліс», який виконував протипожежне впорядкування лісів упродовж багатьох десятиліть і накопичив значний досвід;</p> <p>часто формальний, типовий для всіх підприємств підхід до розроблення проєктів протипожежного впорядкування, без урахування сучасних викликів, недоліків попереднього впорядкування та передових світових досягнень</p> | <p>затвердити законодавчо кваліфікацію лісового пожежника;</p> <p>законодавчо врегулювати питання спеціальної підготовки лісових пожежників та керівників гасіння лісових пожеж;</p> <p>запропонувати альтернативу використання вогню для очищення полів після жнив (матеріальну підтримку, навчання безпечним технологіям контрольованих палів тощо);</p> <p>розробляти проєкти протипожежного впорядкування із використанням моделей ризиків виникнення та поширення пожеж</p> |
| Моніторинг пожеж | <p>неповноцінна система моніторингу пожеж;</p> <p>у статистичних збірниках Держстату не фіксують інформацію про пожежі у відкритих ландшафтах;</p> <p>розбіжність даних Держлісагентства, ДСНС України та Держстату;</p> <p>викривлена пожежна статистика не дає змоги реально оцінювати масштаби проблеми та приймати відповідні управлінські рішення у межах країни;</p> <p>персональна відповідальність керівників підприємств за пожежні показники, зокрема площу пожеж, зумовлює вигоду від заниження реальних даних (Zibtsev et al., 2019);</p> <p>інформація про лісові пожежі, Державного агентства лісових ресурсів України має відомче значення</p> | <p>удосконалити систему збирання інформації про пожежі у природних ландшафтах (забезпечити репрезентативність даних, додати інформацію про пожежі у відкритих ландшафтах);</p> <p>застосовувати методи ДЗЗ для верифікації даних про пожежі;</p> <p>розробити електронну базу пожеж, яка б була спільною для всіх користувачів та містила просторово-часову інформацію про пожежі</p> |

Продовження табл.

| Компоненти системи | Недоліки | Рекомендації |
|-----------------------------------|--|--|
| Забезпечення метеоданими | - використання комплексного показника пожежної небезпеки за умов погоди В. Г. Нестерова (1949 р.) з деякими удосконаленнями – урахуванням опадів за минулу добу; - комплексний показник не завжди ефективно може попередити про загрозу виникнення пожежі (Kuzyk, 2011; Balabukh, 2017) | - потрібно провести спеціальні наукові дослідження із доопрацювання шкали пожежної небезпеки за умов погоди; - розробити та запровадити універсальну систему надання інформації про клас пожежної небезпеки для лісо- та землекористувачів, що дасть змогу забезпечити належний рівень протипожежних заходів і готовності відповідно до поточної безпеки |
| Матеріально-технічне забезпечення | неприбуткові підприємства позбавлені можливості забезпечувати належний рівень охорони природних ландшафтів від пожеж; застаріла техніка (у Державному агентстві лісових ресурсів України майже 80 % пожежної техніки має вік 30–40 років); ліквідація у 2016 р. бази авіаційної охорони лісів, яка забезпечувала оперативне інформування лісогосподарських підприємств щодо рівня пожежної небезпеки погоди, авіаційне патрулювання лісів, пожежну розвідку | слід розробити та запровадити програму фінансування системи охорони природних ландшафтів від пожеж, яка б забезпечувала можливість неприбуткових підприємств забезпечувати охорону від пожеж; розробити план модернізації техніки та невідкладно розпочати її оновлення; забезпечити виконання всіх функцій, які виконувала авіабаза охорони лісів (використовуючи безпілотні літальні апарати, камери відеонагляду тощо) |
| Наукові дослідження | немає наукових установ, які б проводили систематичні лісопірологічні дослідження; організація охорони природних територій від пожеж на підприємствах у межах власної бачення та проєктів протипожежного впорядкування, без наукового обґрунтування; шкала пожежної небезпеки за умовами погоди потребує удосконалення, оскільки в окремих випадках занижує реальну пожежну небезпеку (Hilitukha et al., 2011), що спричиняє низьку готовність персоналу; немає повних даних про запаси горючих матеріалів, їх вологість та фракційну структуру; немає моделей ризиків виникнення та прогнозу поведінки пожеж | організація протипожежної охорони природних територій має здійснюватися з урахуванням наукових досліджень; для системних наукових досліджень має функціонувати спеціалізована організація, яка б координувала наукові дослідження у країні, виконувала наукові дослідження, визначала пріоритети, розробляла науково-практичні рекомендації, проєкти протипожежного впорядкування, брала участь у розробленні нормативно-правової бази |

тоді як площа пожеж (середня площа однієї пожежі) характеризує ефективність служби охорони природних територій від пожеж. Вимоги щодо низьких пожежних показників (кількості та площі пожеж), які поставлені перед керівниками підприємств, установ та організацій, зумовлюють

заниження таких показників у звітності (Zibtsev et al., 2019).

Серед усіх земле- та лісокористувачів найкраще організовано систему охорони лісів від пожеж у лісах державної форми власності (73 % площі лісового фонду країни, 7,6 млн га), на решті площі лісового фонду (2,8 млн

га) рівень переважно незадовільний і неконтрольований, із поодинокими позитивними винятками.

Поряд із лісовими пожежами не менш вагомою є проблема пожеж на сільськогосподарських угіддях і сільськогосподарські пали. Всього на території України 41,5 млн га (68,7 % загальної площі) сільськогосподарських угідь, на яких ведуть свою діяльність 40,7 тис. підприємств, з яких 81,5 % – дрібні підприємства із площею угідь до 500 га. Наразі немає системи фінансування запобігання, виявлення та гасіння пожеж на сільськогосподарських землях. Фактично пожежі у відкритих ландшафтах гасять підрозділи ДСНС України.

Відповідно до чинних нормативно-правових документів, безпосереднє вжиття заходів щодо охорони природних ландшафтів від пожеж, їх гасіння та облік покладено на земле- або лісокористувачів. До моменту виникнення надзвичайної ситуації, пожежа – це проблема землекористувача або лісокористувача на відповідній території, а у разі набуття пожежею ознак надзвичайної ситуації керівництво гасінням переходить до підрозділів ДСНС України. У квітні 2017 р. було прийнято «Порядок організації та застосування авіаційних сил та засобів для гасіння лісових пожеж», який спрощує залучення авіації до гасіння лісових пожеж. Якщо раніше рішення про залучення авіації приймав Кабінет Міністрів України, то тепер таке право мають керівники ДСНС України.

Пожежі на перелогах, землях запасу, виснажених і деградованих, еродованих землях, землях сільськогосподарського призначення, заплавах, пасовищах тощо часто стають причиною лісових пожеж. Гасіння пожеж – це боротьба з наслідками,

що без профілактичних заходів мало впливає на пожежну безпеку у майбутньому. Землекористувачі або орендарі, особливо дрібні, здебільшого не проводять належних профілактичних протипожежних заходів. У квітні 2020 р. унаслідок великої кількості пожеж у природних екосистемах було ухвалено Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України з метою збереження довкілля (щодо посилення відповідальності за дії, спрямовані на забруднення атмосферного повітря та знищення або пошкодження об'єктів рослинного світу)», яким передбачено суттєве збільшення штрафів за забруднення атмосферного повітря, знищення або пошкодження об'єктів рослинного світу, порушення вимог пожежної безпеки в лісах та самовільне випалювання сухої рослинності або її залишків. Проте для ефективної системи охорони природних ландшафтів від пожеж потрібні комплексні зміни, які б цілісно охоплювали всю систему, тобто профілактичні (запобіжні та обмежувальні) заходи, виявлення та гасіння пожеж. Часто фермери та орендарі сільськогосподарських угідь, в умовах недостатнього фінансування або з метою економії, використовують вогонь як агротехнічний захід (наприклад, спалюють солому або випалюють стерню на полях). Раніше таку діяльність здійснювали відкрито, фермери організували підпал рослинних залишків і контролювали поширення вогню. Нині спалювання рослинності на полях заборонено законодавством, за це передбачено адміністративне та кримінальне покарання. Водночас держава не запропонувала фермерам альтернатив, як-от матеріальна підтримка на додаткову оранку або інші

агротехнічні заходи чи інші рішення, наприклад, навчання безпечній технології контрольованих палів, як це зроблено у інших країнах. Це призвело до зворотного результату: якщо раніше власники земельних ділянок спалювали рослинні рештки відкрито та контролювали процес із метою недопущення виходу вогню за межі ділянки, то після введення заборони та штрафів вони продовжували це робити, але не відкрито і без контролю, що призводило до виходу вогню за межі ділянки та розвитку трав'яних, торф'яних і лісових пожеж. Сільськогосподарські пали у 2006 р. в Україні, Білорусі та європейській частині Росії спричинили перенесення значної кількості частинок вуглецю (black carbon) із південно-східними вітрами в Арктику, де ці аерозолі осіли на льодовики, що призвело до зміни їх альbedo та пришвидшення їх танення (Stohl et al., 2007).

Проведення протипожежного впорядкування лісів дає змогу запроєктувати обґрунтовані та ефективні заходи, спрямовані на запобігання виникненню пожеж, обмеження їх поширення, зниження пожежної безпеки в лісі, підвищення пожежостійкості деревостанів, своєчасне виявлення пожеж та їх гасіння, враховуючи економічні, біологічні та екологічні особливості лісового фонду. Нині в Україні ліквідовано Український державний проектно-вишукувальний інститут лісового господарства «Укрдіпроліс», який розробляв проекти протипожежного облаштування для лісгосподарських підприємств упродовж багатьох десятиліть і накопичив цінний досвід. Протипожежне впорядкування лісів здійснюють інші організації, які часто розробляють відповідні проекти формально, типово для всіх підприємств,

не враховуючи сучасні виклики та недоліки деяких протипожежних заходів, які проводилися в минулому. Розглянувши розроблені та затверджені проекти протипожежного впорядкування для різних підприємств, можна дійти загальних висновків, що вони майже не відрізняються від проектів, які розробляли з 1980-х років. Сучасні проекти потрібно розробляти на основі моделювання ризиків виникнення та розвитку пожеж, використання сучасних досягнень у науці й техніці, якот застосування камер відеонагляду для виявлення пожеж, цифрової карти доріг для швидкої доставки сил та засобів пожежогасіння, використання GPS-навігаторів у пожежних автомобілях. Ці проекти мають містити інформацію про можливі тактики гасіння пожеж за різних умов (зокрема, про мінімальну ширину протипожежного бар'єру, можливості застосування відпалу) тощо.

Система охорони природних територій від пожеж базується на статистичній інформації. За браком такої інформації неможливо організувати ефективну систему охорони природних територій від пожеж. Недосконалість системи збирання статистичної інформації зумовлює викривлення пожежної статистики, що не дає змоги реально оцінювати масштаби проблеми та приймати відповідні управлінські рішення в межах країни. Наприклад, у 2014 р. за даними Держстату відбулося 2 тис. лісових пожеж на загальній площі 13,8 тис. га, а за даними Держлісагентства, у підпорядкованих йому лісах – 1,5 тис. пожеж на загальній площі 16,7 тис. га. У 2015 р. за даними Держстату на території України відбулося 3,8 тис. пожеж на загальній площі 14,7 тис. га, з яких 11,2 тис. га у Київській

області, натомість лише на території зони відчуження відбулося дві великі пожежі, якими було пройдено площу 14,8 тис. га (Evangelidou et al., 2017). У базах даних міжнародних організацій ситуація виглядає цілком спокійною, а отже, Україна не потребує відповідної технічної допомоги Європейського Союзу та інших розвинених країн світу. Зокрема, у доповіді Європейського Союзу «Лісові пожежі у Європі, на Близньому Сході та у Північній Африці» у розділі «Україна» подано площу лісових пожеж за 2015 рік до 3 тис. га (European Forest Fire Information System, 2018).

На сьогодні кожен пожежу реєструють супутники, а численні продукти з картами пожеж дають можливість безкоштовно, у вільному доступі отримати інформацію про пожежі (FIRMS, WorldView, OroraTech, GOFC-GOLD, EFFIS та ін.), що спрощує доступ до фактичних даних про пожежі у природних ландшафтах. Враховуючи це, доцільно використовувати супутникові дані в системі моніторингу пожеж.

Оскільки характеристики горючих матеріалів і наявність джерел займання є порівняно сталими та відомими, основним чинником, який визначає пожежну небезпеку природних ландшафтів, є погодні умови. Висока температура та низька відносна вологість повітря упродовж тривалого часу формують умови високого рівня пожежної небезпеки. З метою прогнозування пожежної небезпеки за умов погоди у світі використовують різні методики, найпоширенішими є Канадська система (Canadian Forest Fire Danger Rating System), яку застосовують у багатьох країнах Європейського Союзу. У США є власна національна система (National Fire Danger Rating System).

В Україні з 1960-х рр. використовують комплексний показник пожежної небезпеки за умов погоди В. Г. Нестерова (Nesterov, 1949) з деякими удосконаленнями – урахуванням опадів за минулу добу. Використання комплексного показника є простим, однак не завжди ефективно може попередити про загрозу виникнення пожежі (Kuzuk, 2011; Balabukh, 2017). Наприклад, 19 серпня 2007 р. на території Херсонської області, коли виникла велика лісова пожежа, комплексний показник пожежної небезпеки погоди вказував на 3-й клас пожежної небезпеки (середня пожежна небезпека), а 17–18 серпня взагалі спостерігався 2-й клас (мала пожежна небезпека), комплексний показник почав зростати лише 22 серпня (Kuzuk, & Kucheriavui, 2009). Потрібно провести спеціальні наукові дослідження із доопрацювання шкали пожежної небезпеки за умов погоди, розробити та запровадити універсальну систему надання інформації про клас пожежної небезпеки для лісо- та землекористувачів, що дасть змогу забезпечити належний рівень протипожежних заходів і готовності відповідно до поточної небезпеки.

Більшість земле- та лісокористувачів забезпечують охорону природних територій від пожеж власним коштом. За умов відсутності власних коштів або державного фінансування неприбуткові підприємства не мають можливості забезпечувати належний рівень охорони природних ландшафтів від пожеж. Від 2016 р. в Державному бюджеті України не передбачено фінансування заходів із ведення лісового та мисливського господарства, що призвело до негативних наслідків для лісової галузі, особливо в лісодефіцитних областях, зокрема: не проводять заходи

з охорони і захисту лісу від пожеж, шкідників та хвороб; припинено облаштування протипожежних розривів і мінералізованих смуг і догляд за ними, утримання та забезпечення функціонування лісових пожежних станцій і пунктів спостереження, утримання тимчасових пожежних наглядачів, упорядкування рекреаційних ділянок, гасіння лісових пожеж та протипожежну пропаганду; втрати кваліфікованих кадрів (водіїв пожежних автомобілів, працівників лісових пожежних станцій та іншого персоналу); занедбано пожежну інфраструктуру. У 2019 та 2020 рр. із держбюджету виділено певну суму коштів для проведення протипожежних заходів у пожежонебезпечний період, проте цих коштів достатньо лише для часткової, несистемної підтримки, що можна вважати тимчасовими заходами. Враховуючи це, потрібно розробити та запровадити програму фінансування системи охорони природних ландшафтів від пожеж.

Службу охорони лісів від пожеж підтримують виробничники на основі відповідних напрацювань, які проводили на теренах колишнього Радянського Союзу з урахуванням досвіду інших країн. За браком наукових досліджень, підприємства та організації, які забезпечують охорону природних територій від пожеж, організовують охорону територій від пожеж у межах власних бачень та проєктів протипожежного впорядкування, які розробляють на основі радянських нормативів. Зміни клімату, зміни в суспільстві (підвищення мобільності людей тощо), науково-технічний прогрес потребують сучасного підходу до організації протипожежної охорони природних територій, на науковій основі. Ос-

таннями роками в Україні, в межах науково-дослідних робіт (держбюджетних тематик, міжнародних грантів, дисертаційних робіт) виконували певні дослідження протипожежного спрямування, що, безумовно, є позитивним явищем. Однак тематика цих робіт визначається інтересами виконавців і грантодавців. Тому для системних наукових досліджень має функціонувати спеціалізована організація, яка б координувала наукові дослідження відповідного спрямування в країні, виконувала наукові дослідження, визначала пріоритети, розробляла науково-практичні рекомендації, проєкти протипожежного впорядкування, брала участь у розробленні нормативно-правової бази.

За прогнозами, зміни клімату за різних сценаріїв призведуть до значного скорочення площ соснових лісів у центральній, східній та північній частинах України (Shvydenko et al., 2016), зокрема й унаслідок великих лісових пожеж. Упродовж останніх десятиліть глобальна температура зросла на 0,8 °C, і на сьогодні кліматична система перебуває на шляху підвищення середньої світової температури до +4 °C, хоча Паризька угода 2015 р. визначає безпечний максимум підвищення температури до +2°C (Shvydenko et al., 2016). 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). Враховуючи зазначене, ниніш-

ню систему охорони лісів від пожеж в Україні потрібно постійно удосконалювати. Нині після кожної великої пожежі в систему вносять певні зміни, які зазвичай мають адміністративний характер (збільшення штрафів, контроль за дотриманням правил пожежної безпеки тощо) і не можуть суттєво покращити ситуацію. Управлінські рішення приймають на основі досвіду керівників, і, оскільки немає відповідної наукової установи, вони не мають наукового обґрунтування.

Висновки і перспективи. Систему охорони лісів від пожеж потрібно постійно удосконалювати, з урахуванням усіх її складових елементів. Аналізуючи сучасний стан упровадження нових технологій у системі охорони лісів від пожеж в Україні, можна зробити висновки про те, що в умовах, коли немає бюджетного фінансування, лісгосподарські підприємства намагаються в міру економічних можливостей та кваліфікованості впроваджувати сучасні технології у щоденну практику запобігання та гасіння пожеж. Насамперед, це стосується встановлення камер відеоспостереження для виявлення пожеж та формування мобільних груп на легких пожежних модулях або навіть на мотоциклах для патрулювання та раннього реагування на пожежу. Переважно, йдеться про економічно розвинуті лісгосподарські підприємства Держлісагентства. Система охорони сільськогосподарських угідь майже не діє, землекористувачі не зацікавлені в охороні угідь від пожеж, тому пожежі на таких територіях зазвичай гасять підрозділи ДСНС України. Однак масштаби пожеж у відкритих ландшафтах, як зазначено у статті, є набагато більшими, ніж у лісах, і часто стають причинами лісових пожеж.

Недостатня увага упродовж десятиліть органів центральної та місцевої влади до питань державної підтримки системи охорони лісів та ландшафтів від пожеж зумовила часткове руйнування або суттєве зниження ефективності наявної системи. Зважаючи на нові кліматичні умови, зміни в суспільстві та землекористуванні, потрібно розробити нову національну систему управління пожежами і вжити термінових законодавчих, організаційних, наукових та навчальних заходів на державному рівні. Перш за все, для удосконалення системи охорони природних територій від пожеж необхідно напрацювати нормативно-правову базу, яка б давала чітке розуміння того, як потрібно здійснювати протипожежну діяльність для кожного землекористувача та як будуть забезпечуватися фінансові потреби такої діяльності.

Список літератури

- Balabukh, V. O. (2017). Current Status Of Forecasting Natural Fire Hazard By Weather Conditions In Ukraine. *Scientific Bulletin of National university of civil defence of Ukraine*, 1, 1–7 [in Ukrainian].
- Balabukh, V. O., & Zibtsev, S. V. (2016). Impact of climate change on quantity and area of forest fires in the northern part of the Black sea region of Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 18, 60–72 [in Ukrainian].
- Borsuk, O. A. (2013). Comprehensive assessment of the fire hazard of forests of the Chornobyl NPP exclusion zone. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 187 (1), 167–175 [in Ukrainian].
- California wildfires - 2008. In *Wikipedia the Free Encyclopedia*. Available at https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=2008_California_wildfires&oldid=926551282.

- Carr Fire. In *Wikipedia the Free Encyclopedia*. Available at https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Carr_Fire&oldid=936156109.
- Dowdy, A. J., Ye, H., Pepler, A., et al. (2019). Future changes in extreme weather and pyroconvection risk factors for Australian wildfires. *Sci Rep* 9, 10073. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46362-x>
- Environmental Assessment and Recovery Priorities for Eastern Ukraine*. (2017). Kyiv: VAITE. Available at <https://www.osce.org/uk/project-coordinator-in-ukraine/362581>.
- European Forest Fire Information System. Copernicus Emergency Management Service. Available at <https://effis.jrc.ec.europa.eu/>.
- Evangelidou, N., Zibtsev, S., Myroniuk, V., et al. (2016). Resuspension and atmospheric transport of radionuclides due to wildfires near the Chernobyl Nuclear Power Plant in 2015. *An impact assessment. Sci Rep* 6, 26062. <https://doi.org/10.1038/srep26062>
- Fuel Load Sampling Methods – FIREMON. (2008). USA. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Available at <https://www.frames.gov/partner-sites/firemon/sampling-methods/>.
- Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., & Justice, C. O. (2018). The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. *Remote Sensing of Environment*, 217, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.08.005>
- Global Landscape Fire Challenges a Decade of Progress. (2019). 77 (1), 72.
- Hilitukha, D., Zibtsev, S., & Borsuk, O. (2011). Monitoring of forests damaged by fires and pests in the Chernobyl Exclusion Zone according to remote sensing. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 164 (3), 71–79 [in Ukrainian].
- Jones, P. D., & Moberg, A. (2003). Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and Update to 2001. *Journal of Climate*, 16, 206–223. Available at <https://www.researchgate.net/publication/246364404/>.
- Koren, V. A. (2015). Fire history of forest fires in forests of Polissya part of Rivne oblast. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 219 (1), 85–97 [in Ukrainian].
- Kurbatskiy, N. P. (1970). Investigation of the quantity and properties of forest fuel. *Forest Pyrology*, 5–58 [in Russian].
- Kuzyk, A. D. (2011). Forest fire risk assessment according to weather conditions. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21 (1), 74–81 [in Ukrainian].
- Kuzyk, A. D., & Kucheriavyi, V. P. (2009). Influence Of Meteorological Factors On Xerofillization Of The Forest Environment And Fire Occurrence. *Scientific journal "Forestry and agroforestry"*, 116, 238–244 [in Ukrainian].
- Kuzyk, A. D. (2012). Ecological and forestry basis of fire safety in forest plantations of Small Polissya. *Scientific Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, 361 [in Ukrainian].
- Land Directory of Ukraine 2020. (2020). Available at <https://agropolit.com/spetsproekty/705-zemelniy-dovidnik-ukrayini--baza-danih-pro-zemelniy-fond-krayini>.
- Levchenko, V. V., Borsuk, O. A., & Borsuk, A. A. (2015). *Forest fire fuels*. Kiev: NULES of Ukraine, 238 [in Ukrainian].
- Morris, A. (2020). The bushfires in Australia and housing. *Housing Finance International*, XXXIV (3). Available at <https://www.housingfinance.org/housing-finance-international/archive/?y=2020>.
- Myakushko, V. K. (1978). *Pine forests of plate part of USSR*. Kyiv: Naukova dumka, 255 [in Russian].
- Nesterov, V. H. (1949). *Burning of the forest and methods of its determination*. Moscow: Goslesbumyzdat [in Russian]
- Nolan, R., Boer, M., Collins, L., de Dios, R. Clarke, H., Jenkins, M., Kenny, B., & Bradstock, R. A. (2020). Causes and consequences of eastern Australia's 2019–20 season of

- mega-fires. *Global Change Biology*, 26, 1039–1041. doi:10.1111/gcb.14987
- On urgent measures to prevent fire danger in Ukraine: Decree of the President of Ukraine of August 5, 2010 № 801/2010. Available at <https://www.president.gov.ua/documents/8012010-11766>.
- Perryman, H. A. (2009). A mathematical model of spot fires and their management implications. Master's thesis, Humboldt State University.
- Pliscoff, P., Folchi, M., Aliste, E., Cea, D., & Simonetti, J. (2020). Chile mega-fire 2017: An analysis of social representation of forest plantation territory. *Applied Geography*, 119, 102226. doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102226
- Press release of the Regional Eastern European Fire Monitoring Center for fires near the Chernobyl Exclusion Zone March 29, 2020 – April 16, 2020. Available at <https://nubip.edu.ua/node/75436> [in Ukrainian].
- Prichard, S. J., Sandberg, D. V., Ottmar, R. D., Eberhardt, E., Andreu, A., Eagle, P., & Swedin, K. (2013). *Fuel Characteristic Classification System Version 3.0: Technical Documentation (PNW-GTR-887)*. USA. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Retrieved from <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/45283>.
- Regulations on forest fire stations, order of the State Forestry Committee of Ukraine № 526. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0047-06#Text>.
- Remezov, N. P., & Pohrebniak, P. S. (1965). *Forest pyrology*. Moscow: Forest industry [in Russian].
- Report of the commissions on the assessment of consequences of the fire in the ecosystems of the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve in April 2020*. (2020). State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management. Chernobyl radiation-ecological biosphere reserve. Chernobyl.
- Rjabuha, E. V. (1972). Accumulation of forest litter in forest stands of Ukrainian Polesye. *Scientific journal "Lesovedenie"*, 1, 26–34 [in Russian].
- Rodin, L. E., & Bazilevich, N. I. (1965). *Dynamics of organic matter and biological cycling in the main types of vegetation*. Moscow: Science [in Russian].
- Rowell, A., & Moore, D. P. F., n.d. Global Review of Forest Fires 66.
- Sample areas for forest inventory, SOU 02.02–37–476*. (2006). Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine [in Ukrainian].
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca R., Libertà, G., Branco, A., de Rigo, D., Ferrari, D., Maianti, P., Artés Vivancos T., Oom, D., Pfeiffer, H., Nuijten, D., & Leray D. (2019). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2018. *EU European Commission's science and knowledge service: 178*. doi:10.2760/1128
- Shevchenko, O., Vlsiuk, O., Stavchuk, I., Vakoliuk, M., Illiash, O., & Rozhkova, A. (2014). *Climate Vulnerability Assessment: Ukraine*. Climate Forum East (CFE). Working Group on Climate Change Civic Organizations. Available at http://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability [in Ukrainian].
- Shvydenko, A., Lakyda, P., Schepaschenko, D., Vasylyshyn, R., & Marchuk, Yu. (2014). *Carbon, climate, and land-use in Ukraine: Forest sector*. Korsun-Shevchenkivskyy: Publisher V. M. Gavrishenko [in Ukrainian].
- Shvydenko, A., Buksha, I., & Krakovska, S. (2016). *Strengthening Ukraine's capacity to assess the vulnerability of lowland forests to climate change: report of the EU's international project Clima East № CEEF2015-036-UA* [in Ukrainian].
- Sofronov, M. A., Goldammer, J. G., Volokytna, A. V., & Sofronova, T. M. (2005). *Wildland fire danger*. Krasnoyarsk: Sukachev Institute of Forest [in Russian].
- Stohl, A., Berg, T., Burkhardt, F., Fjærraa, M., Forster, C., Herber, A., Hov, Ø., Lunder, C., McMillan, W., et al. (2007). Arctic smoke – record high air pollution levels in the

- European Arctic due to agricultural fires in Eastern Europe in spring 2006. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 511–534. doi: 10.5194/acp-7-511-2007
- Sydorenko, S., Voron, V., Melnyk, Ye., & Sydorenko, A. (2015). Peculiarities of the mature pine stands formation after surface fires. *Forestry and Forest Melioration*, 127, 169–176 [in Ukrainian].
- Usenya, V. V. (2002). *Forest fires: the consequences and the control*. Gomel: Institute of Forest of the National Academy of sciences of Belarus [in Russian].
- Volokitina, A. V., Sofronov, M. A. (2002). *Classification and mapping of forest fuels*. Novosibirsk: SO RAN [in Russian].
- Voron, V., Tkach, O., Sydorenko, S., Melnyk, Ye. (2017). Stock of forest litter and ground vegetation as an indicator of fire risk in the pine forests of Polissya. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 16. Available at <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/197>.
- Williams, J. A., et al. (2010). Findings and Implications from a Coarse-Scale Global Assessment of Recent Selected Mega-Fires. FAO. Available at <https://www.preventionweb.net/publications/view/20529>.
- Zibtsev, S., & Goldammer, J. G. (2019). Challenges in Managing Landscape Fires in Eastern Europe. *Fire Management Today*, 77 (1), 48–62.
- Zibtsev, S. V., Soshenskyi, O. M., Gumeniuk, V. V., & Koren, V. A. (2019). Long-term dynamic of forest fires in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10 (3), 27–40 [in Ukrainian].
- Zibtsev, S., Goldammer, J., Gumeniuk, V., & Soshenskyi, O. (2017). Protection of settlements, farms and other rural areas against fires. In *The recommendations of the Regional Eastern Europe Fire Monitoring Center in cooperation with the Global Fire Monitoring Center and the Council of Europe*. Kyiv: CP “COMPRINT” [in Ukrainian].
- Zibtsev, S., Soshenskyi, O., & Gumeniuk, V. (2018). Pocket guide for forest firefighter of the Exclusion zone. Regional Eastern Europe Fire Monitoring Center in cooperation with US Forest Service. Available at https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u184/irpg_ukr_bez_rozp_tekstu.pdf.
- Zibtsev, S., Soshenskyi, O., Gumeniuk, V., & Koren V. (2019). Long-term dynamics of forest fires in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10 (3), 27–40 [in Ukrainian].
- Zibtsev, S., Soshenskyi, O., Myroniuk V., & Gumeniuk, V. (2019). Monitoring of landscape fires of the Cross-border Ramsar Territory “Olmany-Perebrody” according to remote sensing. *Forestry and agroforestry*, 134, 88–95 [in Ukrainian].

Zibtsev, S. V., Soshenskyi, O. M., Myroniuk, V. V., Gumeniuk, V. V. (2020). Wildfire in Ukraine: an overview of fires and fire management system. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 15–31. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.015>.

In the last decade, the problem of fires in the natural landscapes of Ukraine has aggravated due to climate change, changes in society and land use. Catastrophic wildfires in 2014, 2015 and 2020 indicate that Ukraine is now in the new climate conditions in terms of the level of fire danger. It is clear that in such conditions departmental forest and landscapes fire protection system is incapable of control over the situation. Such situation requires an analysis of the effectiveness of the existing forest and landscapes fire protection system and its improvement in accordance with new risks and challenges. Based on the methods of RS with the help of modern software products, it was established that in Ukraine over the past 19 years wildfires have damaged 38.4 million

hectares of natural areas, an average of 2.0 million hectares annually. The most severe problem of wildfires is observed in the southern and eastern parts of Ukraine, where forest cover is low, part of agricultural lands is large (over 70%), which indicates, first of all, a problem of agricultural fires. In comparison to fires (burnings) on agricultural lands, the problem of forest fires does not seem very significant. Yet, taking into the account especially large forest fires in Ukraine during 2007 – 2020 that have led to human deaths, destruction of residential buildings, manufacture and social infrastructure, which has resulted in enormous ecological and economical losses, it is clear that forest fire protection system requires deep analysis and appropriate decisions for its improvement. The article is devoted to the study of fires in the natural landscapes of Ukraine, analysis of the current forest and landscapes fire protection system and ways to improve it. The first step towards establishing a modern fire management system in Ukraine should aim at establishing a reliable national fire statistics system, which would highlight the real problem and include all type of landscape fires - in open lands and in forests. The scientific article represents analyzes the landscape fires for the period 2001-2019 according to the global products of the MODIS system. Also in the article, performed the analysis of the components of the current fire management system and the main shortcomings and key recommendations for its improvement are formulated.

Keywords: natural landscapes, fires, current situation, National policy, development strategy.

Отримано: 2020-04-06

ПОВНОДЕРЕВНІСТЬ ТА ОБ'ЄМ СТОВБУРІВ ДЕРЕВ ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО У НАСАДЖЕННЯХ МІСТА КИЄВА

О. М. ЛЕСНИК, кандидат сільськогосподарських наук,
<https://orcid.org/0000-0002-4287-3454>, e-mail: lesnik@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Міські зелені насадження зазнають впливу урбанізованого середовища, що негативно позначається на життєдіяльності рослин. Ріст зелених насаджень на урбанізованих територіях суттєво відрізняється від лісових. Дослідний матеріал відбирали у зелених насадженнях міста Києва під час виконання доглядових рубань. Наведено особливості методичного підходу для проведення замірів основних біометричних параметрів дерев в умовах урбанізованого середовища. Слід зазначити, що гіркокаштан звичайний має певну морфологічну особливість, яка полягає в тому, що на певній висоті стовбур дерева має розгалуження, переважно у вигляді 2-3 скелетних гілок.

Під час моделювання об'єму дерев найбільше значення має встановлення форми математичного зв'язку видових чисел з основними біометричними параметрами дерева. Розраховано статистики основних морфолого-таксаційних показників дерев гіркокаштана звичайного. Визначено, що відсоток об'єму стовбура дерева зменшується зі збільшенням діаметра дерева, і у дерев понад 60 см може становити до 30 % від загального об'єму дерева. На основі кореляційного аналізу модельних дерев встановлено, що видове число стовбура дерев має найтісніший зв'язок із висотою розгалуження стовбура дерева. На основі статистичного аналізу виявлено, що розроблена математична модель адекватна дослідним даним і відповідає основним вимогам щодо точності моделювання відповідних лісотаксаційних нормативів. Встановлено, що систематична помилка розробленої математичної моделі видового числа, оцінена за t -критерієм Стьюдента, не є значущою (тобч < $t_{крит}$).

На основі розробленої математичної моделі видових чисел стовбурів дерев було побудовано таблиці для визначення об'єму стовбурів дерев гіркокаштана звичайного, в основі яких лежить класична формула лісової таксації. Опрацьовано об'ємні таблиці, що розроблені з урахуванням фізіологічних особливостей зростання дерев гіркокаштана звичайного в умовах урбанізованого середовища та можуть бути застосовані у виробничій діяльності підприємств із утримання зелених насаджень міст і населених пунктів.

Ключові слова: діаметр, висота, об'єм стовбура, математична модель, видове число.

Актуальність. Сучасна урбанізація є одним із найважливіших факторів техногенного впливу на природне середовище, що погіршує його стан у містах та інших населених пунктах. Умови росту зелених насаджень на урбанізованих територіях суттєво відрізняються від природних, що позначається на життєдіяльності рослин.

У сучасних умовах багатогалузевого господарства України, проблема послідовного дотримання принципу неперервного і невиснажливого використання природних ресурсів визначає необхідність системного підходу до наукового обґрунтування комплексу питань, пов'язаних з оптимізацією процесів лісовирощування, збагачення біорізноманіття та посилення соціально-екологічної ролі природних екосистем, визначення параметрів раціонального лісокористування, покращення методичного та інформаційного забезпечення обліку деревної рослинності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Під час дослідження міських екосистем дедалі частіше приділяють увагу вивченню особливостей формування біометричних показників дерев в урбанізованому середовищі, які безпосередньо впливають на формування об'єму дерев і його складових (Pillsbury et al., 1998; Myroniuk, 2006; Troxel et al., 2013; Pretzsch et al., 2015; McPherson et al., 2016; Lesnik, 2016, 2017).

При дослідженні об'єму дерев гіркокаштана звичайного в попередніх публікаціях (Lesnik, 2016, 2017) було використано методичний підхід, започаткований В. В. Миролюком (Myroniuk, 2006), у результаті чого було отримано такі результати:

- видове число дерев, у яких немає центрального стовбура дерева на всю висоту дерева, зростає зі збільшенням діаметра дерева;

- зі збільшенням діаметра дерева збільшується об'єм крони і у великомірних деревах може сягати до 70 %;
- розмірно-якісна структура дерев в умовах міста має значно гірші показники порівняно з лісовим середовищем.

Слід зазначити, що у проведених дослідженнях (Myroniuk, 2006; Lesnik, 2016, 2017) в основі визначення об'єму лежить класична формула лісової таксації, де об'єм дерева (V_d) визначають як добуток трьох об'ємів факторів – площі поперечного перерізу (g), висоти (h) та видового числа дерева (f):

$$V_d = ghf; \quad (1)$$

об'єм стовбура ($V_{ст}$):

$$V_{ст} = V_d \cdot P_{ст}; \quad (2)$$

об'єм крони ($V_{кр}$):

$$V_{кр} = V_d - V_{ст}. \quad (3)$$

де $P_{ст}$ – відсоток об'єму стовбура дерева.

Об'єм дерев визначали шляхом їх звалювання, що є доволі трудомістким процесом. Спосіб визначення об'єму дерев, який пропонують інші науковці для насаджень міст (Pillsbury et al., 1998), є менш трудомістким, без зрізання, а з використанням спеціальних приладів, одним із яких є реласкоп. Методично передбачено визначення діаметра у верху та низу секцій, на які розділене дерево. Об'єм кожної секції за цим способом обчислюють за формулою Смаліана так:

$$V = L \frac{A_u + A_b}{2}, \quad (4)$$

де L – довжина секції;

A_u – площа поперечного перерізу у нижній частині секції;

A_b – площа поперечного перерізу у верхній частині секції.

На основі встановлених об'ємів секцій визначають об'єм дерева у цілому. Об'єм дерев моделюють пере-

важно за допомогою степеневого рівняння на основі діаметра дерева або ж діаметра та висоти дерева.

Фінським ученим удалось проаналізувати та узагальнити наукові напрацювання щодо питання визначення об'єму стовбурів дерев у різних європейських країнах (Zianis et al., 2005). Автори навели 230 математичних моделей для визначення цього таксаційного показника. Потрібно зазначити, що найчастіше, у цих математичних моделях, для визначення об'єму стовбурів дерев використовують діаметр і висоту дерева, рідше – значення верхнього діаметра та показники форми.

У цій публікації заплановано провести дослідження повнодеревності стовбурів дерев гіркокаштана звичайного за методикою, реалізованою у чинних нормативах (Nikitin, 1984). Сутність цієї методики полягає у тому, що об'єм стовбурів дерев визначають за класичною формулою лісової таксації, де показник видового числа обчислюють шляхом математичного моделювання (Svynchuk et al., 2014; Myroniuk et al., 2019).

Мета дослідження – розроблення аналітичної моделі визначення видового числа стовбура дерев гіркокаштана звичайного в зелених насадженнях міста Києва та побудова об'ємних таблиць.

Матеріали і методика дослідження. Збирання дослідного матеріалу проводили під час догляду за зеленими насадженнями м. Києва. Методика досліджень базується на використанні сучасних методів збирання та оброблення лісотаксаційної інформації з використанням комп'ютерних технологій, аналізу результатів досліджень, методів математичної статистики та кореляційного аналізу.

В основі отримання первинної лісівничої інформації зазвичай лежить процес вимірювання. Збирання первинної інформації проводили з урахуванням специфіки об'єкта дослідження. Зазначимо, що отримання лісотаксаційної інформації шляхом спостережень і вимірювань таксаційних ознак супроводжується ретельним виявленням притаманних їм закономірностей, взаємозв'язків і взаємозалежностей. В основі отримання первинної числової інформації, яка необхідна для встановлення об'єму деревини, лежить безпосередній обмір біометричних параметрів модельних дерев.

Методика збирання первинної лісівничої інформації передбачала:

- для обміру відбирали лише «ділові» модельні дерева із зазначенням категорії зелених насаджень, до яких вони належать;
- на дереві, що росло, вимірювали: діаметр на комлевому зрізі та висоті 1,3 м від рівня земної поверхні, проекцію крони у двох взаємно перпендикулярних напрямках і висоту розгалуження стовбура;
- після звалювання дерева вимірювали висоту пня;
- на зрубаному дереві визначали діаметр у корі й товщину кори у комлевому зрізі, на висоті 1,3 м, на середині кожної секції;
- вимірювали діаметр у корі й товщину кори для гілок діаметром більше ніж 3 см у верхньому відрізі на середині кожної секції.

Потрібно зауважити, що відбір модельних дерев відбувався після безпосереднього їх огляду. Дерев, які не мали ознак ослаблення та пошкодження, а саме суховершинності, ознак кронування, гнилей, із добре розвинутою кроною приймали як «ділові».

Валка дерев в умовах міської забудови є досить трудомісткою, її проводять за допомогою телескопічного підйомника частинами, отже, довжина секції не була сталою, а знаходилась в межах 0,5–2 м.

Об'єм секцій стовбура обчислювали за допомогою простої формули серединних перерізів:

$$V_{cm} = \sum_{i=1}^k l_i \cdot \gamma_i, \quad (5)$$

де l_i – довжина секції, м;
 γ_i – площа поперечного перерізу на середині i -ї секції ($i=1, k$), м².

Сучасні методи збирання та оброблення експериментальних матеріалів будуються на основі наявних закономірностей зв'язку між основними таксаційними показниками. Вивчення причинно-наслідкових взаємозв'язків є обов'язковою передумовою моделювання, позаяк більшість математичних моделей, які використовують у лісівничій науці, побудовані на поняттях залежності між певними величинами.

Результати дослідження та їх обговорення. Для характеристики дослідного матеріалу здійснено його статистичне опрацювання, у результаті чого було отримано такі статистичні показники для всієї сукупності модельних дерев: середнє арифметичне значення – \bar{X} , середнє квадратичне відхилення – σ , A – асиметрія, E – ексцес, мінімальне – min та максимальне – max значення, коефіцієнт мінливості – V , значення яких наведено у табл. 1.

1. Статистики основних морфолого-таксаційних показників дерев гіркогоаштана звичайного

| Показник | \bar{X} | σ | min | max | A | E | (V) , % |
|---|-----------|----------|-------|-------|------|-------|-----------|
| Діаметр дерева ($d_{1,3}$), см | 38,9 | 11,6 | 17,3 | 66,7 | 0,40 | -0,38 | 29,8 |
| Висота дерева (h), м | 14,1 | 4,3 | 6,8 | 21,7 | 0,16 | -1,30 | 30,5 |
| Висота розгалуження (h_p), м | 2,5 | 0,86 | 1,4 | 7,7 | 2,92 | 14,50 | 34,7 |
| Об'єм стовбура (V_{cm}), м ³ | 0,302 | 0,304 | 0,061 | 1,556 | 2,71 | 8,35 | 100,5 |

На основі масиву дослідних даних було обчислено середні значення відсотка об'єму стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного, згруповані за ступенями товщини, які наведено на рис. 1.

Дерева, які зростають у зелених насадженнях міст та інших населених пунктів, мають потужнішу крону, на відміну від лісових насаджень. Як видно з даних, наведених на рис. 1, зі збільшенням діаметра дерева частка об'єму стовбура залежно від об'єму дерева зменшується.

Першим етапом моделювання повнодеревності стовбурів дерев є визначення тісноти зв'язку морфолого-таксаційних показників, результати якого наведено в табл. 2.

З табл. 2 видно, що старе видове число, в умовах урбанізованого середовища, залежить від висоти розгалуження стовбура дерева.

Подальші дослідження пов'язані з вивченням повнодеревності стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного в урбанізованих умовах. На основі проведеного кореляційного аналізу встановлено, що найтісніший зв'язок старого видового числа (f_{ct}) наявний із висотою розгалуження стовбура дерева (h_p). У результаті багатоваріантного пошуку отримано математичну модель, яка набула такого вигляду:

$$f_{cm} = 0,812 + \frac{0,500}{h_p}. \quad (6)$$

На рис. 2 графічно зображено математичну модель зміни старого ви-

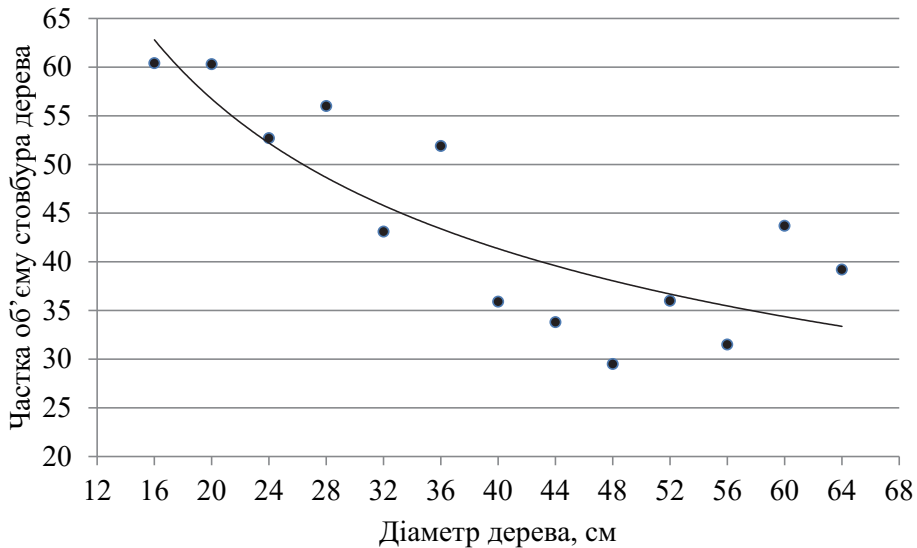


Рис. 1. Зміна об'єму стовбура дерева гіркокаштана звичайного залежно від діаметра

дового числа (f_{ct}) залежно від висоти розгалуження стовбура дерева.

Як видно з рис. 2, показник повнодеревності зменшується зі збільшенням висоти розгалуження та на висоті 2,6 м набуває значення «1,0», що відповідає класичним уявленням про зміну цього показника (Anuchin, 1982). Треба зазначити, що гіркокаштан звичайний рідко формує центральний стовбур на всю протяжність дерева, а має розгалуження у межах 1,5–4 метри, рідко трапляються розгалуження на 5 м і вище (Lesnik, 2017).

Із метою визначення точності розробленої математичної моделі видово-

го числа стовбура дерев гіркокаштана звичайного, було розраховано значення її систематичної помилки (m) та середньоквадратичного відхилення (σ):

$$m = \sum_{i=1}^n \delta_i / n, \quad (7)$$

де δ_i – величина відхилення i -го спостереження у відсотках;

n – кількість спостережень.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\delta_i - m)^2 / (n - 1)}. \quad (8)$$

Розраховані відхилення систематичної помилки та середньоквадратичного відхилення відповідно становлять 2,62 % і 9,35 %.

2. Парні коефіцієнти кореляції таксаційних показників дерева

| Показники | $d_{1,3}$ | h | h_p | f_{cm} |
|---|-----------|------|-------|----------|
| Діаметр дерева ($d_{1,3}$), см | 1 | | | |
| Висота дерева (h), м | 0,83 | 1 | | |
| Висота розгалуження (h_p) | 0,36 | 0,58 | 1 | |
| Видове число стовбура дерева (f_{cm}) | 0,11 | 0,03 | -0,52 | 1 |

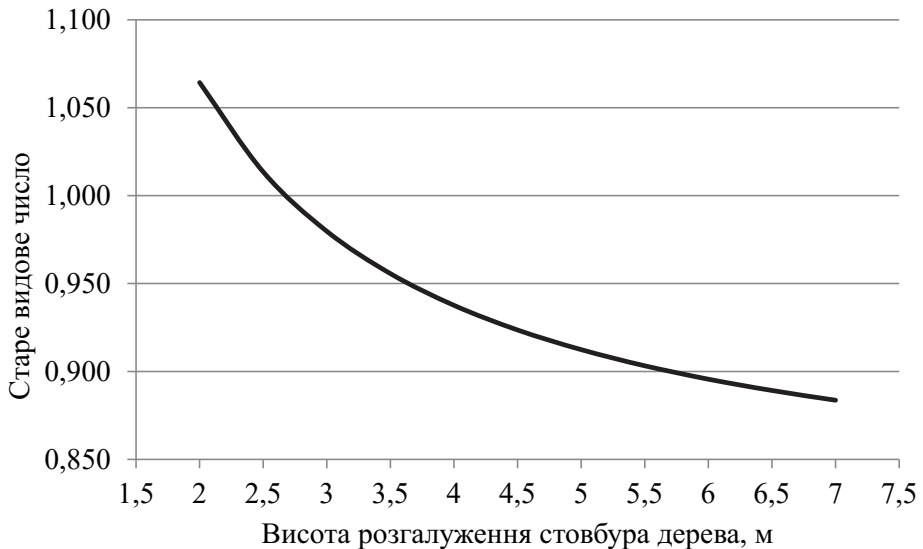


Рис. 2. Повнодеревність стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного

Значущість систематичної помилки було оцінено за t-критерієм Стьюдента:

$$t = \frac{m \cdot \sqrt{n}}{\sigma}. \quad (9)$$

У результаті проведених розрахунків встановлено, що на 5-відсотковому рівні помилка не є значущою, оскільки $t_{\text{обч}} < t_{\text{крит}}$ ($t_{\text{обч}} = 1,79$, $t_{\text{крит}} = 2,02$).

Також проводили перевірку адекватності (Θ) розробленої математичної моделі дослідним даним, яку визначали так:

$$\Theta = 1 - \frac{(\sum y - \bar{Y})^2}{(\sum y - \bar{Y})^2}, \quad (10)$$

де, Θ – адекватність моделі;
 y – фактичні значення величини;
 \bar{Y} – модельні значення величини;
 \bar{Y} – середнє арифметичне значення величини.

Встановлено, що адекватність розробленої математичної моделі дослідним даним становить 0,41, відповідно, модель адекватно описує зада-

ну закономірність між фактичними і змодельованими значеннями.

Для побудови об'ємних таблиць стовбурів дерев використано класичну формулу лісової таксації, згідно з якою об'єм визначають як добуток трьох об'ємотвірних факторів: площі поперечного перерізу (g), висоти розгалуження стовбура дерева (h_d) та видового числа стовбура дерева (f_{ct}):

$$V_{cm} = \left(\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h_p \cdot \left(0,812 + \frac{0,500}{h_p} \right) \right) \cdot 10^{-4}. \quad (11)$$

Відповідно, використавши рівняння 11, було побудовано таблиці визначення об'єму стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного (табл. 3).

Отримані таблиці визначення об'єму стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного є досить простими у використанні, не мають аналогів та можуть застосовуватись у виробничій діяльності підприємств із догляду за зеленими насадженнями міст і населених пунктів.

3. Об'єм стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного (фрагмент таблиці), м³

| Діаметр, см | Висота розгалуження стовбура дерева, м | | | | | | | |
|----------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 |
| 12 | 0,019 | 0,024 | 0,029 | 0,033 | 0,038 | 0,042 | 0,047 | 0,052 |
| 16 | 0,035 | 0,043 | 0,051 | 0,059 | 0,067 | 0,075 | 0,084 | 0,092 |
| 20 | 0,054 | 0,067 | 0,079 | 0,092 | 0,105 | 0,118 | 0,131 | 0,143 |
| 24 | 0,078 | 0,096 | 0,114 | 0,133 | 0,151 | 0,170 | 0,188 | 0,206 |
| 28 | 0,106 | 0,131 | 0,156 | 0,181 | 0,206 | 0,231 | 0,256 | 0,281 |
| 32 | 0,138 | 0,171 | 0,203 | 0,236 | 0,269 | 0,301 | 0,334 | 0,367 |
| 36 | 0,175 | 0,216 | 0,258 | 0,299 | 0,340 | 0,381 | 0,423 | 0,464 |
| 40 | 0,216 | 0,267 | 0,318 | 0,369 | 0,420 | 0,471 | 0,522 | 0,573 |
| 44 | 0,261 | 0,323 | 0,385 | 0,446 | 0,508 | 0,570 | 0,632 | 0,693 |
| 48 | 0,311 | 0,384 | 0,458 | 0,531 | 0,605 | 0,678 | 0,752 | 0,825 |
| 52 | 0,365 | 0,451 | 0,537 | 0,624 | 0,710 | 0,796 | 0,882 | 0,968 |
| 56 | 0,423 | 0,523 | 0,623 | 0,723 | 0,823 | 0,923 | 1,023 | 1,123 |
| 60 | 0,486 | 0,601 | 0,715 | 0,830 | 0,945 | 1,060 | 1,175 | 1,289 |
| 64 | 0,553 | 0,683 | 0,814 | 0,945 | 1,075 | 1,206 | 1,336 | 1,467 |

Висновки і перспективи. У результаті проведеного кореляційного аналізу встановлено, що взаємозв'язок видового числа стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного з таксаційними показниками дерева найбільшою мірою зумовлений впливом висоти розгалуження стовбура дерева. За даними виконаних досліджень обґрунтовано параметри математичної моделі видового числа стовбура дерев гіркогоаштана звичайного. Відповідно перевірка розробленої математичної моделі статистичним шляхом із використанням відповідних критеріїв засвідчила її адекватність і незначущість систематичної помилки. Побудовано нормативи визначення об'єму стовбурів дерев гіркогоаштана звичайного, входами до яких є діаметр дерева у корі на висоті 1,3 м та висота розгалуження стовбура дерева.

Список літератури

- Anuchin, N. P. (1982). *Forest taxation*. Moscow: Lesnaya promishlennost [in Russian].
- Lesnik, O. M. (2016). Correlations between Crown Parameters and Other Taxation Characteristics of *Aesculus Hippocastanum* Trees in Urban Greenery of Kyiv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26.7, 106–111. <https://doi.org/10.15421/40260716> [in Ukrainian].
- Lesnik, O. M. (2017). *Form Factor and Size-Quality Structure of Aesculus Hippocastanum Trees in Stands of Kyiv City*. Kyiv, 163 [in Ukrainian].
- McPherson, E. G., van Doorn, N. S., & Peper, P. J. (2016). *Urban Tree Database and Allometric Equations*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-235. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. <http://dx.doi.org/10.2737/RDS-2016-0005>
- Myroniuk, V. V. (2006). Standards for Evaluation of Volume and Assortment Structure of Maple Trees in the Urban Area of Kyiv. *Scientific Bulletin of Agricultural Education and Science*, 7(3–4), 108–113 [in Ukrainian].
- Myroniuk, V. V., Svychnuk, V. A., Bilous, A. M., & Vasylyshyn, R. D. (2019). *Forest Mensuration: Textbook*. Comprint [in Ukrainian].

- Nikitin, K. E., (1984). *Quality List for the Taxation of the Growing Forest*. Urozhay [in Russian].
- Pillsbury, N. H., Reimer, J. L., & Thompson, R. P. (1998). Tree volume equations for fifteen urban species in California. Tech. Rep. 7, Urban Forest Ecosystems Institute, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, CA.
- Pretzsch, H., et al. (2015). Crown size and growing space requirement of common tree species in urban centres, parks, and forests. *Urban For. Urban Green.* 14, 466–479. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.006>
- Svynchuk, V. A., Kashpor, S. M., & Myronyuk, V. V. (2014). Mathematical models of the volume the main forest species of Ukraine. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 198 (2), 58–64 [in Ukrainian].
- Troxel, B., et al. (2013). Relationships between bole and crown size for young urban trees in the northeastern USA. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12 (2). <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2013.02.006>
- Zianis, D., Muukkonen, P., Makipaa, R., & Mencuccini, M. (2005). Biomass and stem volume equations for tree species in Europe. *Silva Fennica Monographs*, 4, 1–63.

Lesnik, O. M. (2020). Stacked-timber ratio and stem volume of horse chestnut trees within Kyiv City urban stands. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 32–39. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.032>.

Urban forest are influenced by urban environment, what has a negative effect on the vital activities of the trees. Growth environment of trees on urban territories and in natural areas are completely different. Research data was collected in urban forest stands of Kyiv city during thinnings. Special methodological characteristics of the measuring of main biometrical tree parameters in urban area are explained in this work. Importantly, chestnut trees have morphological feature which stems are branching on the certain height leading to occurrence of the several main branches.

Modelling tree stem volume, the most important pattern to find was a mathematical dependence of form factors on the main tree biometrical parameters. Basic descriptive statistics of chestnut trees parameters were estimated. It is defined that the percentage of trunk volume decreases with an increase of tree diameter and in trees over 60 cm can make up to 30% of the total tree volume. Carrying out a correlation analysis of model trees, it was examined that form factors of tree stems were highly linked to the branching height. Based on the statistical analysis it was estimated that developed mathematical model reflected empirical data adequately and could be validated according to the current forest mensuration accuracy requirements properly. Moreover, a bias of the developed form factor model examined using Student t-criteria is not significant.

Respective information-support tables to estimate stem volume of chestnut trees were created based on the developed form factor model, harnessing the classical formula of forest mensuration. Given stem volume tables created considering physiological features of chestnut trees under urban environment conditions can be utilized by the organizations which manage forest stands and parks within settlements.

Keywords: diameter, height, the volume of the stem, mathematical model, form factor.

Отримано: 2020-03-18

ГЕОГРАФІЯ ЗАПОВІДАННЯ ДЕНДРОРАРИТЕТІВ РОДУ *SPIRAEA* L. В УКРАЇНІ

С. Ю. ПОПОВИЧ, доктор біологічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0003-3445-5014>, e-mail: n8u5k0@ukr.net
Національний університет біоресурсів і природокористування України

За останнє півстоліття не зменшується актуальність фітосозологічних досліджень. Тому на таксономічному та фітоценотичному рівнях проаналізовано сучасний стан збереження раритетного дендрорізноманіття роду *Spiraea* L. Установлено кількісний і якісний склад видового автохтонного та інтродукованого, а також фітоценотаксономічного різноманіття, яке охороняється світовими, національними та регіональними червоними та зеленими списками. Дендроекзот *Spiraea sana* Waldst. & Kit. занесено до The IUCN Red List, а *Spiraea media* subsp. *polonica* (Blocki) Dostal (= *Spiraea polonica* Blocki) – до Червоної книги України, решта п'ять видів рослин – до регіональних червоних списків 15 адміністративних областей України. Із п'яти раритетних видів та одного підвиду дендроавтохтонів лише два види в Україні вирощують поза межами їхніх природних ареалів. Усі досліджені таксони рослин різною мірою представлено у природно-заповідному фонді України *in situ* та *ex situ*. Аналіз регіональної репрезентативності їхнього поширення показав нерівномірність збереження таксонів у фізико-географічних рівнинних зонах і гірських країнах. Мережа територій та об'єктів збереження охоплює у степовій зоні 15 заповідних осередків, лісостеповій – 13, зоні широколистяних лісів – 14, зоні мішаних лісів – 13. У Кримських горах та Українських Карпатах досліджені таксони рослин не охороняються, зате за участі трьох видів рослин виявлено фітоценози, які занесено до Бернської конвенції та Зеленої книги України. *Spiraea hypericifolia* L. утворює і бере участь у створенні 10 асоціацій і тому має найширшу фітоценотичну амплітуду. *Spiraea litvinovii* Dobroc. створює окрему формацію чагарникових степів, до складу якої входять шість асоціацій. На рівні співдомінанта *Spiraea media* Franz Schmidt входить до складу лише однієї лісової асоціації. Ці асоціації охороняються у п'ятьох природних заповідниках, двох національних природних парках, одному регіональному ландшафтному парку, шістьох заказниках та одній пам'ятці природи. У перспективі вбачається розвиток системних досліджень про режими збереження популяцій і фітоценозів раритетного дендрорізноманіття.

Ключові слова: природно-географічні регіони, мережа заповідних локалітетів, охоронні раритетні види рослин, охоронні раритетні дендроценози, дендрорізноманіття.

Актуальність. За останні півстоліття в Україні різною мірою означилася тенденція до зниження якісного автохтонного дендрорізноманіття (на рівні видів рослин та фітоценозів) в усіх її природно-географічних регіонах. Вірогідною причиною є очевидне підвищення середньорічної температури повітря та зменшення середньорічної кількості опадів, що суттєвим чином позначається на виживанні рослин, особливо раритетних видів. У ранг раритетних помітними темпами переходять не лише окремі нестійкі до сучасних викликів антропогенізованого середовища види рослин, а й їхні цілі роди та родини (*Stipa* L., *Orchidaceae*). Значною мірою цей тренд позначається й на родовому рівні *Spiraea* L. Тому для обраного роду було важливо виявити ступінь раритетності й обсяги заповідання в Україні його таксономічного та фітоценотичного різноманіття.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За всю історію досліджень рід *Spiraea* L. завжди викликав інтерес, а протягом останніх десятиріч в Україні спостерігається комплексний підхід до розгляду окремих його видів і роду в цілому (Вопуук, 2008; Belemets, 2018). Водночас ще недостатньо уваги надають фітогеографічним дослідженням, зокрема щодо поведінки та стану заповідання раритетних видів рослин та їхніх фітоценозів у межах природно-географічних регіонів України з огляду на динаміку потепління клімату.

Аналіз роду *Spiraea* показав належність певних таксонів до різних червоних списків, зокрема світового (Walter, & Gilett, 1997; Information, 2002; The IUCN Red List, 2018), європейського (Convention, 1979; The European Red List, 1992; Bilz, Kell,

Maxted et al., 2011), національного (Didukh, 2009b) та регіонального (Andrienko, & Peregrum, 2012) значення. Натомість не менш актуальним є охоронний статус раритетних синтаксонів, утворених видами роду *Spiraea* та занесених до Бернської конвенції (Convention, 1979) і Зеленої книги України (ЗКУ) (Didukh, 2009a).

Для встановлення обсягів сучасного стану збереження досліджених видів рослин в Україні ми детально проаналізували флористичні склади територій та об'єктів природно-заповідного фонду України. Результати цієї роботи дали можливість опублікувати низку дендрозологічних каталогів для окремих природно-географічних регіонів: Лісостепу (Порочух, 2011), Степу (Порочух, 2014), Українського Полісся (Порочух, 2017) та зони широколистяних лісів (Порочух, 2020). З огляду на це, досі залишалися не узагальненими географічні аспекти заповідання раритетного дендрорізноманіття роду *Spiraea* в Україні.

Мета дослідження. Основним акцентом досліджень було встановити ступінь репрезентативності заповідання автохтонних та інтродукованих раритетних видів рослин роду *Spiraea*, їхніх фітоценозів в Україні та її окремих природно-географічних регіонах. Результати таких досліджень відкривають можливості розроблення системи режимів збереження на основі природоохоронних (заповідання нових локусів, мінімізація загроз, репатріація, вирощування *ex situ* та *in vitro*), екологічних (оптимізація екорегимів вирощування), фітоценологічних (моделювання і вирощування фітоценозів у штучних умовах) та демекологічних (регулювання структури і динаміки локальних популяцій) механізмів ви-

живання досліджених видів рослин в умовах потепління клімату.

Матеріали і методи дослідження.

Матеріалами дослідження були списки видів рослин роду *Spiraea* та утворених ними фітоценозів, які склали за результатами перегляду близько сотні наукових літературних джерел, довідкових видань, інформаційних ресурсів і матеріалів багаторічних власних польових досліджень. На їх основі формували аутфітосозологічні та синфітосозологічні конспекти для окремих фізико-географічних зон і гірських країн (Marynych, Parkhomenko, Petrenko et al., 2003).

Як основоположний застосували інвентаризаційний метод комплексних досліджень автохтонних та інтродукованих видів рослин (Popovych, Vlasenko, & Kryvenko, 2016; Popovych, Vlasenko, & Vakarenko, 2018). У його основу покладено систематизовані (власні польові та камеральні літературні) відомості про сучасний стан поширення (*in situ*, *ex situ*, *in vivo*) в Україні заповідних дендрораритетів усіх життєвих форм, занесених до червоних списків світового, європейського, національного та регіонального значення. Латинські назви видів і родів рослин вивірено за таксономічними електронними базами даних The Plant List і The IUCN Red List. Для таксонів застосовано правило першого згадування їхніх авторів.

Результати дослідження та їх обговорення. У природній флорі України рід *Spiraea* L. налічує шість видів і один підвид: *Spiraea chamaedrifolia* L. (= *S. ulmifolia* Scop.), *S. crenata* L., *S. hypericifolia* L., *S. litvinovii* Dobroc., *S. media* Franz Schmidt. (subsp. *media*), *S. media* subsp. *polonica* (Blocki) Dostal, *S. pikoviensis* Besser (Belemets, 2018). Для кожного із цих

таксонів стисло опишемо фітоморфічні, екофітоценотичні та фітогеографічні властивості, а також зауважимо основні їхні загрози.

Spiraea crenata – чагарник до 1,0 м заввишки, нанофанерофіт. Виростає на узліссях, степових схилах, пісках. Посухостійка і зимостійка рослина, мезоксерофіт, евритип, асектатор чагарникових фітоценозів і природних угруповань трав'яних типів рослинності на виходах гранітів. Вид належить до номадійського типу ареалу та петрофітного геоелемента. В Україні він поширений у Лісостепу, Степу спорадично, Поліссі та Закарпатті рідко. Загалом це малопоширений вид у межах ареалу. Потерпає внаслідок випасання, рекреації, пожеж. Вид занесено до чотирьох обласних червоних списків.

Spiraea hypericifolia – чагарник до півметра висоти, нанофанерофіт. Виростає на кам'янистих схилах та гранітних відшаруваннях уздовж річок. Посухостійка і зимостійка рослина, ксерофіт, гемістенотип, доміант степових петрофітних фітоценозів. Вид належить до євразійського типу ареалу та степового петрофітного геоелемента, поширений переважно у Лісостепу та Степу, дуже рідко на Поліссі. Загалом в Україні це малопоширений вид на межі ареалу. Утворює чагарниково-степову формацію *Spiraeta hypericifolii*. Як співдомінант формує у Кримських горах, Лісостепу та Степу України чотири лісові й шість степових асоціацій, які занесено до ЗКУ (Shelyag-Sosonko, 1987; Shelyag-Sosonko, Ustyomenko, Popovych et al., 2002; Didukh, 2009a) та Бернської конвенції (Andrienko, & Onyshchenko, 2008). Популяції виду та його фітоценози деградують насамперед унаслідок видобування

граніту та пожеж. Вид занесено до шістьох обласних червоних списків.

Spiraea litwinowii – чагарник, нанофанерофіт, заввишки 0,5–1,0 м. Посухостійка і зимостійка рослина, мезоксерофіт, гемістенотип, асектатор степових фітоценозів. Вид належить до європейського типу ареалу та східноєвропейського степового геоелемента, спорадично поширений у північно-східних районах Лісостепу. В Україні вважається малопоширеним на межі свого природного ареалу. У степовій зоні вид утворює самотійну формацію (*Spiraea litvinovii*) чагарникових степів із шістьма асоціаціями, які занесено до Бернської конвенції (Andrienko, & Onyshchenko, 2008). Рослини та їхні фітоценози потерпають передусім від випасання, пожеж і рекреації. Вид занесено до п'ятьох обласних червоних списків.

Spiraea media – чагарник заввишки 1,0–2,0 м, нанофанерофіт. Посухостійка і зимостійка рослина, ксеромезофіт, геліофіт, геміевритип, асектатор фітоценозів світлих лісів, чагарників. Вид належить до євразійського типу ареалу та бореального монтанного геоелемента. В Україні росте в Карпатах та Правобережному Лісостепу, на Поліссі дуже рідко. Розміщений на східній межі поширення. В Українських Карпатах, як співдомінант, виявлений в одній лісовій асоціації. Популяції виду та його фітоценози деградуєть переважно через вирубування лісів, випасання та рекреаційні навантаження. Вид занесено до трьох обласних червоних списків.

Spiraea media subsp *polonica* – чагарник до півтора метра заввишки, нанофанерофіт, гемістенотип. Виростає на відслоненнях вапняків і карбонатних сланців скелястого берега Дністра, мезоксерофіт, кальцефіл.

Досить посухостійка і зимостійка рослина, асектатор петрофітних чагарникових угруповань. Вважається вузьким подільським ендеміком та реліктом. В Україні поширений лише у середній частині Придністров'я та на Західному Поділлі. Його популяції зникають від руйнування екотопів, рекреації, а також через природні причини. Вид занесено до Червоної книги України (ЧКУ) (Shelyag-Sosonko, 1996; Didukh, 2009b).

Spiraea picoviensis – чагарник до 1,5 м заввишки, нанофанерофіт, виростає на сухих схилах. Посухостійка і зимостійка рослина, ксерофіт, домінант степових петрофітних фітоценозів. Вид належить до європейського типу ареалу та східноєвропейського степового петрофітного геоелемента. В Україні поширений переважно у Лісостепу та Степу, дуже рідко на Поліссі. Вважається ендемом Західного Лісостепу та Полісся. Його популяції деградуєть унаслідок видобування граніту, пожеж і рекреації. Вид занесено до трьох обласних червоних списків.

Окрім проаналізованих вище автохтонів, в обсязі роду *Spiraea* в Україні налічуєтьс 69 видових і внутрішньовидових таксонів екзотів, з яких три варіації та 19 гібридів (Bonyuk, 2008; Popovych, Vlasenko, & Kryvenko, 2016). Із них до складу раритетних належить лише *Spiraea cana* Waldst. & Kit.

Spiraea cana – листопадний чагарник до 1,0 м висотою, нанофанерофіт, мезоксерофіт, мезотроф, геліофіт, мікротерм, посухостійка і зимостійка рослина. Він природно виростає на вапняках у південно-східній частині Західної Європи, Італії, Балканах, належить до понтичного геоелемента флори. Це малопоширений вид у

межах свого природного ареалу, де виступає асектатором чагарникових угруповань. Його внесено до світового (The IUCN Red List, 2018) та Європейського Червоного списку (The European Red List, 1992), а також червоних книг Сербії та Хорватії. Він наявний у 13 колекціях ботанічних садів Європи. В Україні охороняється у колекціях трьох ботанічних садів (Кременецького, Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, ботанічному саду імені О. В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка) та двох дендрологічних парків («Софіївка», «Тростянець»). У цих об'єктах вид потребує збереження у заповідному, рідше заказному режимах, а також детальнішої інвентаризації та визначення ступеня його життєздатності в умовах культивування.

Отже, із досліджених сімох таксонів лише один екзот (*S. cana*) занесено одночасно до The IUCN Red List (2018) та Європейського Червоного списку (The European Red List, 1992). Також один автохтон (*S. media* subsp. *polonica* (*Spiraea polonica*)) увійшов до ЧКУ (Shelyag-Sosonko, 1996; Didukh, 2009b). Решта п'ять видів рослин внесено до регіональних червоних списків 15 адміністративних областей України. Як видно з табл. 1, на регіональному рівні раритетнішим видом є *S. hypericifolia*, який охороняється у шістьох областях. Зі складу досліджених фітоавтохтонів не охороняється лише *S. chamaedrifolia*, тобто його не внесено до жодного червоного списку.

Як видно з табл. 2, у межах степової зони раритетними автохтонами вважають три досліджені види.

Популяції *S. crenata* досить широко поширені й на регіональному рівні охороняються *in situ* у Тилігульсько-

му регіональному ландшафтному парку (Одеська область) і двох ботанічних заказниках – Мальцівському та «Гора Городовище» Харківської області. Цей вид інтродуковано в Одеському ботанічному саду імені В. І. Липського Одеського національного університету імені І. І. Мечнікова.

Значно вищий рівень заповідання має *S. hypericifolia*, яка нині на регіональному рівні охороняється в Українському степовому природному заповіднику (відділенні «Кам'яні Могили» запорізької частини заповідника), Тилігульському регіональному ландшафтному парку та чотирьох заказниках: Климівському ботанічному, загальнозоологічному «Руський орчик», ландшафтних – «Корсак-Могила» та Лучківському (входить до Нижньоворсклянського регіонального ландшафтного парку). Рослини цього виду вирощують в Одеському ботанічному саду імені В. І. Липського Одеського національного університету імені І. І. Мечнікова.

У степовій зоні України проглядається і досить висока екофітоценотична амплітуда *S. hypericifolia*, через що формацію *Spiraea hypericifolia* представляють шість асоціацій: 1) *Spiraetum (hypericifolia) agropirosium (pectinati)*, 2) *S. (hypericifolia) stiposum (capillatae)*, 3) *S. (hypericifolia) stiposum (dasyphyllae)*, 4) *S. (hypericifolia) festucosum (valesiacae)*, 5) *S. (hypericifolia) elytrigosum (repentis)*, 6) *S. (hypericifolia) purosum*. Ці фітоценози належать до євразійського типу ценоареалу з понтичними геоелементами. Вони займають узлісся байрачних лісів, сухі схили зі звичайними чорноземами різного ступеня розмитості, кам'янисті відслонення. Зникають через випасання, викошування, пожежі, заліснення, забудову, тому потребу-

1. Ступінь раритетності видів *Spiraea* L. в Україні

| Латинські назви видів рослин | Червона книга України | Представленість досліджених видів рослин у регіональних червоних списках рослин адміністративних областей | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|---|------------------|----------|-------------|------------|----------|-----------|---------|------------|------------|---------|---------------|------------|-------------|-----------|
| | | Вінницька | Дніпропетровська | Донецька | Житомирська | Запорізька | Київська | Луганська | Одеська | Полтавська | Рівненська | Сумська | Тернопільська | Харківська | Хмельницька | Черкаська |
| <i>Spiraea crenata</i> | | | | | + | | + | | + | | | | | + | | |
| <i>Spiraea hypericifolia</i> | | | | | + | + | | | + | + | | + | | | | + |
| <i>Spiraea litvinovii</i> | | | + | + | | | | | | + | | | | + | | + |
| <i>Spiraea media</i> | | | | | + | | | | | | | + | | | + | |
| <i>Spiraea media subsp polonica</i> | + | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Spiraea pikoviensis</i> | | + | | | + | | | | | | | | + | | | |

2. Стан заповідання раритетних видів *Spiraea* L. в Україні

| Латинські назви видів рослин | Фізико-географічні зони України | | | | Природно-заповідний фонд | |
|-------------------------------------|---------------------------------|-------------|----------------------|---------------|--------------------------|----------------|
| | степова | лісостепова | широколистяних лісів | мішаних лісів | природні території | штучні об'єкти |
| <i>Spiraea crenata</i> | а | а | а | а | 3 | 3 |
| <i>Spiraea hypericifolia</i> | а | а | а | а | 13 | 9 |
| <i>Spiraea litvinovii</i> | а | а | і* | і* | 2 | 1 |
| <i>Spiraea media</i> | і* | а | а | а | 4 | 14 |
| <i>Spiraea media subsp polonica</i> | і* | і | а | і* | 5 | 3 |
| <i>Spiraea pikoviensis</i> | і* | а | і* | і* | 0 | 0 |

Примітка: а – фітоавтохтони, і – види рослин інтродуковано *ex situ* у регіоні, і* – види рослин потребують інтродукції *ex situ* у регіоні. Цифрами позначено кількість заповідних локалітетів.

ють режиму регульованої заповідності. Їх занесено до переліку біотопів (31.8B71 – степова місцевість із чагарниковою степовою рослинністю, у якій домінують *Caragana frutex* (L.) K. Koch., *Prunus tenella* Batsch.

(syn. *Amygdalus nana* L., The IUCN Red List, 2018), *Prunus spinosa* L. (The IUCN Red List, 2018), *Prunus fruticosa* Pall. (The IUCN Red List, 2018), рідше *Crataegus monogyna* Jacq.) Бернської конвенції (Andrienko, & Onyshchenko,

2008). Вони різною мірою заповідані. Перша асоціація охороняється лише в Луганському природному заповіднику (відділенні «Провальський степ»). Друга асоціація більш раритетна, оскільки співдомінант *Stipa capillata* L. занесено до ЧКУ (Shelyag-Sosonko, 1996; Didukh, 2009b). Також цей фітоценоз охороняється у Луганському природному заповіднику (відділенні «Провальський степ») і Тилігульському регіональному ландшафтному парку. Третя асоціація ще більш раритетніша, оскільки співдомінант *Stipa dasyphylla* (Czern. ex Lindem) Trautv.) занесено до ЧКУ (Shelyag-Sosonko, 1996; Didukh, 2009b) та The IUCN Red List (2018). Також вона охороняється в Луганському природному заповіднику (відділенні «Провальський степ»). Четверта асоціація має дещо більше локалітетів заповідання. Її виявлено у природних заповідниках: Луганському (відділенні «Провальський степ»), Українському степовому (відділеннях «Кальміуське» і «Крейдова флора»), Бердянському лісовому заказнику Донецької області. П'ята асоціація охороняється у Луганському природному заповіднику (відділенні «Провальський степ») і лісовому заказнику «Урочище Россохавате» (Донецька область). Найширший діапазон заповідання має шоста асоціація, яка має місце у дев'ятох локалітетах: природних заповідниках – Луганському (відділеннях «Провальський степ» і «Стрільцівський степ»), Українському степовому (відділенні «Крейдова флора»); національних природних парках Донецької області – «Меотида» і «Святі Гори», Тилігульському регіональному ландшафтному парку; двох заказників – загальнозоологічному «Балка Березова» в Луганській області та ландшафтному «Балка Пів-

нічна Червона» у Дніпропетровській області; а також геологічний пам'ятці природи «Королівські скелі» в Луганській області.

Популяції *S. litvinovii* на регіональному рівні охороняються *in situ* у Луганському природному заповіднику (відділенні «Стрільцівський степ») та національному природному парку «Святі Гори» (Донецька область), а *ex situ* – у Донецькому ботанічному саду НАН України. Вид потребує виявлення природних популяцій у степовій частині Харківської області та їх заповідання.

Формація чагарникових степів *Spiraeta litvinovii* має такий синтаксономічний склад асоціацій: 1) *Spiraetum (litvinovii) caraganosum (fruticis)*, 2) *S. (litvinovii) stiposum (tirsae)*, 3) *S. (litvinovii) stiposum (ucraicae)*, 4) *S. (litvinovii) festucosum (valesiacaе)*, 5) *S. (litvinovii) elytrigiosum (intermediae)*, 6) *S. (litvinovii) purosom*. Ці фітоценози, як попереднього виду, належать до євразійського типу ареалу з понтичними геоелементами. Вони займають переважно плато і пологі схили з добре розвиненими південними чорноземами та каштановими ґрунтами, нерідко дерново-карбонатними змитими ґрунтами, які формуються на вапняках та крейді. Інколи угруповання трапляються на узліссях, сухих схилах і кам'янистих відшаруваннях. Мають ті самі загрози зникнення і потребують такого самого режиму збереження, вони віднесені до того самого типу біотопу (31.8B71), що й фітоценози з домінуванням *S. hypericifolia*. Усі шість асоціацій охороняються в Луганському природному заповіднику (відділенні «Провальський степ»), а перша асоціація – ще й у відділенні «Стрільцівський степ» цього ж заповідника. За ступенем раритетності їх можна

впорядкувати у такий ряд значущості: третя → друга → перша → четверта → п'ята → шоста. Раритетна цінність третьої і другої дендросоціацій найвища через співдомінування видів рослин, які занесено до ЧКУ (Shelyag-Sosonko, 1996; Didukh, 2009b). Відповідно – це *Stipa ucrainica* P. Smirn та *Stipa tirsia* Steven. У складі першої асоціації *співдомінує Caragana frutex*, яка у межах степової зони занесена до регіонального червоного списку Полтавської області (Andrienko, & Peregrym, 2012).

Автохтонний підвид зони широколистяних лісів України *S. media* subsp *polonica*, який у ЧКУ (Shelyag-Sosonko, 1996; Didukh, 2009b) наводиться як *S. polonica*, інтродуковано у дендрологічному парку «Асканія-Нова» одноіменного біосферного заповідника (Херсонська область).

У лісостеповій зоні України ми виявили п'ять таксонів із дослідженого складу рослин. Тут, так само, як у Степу, найвищий рівень регіональної репрезентативності заповідання має *S. hypericifolia*, яка охороняється *in situ* у трьох об'єктах природно-заповідного фонду – Павлівському ботанічному заказнику (Одеська область) і двох ландшафтних заказниках Полтавської області (Новосанжарському та «Гора Пивиха»). Дещо ширша мережа заповідних локацій цього виду *ex situ*. Його рослини вирощують у двох дендрологічних парках Черкаської (Національний дендропарк «Софіївка») та Полтавської (Устимівський) областей, п'ятьох парках-пам'ятках садово-паркового мистецтва («Дендропарк "Дружба"» Черкаської області, а також у Полтавській області: Куликівському, «Парку Лубенського лісового технікуму», Криворудському та Полтавському міському). У зв'язку

з цим, необхідними є виявлення природних популяцій у Черкаській області та їх заповідання.

S. hypericifolia у Лісостепу бере участь у формуванні лише однієї раритетної асоціації – *Quercetum (pubescentis) spiraeoso (hypericifoliae)-festucosum (valesiacaе)*. Це острівне угруповання на північній межі поширення, в Україні представляє субсередземноморський тип ценоареалу з неморальними та степовими геоелементами. Воно займає верхні схили південних експозицій із бідними та сухими слабопідзоленими чорноземними ґрунтами. Дендроценоз потерпає від суцільних рубок, тому потребує режиму абсолютної заповідності, постійного контролю, відновлення деревостанів едификатора. Це угруповання внесено до переліку біотопів (41.7 – теплолюбні та надсередземноморські дубові ліси) Бернської конвенції (Andrienko, & Onyshchenko, 2008), а також ЗКУ (Shelyag-Sosonko, 1987; Shelyag-Sosonko, Ustyenko, Popovych et al., 2002). Нині його охороняють тільки у Павлівському ботанічному заказнику Одеської області (Shelyag-Sosonko, Ustyenko, Popovych et al., 2002).

У Лісостепу *S. crenata* охороняється лише *ex situ* в єдиному об'єкті природно-заповідного фонду – дендрологічному парку Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва. Про охоронні локалітети цього виду *in situ* інформації немає. Імовірно, він не виростав або зник із природно-заповідних територій лісостепових частин Одеської та Харківської областей, тому потребує виявлення природних популяцій на землях цих регіонів та їх заповідання. Така сама доля спіткала ще два види рослин – *S. litvinovii* та *S. media*. Зага-

лом у дослідженому регіоні вони досі не заповідані, хоча перший із них мав би бути заповіданий у Черкаській області та лісостеповій частині Харківської області, а другий – у лісостеповій частині Хмельницької області. На відміну від степової зони, у Лісостепу *S. media* subsp *polonica* інтродуковано у двох штучних заповідних парках: ботанічному саду імені О. В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка та дендрологічному парку «Олександрія» (Київська область). Єдине у Лісостепу (Вінницька область) та Україні (Belemets, 2018) загалом природне місцевиростання *S. pikoviensis* залишається досі не заповіданим.

У зоні широколистяних лісів проінвентаризовано також п'ять видів автохтонів роду *Spiraea*, які заповідано спорадично. Тут найширше охороняється *S. media*, яка виростає у трьох об'єктах природно-заповідного фонду *in situ* (двох національних природних парках: «Кременецькі гори» (Тернопільська область) і «Подільські Товтри», а також ботанічному заказнику «Товтра Вербецька» у Хмельницькій області). В умовах *ex situ* вид охороняється у сімох штучних об'єктах лише Хмельницької області. Вони належать до трьох категорій природно-заповідного фонду: двох ботанічних садів (Кам'янець-Подільського Подільського державного агро-технічного університету та Хмельницького національного університету), одного дендрологічного парку (Миньковецького) та чотирьох парків-пам'яток садово-паркового мистецтва (Велико-Новоселицького, Михайлівського, Самчиківського та «Парку імені 500-річчя міста Хмельницького»). У відповідних частинах Житомирської та Рівненської облас-

тей, які належать до зазначеної вище зони, *S. media* не заповідано. Тому на цих землях потрібно виявити природні популяції та взяти їх під охорону. *S. media* subsp *polonica* у своєму вузьколокальному автохтонному ареалі заповідано у п'ятих природно-заповідних територіях *in situ* двох адміністративних областей. Зокрема, у Тернопільській області вид охороняється у національному природному парку «Дністровський каньйон» та двох ботанічних заказниках – Жижавському й Обіжевському. У рівнинній частині Чернівецької області його заповідано у Хотинському національному природному парку та ландшафтному заказнику «Бабинська стінка». Натомість цей вид не охороняється *ex situ*. Утім у межах зони широколистяних лісів досі не заповідано *in situ* та *ex situ* *S. crenata*, *S. hypericifolia* та *S. pikoviensis*. Для цього потрібно здійснити пошуки, а потім для знайдених природних популяцій створити природно-заповідні території у південно-західній частині Житомирської області. Також варто уточнити обсяги поширення *S. pikoviensis* у національному природному парку «Кременецькі гори», оскільки про його наявність тут згадано у низці публікацій (Zelinka, Barna, Shanaida et al., 1995; Bonyuk, 2008; Glincka, 2010; Shtogryn, & Hotskaliuk, 2014). Однак, за результатами дисертаційних досліджень Н. М. Белемєць (Belemets, 2018), доведено наявність тут лише *Spiraea media* s. str.

Для зони мішаних лісів (Українське Полісся) наводять чотири види роду *Spiraea* L. Найкраще заповіданим є *S. media*, яка охороняється *in situ* лише у Надслучанському регіональному ландшафтному парку (Рівненська область). Зате в умовах

ex situ рослини цього виду виявлено у шістьох штучних заповідних парках Рівненської (Березнівському дендрологічному парку, комплексній пам'ятці природи «Висоцький дендропарк») та Житомирської (ботанічному саду Житомирського національного агроекологічного університету, дендрологічному парку «Еліта», парку-пам'ятці садово-паркового мистецтва «Парк імені Юрія Гагаріна», дендрарії ландшафтного заказника «Гамарня») областей. У зв'язку з описаною вище ситуацією, вид потребує виявлення природних популяцій у поліських частинах Житомирської та Хмельницької областей. Після цього доцільно їх оголосити заповідними. *S. hypericifolia* охороняється *in situ* у двох геологічних пам'ятках природи Житомирської області («Скеля "Голова Чацького"», «Скеля Крашевського») та двох об'єктах *ex situ* (садибі національного природного парку «Деснянсько-Старогутський» у Сумській області, парку-пам'ятці садово-паркового мистецтва «Парк імені Юрія Гагаріна» у місті Житомирі). Цей вид потребує пошуку і заповідання природних популяцій у поліській частині Сумської області. *S. crenata* охороняється лише у парку-пам'ятці садово-паркового мистецтва «Парк імені Юрія Гагаріна». Імовірно, вид не виростав або зник із природно-заповідних територій поліських частин Житомирської та Київської областей. Тому є потреба пошуку і заповідання природних популяцій на означених землях. Четвертим видом для Українського Полісся зазначають *S. pikoviensis*, однак це сумнівно. Напевно, помилково у монографії О. О. Орлова та Д. М. Якушенка (Orlov, & Yakushenko, 2005) замість *S. media* s. str. наведе-

но *S. pikoviensis* для природних умов запроєктованого Коростишівського національного природного парку. Окрім цього повідомлення, у статті О. О. Орлова та В. Г. Харчишина (Orlov, & Harchishin, 2011) цей вид наводиться уже для штучних умов парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Парк імені Юрія Гагаріна». Тому, на нашу думку, малоімовірно видається той факт, що він із одного природного локалітету лісостепових умов Вінниччини зміг поширитися у поліські умови Житомирщини. Можливо, за нових пошуків знайдуться природні популяції у поліській частині Житомирської області, які необхідно буде заповісти.

У фізико-географічній гірській країні Українських Карпат не охороняються автохтонні раритетні види роду *Spiraea*, які внесено до регіональних червоних списків Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Чернівецької областей (Andrienko, & Peregrum, 2012). Однак тут помічено одне раритетне рослинне угруповання (*Tilieta (cordatae)-Fageto (sylvaticae)-Piceetum (abietis) spiraeoso (mediae)-athyriosum (flix-feminae)*), яке внесено до ЗКУ (Shelyag-Sosonko, Ustymenko, Popovych et al., 2002), але досі його не виявлено на природно-заповідному фонді зазначених областей. Цей фітоценоз займає вододільні сідловини зі щербенистими буроземними ґрунтами у межах гірських висот 900–1200 м над рівнем моря. Для його оптимального функціонування потрібен заказний режим збереження з акцентом на лісовідновні господарські заходи.

У фізико-географічній гірській країні Кримських гір також не охороняються автохтонні раритетні види роду *Spiraea*, які внесено до регіональних червоних списків Автоном-

ної Республіки Крим загалом (Епа, & Fateriga, 2015) та міста Севастополя зокрема (Red book, 2018). Натомість тут мають місце три дендроасоціації, які занесено до ЗКУ (2009), а саме: *Juniperetum (excelsae) spiraeoso (hypericifoliae)*–*poosum (sterilis)*, *Ju. (excelsae) spiraeoso (hypericifoliae)*–*teucriosum (chamaedryis)*, *Ju. (excelsae) spiraeoso (hypericifoliae)*–*hypnosum (cupressiformis)*. Вони поширені у західній частині та на Південному узбережжі Криму, займають щербенисто-кам'янисті інсуляризовані схили з коричневими вапнянистими ґрунтами, здебільшого, на південних експозиціях до 600 м над рівнем моря. Ці рідколісні угруповання на північно-східній межі фітоценотичного ареалу охороняються у трьох природних заповідниках: Ялтинському гірсько-лісовому, Карадазькому та «Мис Март'яна», двох заказниках: ботанічному «Канака» та ландшафтному «Фіолент». Вони потерпають від рубок, пожеж та рекреації, потребують режиму абсолютної заповідності та організації фітоценотичного моніторингу (Didukh, 2009).

Висновки і перспективи. У природній флорі України налічується п'ять автохтонних раритетних видів та один підвид, що становить 86 % таксономічного складу роду *Spiraea*. Із цієї кількості лише *S. media* subsp *polonica* занесено до ЧКУ (Shelyag-Sosonko, 1996; Didukh, 2009b), решта видів увійшли до регіональних червоних списків адміністративних областей. На регіональному рівні *S. hypericifolia* охороняється шістьма обласними червоними списками. В Україні найкраще разом *in situ* та *ex situ* заповідано *S. hypericifolia* та *S. media* (по 18 об'єктів). Популяції лише *S. pikoviensis* досі не заповідано,

тому вид потребує організації заповідного режиму та культивування у штучних заповідних парках Вінницької, Житомирської та Тернопільської областей.

Раритетне фітоценотаксономічне різноманіття в Україні формують три види. *S. hypericifolia* утворює і бере участь у створенні 10 асоціацій (чотирьох лісових і шістьох степових) у трьох регіонах (Гірський Крим, Лісостеп та Степ). Цей вид має найширшу фітоценотичну амплітуду. *S. litvinovii* у Степу створює окрему формацію чагарникових степів, до складу якої входять шість асоціацій. *S. media* в Українських Карпатах співдомінує в одній лісовій асоціації, яку тут досі не заповідано. Вона має найвужчу фітоценотичну амплітуду. Загалом виявлені раритетні дендроасоціації охороняються у п'ятих природних заповідниках, двох національних природних парках, одному регіональному ландшафтному парку, шістьох заказниках та одній пам'ятці природи.

Список літератури

- Andrienko, T. L., & Onyshchenko, V. A. (Ed.). (2008). *Methodical aspects of introduction of international program "Important Plant Areas" in Ukraine*. Kyiv: Aristej [in Ukrainian].
- Andrienko, T. L., & Peregryn, M. M. (Ed.). (2012). *Official lists of regional rare plants of administrative territories of Ukraine (reference book)*. Kyiv: Alterpress [in Ukrainian].
- (*taxonomy, bioecological features, distribution, use*). (Unpublished doctoral dissertation. Thesis for the degree of Candidate of Biological Sciences: speciality 03.00.05 – botany). Taras Shevchenko National University of Kyiv. Kyiv [in Ukrainian].
- Bilz, M., Kell, S. P., Maxted, N., & Lansdown, R. V. (2011). *European Red List of Vascular Plants*. Luxembourg.

- Bonyuk, Z. H. (2008). *Genus Spiraea L.* Kyiv: VPC "Kyivskiy universytet" [in Ukrainian].
- Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats.* (1979). Bern.
- Didukh, Ya. P. (Ed.). (2009a). *Green Book of Ukraine.* Kyiv: Alterpress [in Ukrainian].
- Didukh, Ya. P. (Ed.). (2009b). *Red Data Book of Ukraine. Vegetable Kingdom.* Kyiv: Globalconsalting [in Ukrainian].
- Ena, A. V., & Fateriga, A. V. (Ed.). (2015). *Red Book of the Republic of Crimea: plants, algae and fungi.* Simferopol: IT "Arial" [in Russian].
- Glinska, S. O. (2010). Rare species of plants of the Maiden Rocks mountain (Kremenets Mountains). In *The Plant Kingdom in the Red Data Book of Ukraine: Implementing the Global Strategy for Plant Conservation. Proceedings of International Conference.* Kyiv: Alterpress [in Ukrainian].
- Information materials on the implementation of the CITES Convention in Ukraine.* (2002). Kyiv: Minecoresursiv Ukrainy i "Bion terrarium centr" [in Ukrainian].
- Marynych, O. M., Parkhomenko, H. O., Petrenko, O. M., & Shyshchenko, P. H. (2003). Improved physical and geographical zoning of the Ukraine. *Ukr. Geograph. Journ, 41*, 16–20 [in Ukrainian].
- Orlov, O. O., & Harchishin, V. T. (2011). Dendroflora of memorial park of garden-park art named after Yu. Gagarin (Zhytomyr). *Forestry & Forest Melioration, 119*, 112–118 [in Ukrainian].
- Orlov, O. O., & Yakushenko, D. M. (2005). *Vegetation of the projected Korostyshiv National Nature Park.* Kyiv: Phytosocial Center [in Ukrainian].
- Popovych, S. Ju. (Ed.). (2020). *The dendrosozological the catalogue of natural-reserved fund of the broad-leaved forest zone of Ukraine.* Kyiv: Komprint [in Ukrainian].
- Popovych, S. Yu. (Ed.). (2011). *The dendrosozological the catalogue of natural-reserved fund of the Forest-steppe of Ukraine.* Kyiv: Agrar Media Grup [in Ukrainian].
- Popovych, S. Yu. (Ed.). (2014). *The dendrosozological the catalogue of natural-reserved fund of the Steppe of Ukraine.* Kyiv: Komprint [in Ukrainian].
- Popovych, S. Yu. (Ed.). (2017). *The dendrosozological the catalogue of natural-reserved fund of Ukrainian Polissya.* Kyiv: Komprint [in Ukrainian].
- Popovych, S. Yu., Vlasenko, A. S., & Kryvenko O. G. (2016). *Checklist of dendroexotics of Ukraine.* Kyiv: Komprint [in Ukrainian].
- Popovych, S. Yu., Vlasenko, A. S., & Vakarenko, O. V. (2018). *Abstract of decorative phytoautochthons of Ukraine.* Kyiv: Komprint [in Ukrainian].
- Red book of the city of Sevastopol.* (2018). Sevastopol: ID "ROST-DOAFK" [in Russian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R. (Ed.). (1987). *Green Book of the Ukrainian SSR: Rare, Endangered and Typical Plant Communities in Need of Protection.* Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R. (Ed.). (1996). *Red Data Book of Ukraine. Vegetable Kingdom.* Kyiv: Ukrainska encyclopedia imeni M. P. Bazhana [in Ukrainian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R., Ustymenko, P. M., Popovych, S. Ju., & Vakarenko L. P. (2002). *Green book of Ukraine. Forests.* Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Shtogryn, M. O., & Hotskaliuk, L. O. (2014). The Geography of Distribution of Biodiversity at the National Natural Park "Kremenets Mountains". *Nature of Western Polissya and adjacent territories, 11*, 145–150 [in Ukrainian].
- The European Red List of Globally Endangered Animals and Plants.* (1992). New York: Organization of the United Nations [in Russian].
- The IUCN Red List ver. 2018.4: Table 3b: Status category summary by major taxonomic group (plants). (2018). Available at http://cmsdocs.s3.amazonaws.com/summarystats/2018-4_Summary_Stats_Page_Documents/2018_4_RL_Stats_Table_3b.pdf.

- The Plant List. (2020). Available at <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew>
- Walter, K. S., & Gillett, H. J. (1998). *IUCN Red List of Threatened Plants. Compiled by the World Conservation Monitoring Centre.* IUCN – The World Conservation Union. Switzerland and Cambridge (UK).
- Zelinka, S. V., Barna, M. M., Shanaida, N. D., et al. (1995). Rare plants of the Kremenets branch of the Medobory State Reserve and measures for their restoration and preservation. In *Problems of formation and functioning of newly created reserves. Proceedings of the scientific-practical conference.* Hrymailiv [in Ukrainian].
-
-

Popovych, S. Yu. (2020). Geography of dendrorarities conservation of the genus *Spiraea* L in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 40–52. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.040>.

*Over the last half century, the relevance of phytosociological research has not diminished. Therefore, at the taxonomic and phytocoenotic levels, the current state of conservation of rare dendrodiversity of the genus *Spiraea* L. was analyzed. The quantitative and qualitative composition of the autochthonous and introduced, as well as phytocenotaxonomic species diversity, which is protected by world, national and regional red and green lists, has been established. *Dendroexot Spiraea cana* Waldst. & Kit. listed in The IUCN Red List, and *Spiraea media* subsp *polonica* (Blocki) Dostal (= *Spiraea polonica* Blocki) – in the Red Book of Ukraine, the remaining five plant species are listed in the regional red lists of 15 administrative regions of Ukraine. Of the five rare species and one subspecies of dendroautochthonous, only two species in Ukraine are being grown outside their natural habitats. All studied plant taxa are represented in different ways in the nature reserve fund of Ukraine in situ and ex situ. Analysis of the regional representativeness of their distribution showed uneven conservation of taxa in physical – geographical plains and mountainous countries. The network of territories and objects of conservation covers 15 protected areas in the Steppe zone, 13 in the Forest-steppe zone, 14 in the zone of deciduous forests, 13 in the zone of mixed forests. In the Crimean mountains and the Ukrainian Carpathians, the studied plant taxa are not protected. Phytocenotic diversity (three species) was identified, which is listed in the Bern Convention and the Green Book of Ukraine. *Spiraea hypericifolia* L. forms and participates in the creation of 10 associations and therefore has the widest phytocenotic amplitude. *Spiraea litvinovii* Dobroc. creates a separate formation of shrub steppes, which includes six associations. At the co-dominant level, *Spiraea media* Franz Schmidt is a part of only one forest association. These dendroassociations are protected in five nature reserves, two national nature parks, one regional landscape park, six nature reserves and one natural monument. In the future, the development of systematic research on the conservation regimes of populations and phytocenoses of rare dendrodiversity is seen.*

Keywords: natural-geographical regions, network of protected localities, protected rare plant species, protected rare dendrocenoses, dendrodiversity.

Отримано: 2020-04-10

АКТУАЛІЗАЦІЯ ТАКСАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ДУБОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ВЕГЕТАТИВНОГО ПОХОДЖЕННЯ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Є. Ю. ХАНЬ, здобувач,

e-mail: khan@nubip.edu.ua

О. П. БАЛА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-6538-8876>, e-mail: bala@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ведення лісового господарства на засадах сталого розвитку, а саме на дотриманні балансу екологічних, економічних та соціальних вимог потребує постійного оновлення та розроблення інструментів об'єктивної оцінки стану та прогнозування змін щодо всіх елементів лісового біогеоценозу. На сьогодні питання прогнозу росту є досить важливими при проведенні актуалізації баз даних під час ведення безперервного лісовпорядкування. Дубові деревостани вегетативного походження відіграють важливу роль у природному формуванні екосистем Лісостепу України, на них припадає значна частка (близько 26 % загальної площі всіх дубових деревостанів), тому важливим стає питання розроблення моделей актуалізації таксаційних показників таких насаджень. Метою цієї роботи є розроблення на основі таблиць ходу росту для модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження моделей прогнозу росту за основними таксаційними показниками, а саме: середньою висотою, середнім діаметром, сумою площ поперечних перерізів на 1 га та запасом на 1 га. За основу моделювання прогнозу росту за всіма таксаційними показниками використано співвідношення значення таксаційного показника рік вперед до того самого показника зараз, узятото із таблиць ходу росту для модальних деревостанів вегетативного походження у розрізі динамічних класів бонітету та територіального розташування. Для опису отриманих залежностей використано дещо модифіковану функцію щільності логнормального розподілу. Основні параметри математичних моделей для прогнозу таксаційних показників встановлювали за допомогою використання функції нелінійної регресії статистичного пакета прикладних програм IBM SPSS Statistics. Для порівняння отриманих результатів і для аналізу отриманих даних застосовували графічний та аналітичний методи. В результаті досліджень отримано коефіцієнти рівняння, які з достатньою точністю описують досліджувані співвідношення та прогнозують ріст за основними таксаційними показниками на різних вікових проміжках. При прогнозуванні таксаційних показників за допомогою розроблених математичних моделей відхилення від таблиць ходу росту модальних мішаних деревостанів дуба

звичайного Лісостепу України майже не відрізняються на всіх вікових проміжках та у відносних величинах становлять менше ніж 1 %, але при прогнозуванні середнього запасу у молодому віці можуть наближатися до 4 %. Бажано, щоб період прогнозування не перевищував 10–15 років.

Ключові слова: модальні деревостани, дуб звичайний, таксаційні характеристики, походження деревостанів, прогноз росту, таблиці ходу росту, математичне моделювання.

Актуальність. Методичні підходи щодо формування таблиць ходу росту модальних деревостанів, сформульовані М. П. Анучиним, передбачають використання даних лісовпорядкування, при цьому однією з умов практичності та достовірності отриманих результатів є застосування динамічних бонітетних шкал, які враховують особливості росту основних лісотвірних деревних видів (Anuchin, 1982; Nikitin, & Shvidenko, 1978). Точність і якість проведення лісовпорядних робіт, переважно, залежить від наявності достатньої кількості достовірної інформації про стан та зміни у лісовому фонді. Перехід України на засади безперервного лісовпорядкування потребує розроблення ефективних систем обробки інформації з можливістю її оперативної актуалізації (Hirs, Novak, & Kashpor, 2004). Від 1990 р. лісове господарство України перейшло на безперервну систему лісоінвентаризації та господарювання. Ця система господарювання потребує потужної інформаційної та технічної підтримки. З цією метою виробниче об'єднання «Укрдержліспроєкт» створило автоматизовану інформаційну систему «Управління лісовими ресурсами» (УЛР), яку почали розробляти ще в 1979 р. Безперервне (щорічне) лісовпорядкування, як один із методів упорядкування лісового фонду країни, на

відміну від базового, має цілу низку переваг, які насамперед дають можливість отримати найбільш повну та достовірну інформацію про сучасний стан лісового фонду. Поглиблене вивчення закономірностей росту модальних лісостанів має особливе значення при проведенні безперервного лісовпорядкування, оскільки враховує не лише сучасний стан насаджень, а і їх зміну в динаміці. Найповніше такі дані можна отримати із нормативів таблиць ходу росту для модальних деревостанів, що дають змогу відобразити особливості динаміки та процесів росту у характерних лісостанах, а також оцінити результати ведення господарства, аналізуючи їхній реальний стан. Таблиці ходу росту (ТХР) для модальних деревостанів слугують вихідним матеріалом для розроблення математичних моделей прогнозу росту лісостанів за основними таксаційними показниками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для дуба звичайного вегетативного походження в Україні єдиними чинними нормативами є загальні таблиці ходу росту нормальних деревостанів і таблиці динаміки товарності М. В. Давидова (Shvidenko, Stochinskiy, Savich, & Kashpor, 1987). Вивченням питань росту дуба звичайного Лівобережного Лісостепу займалися також науковці Українського науково-дослідного інституту лісово-

го господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА) В. П. Ткач, Р. В. Головач та М. М. Ведмідь, в результаті чого було розроблено таблиці ходу росту нормальних дубняків вегетативного походження на бонітетній основі для вказаного регіону дослідження (Ткач, Golovach, & Vedmid, 2013). Дослідженням продуктивності модальних деревостанів різних деревних видів на теренах колишнього Радянського Союзу присвячено велику кількість публікацій (Bala, & Terentiev, 2011; Bala, 2019; Kozlovskyy, & Pavlov, 1967; Kobets, 2015; Lakyda, & Bala, 2012; Moiseev, Moshkaliyov, & Nakhbatshev, 1968; Saban, 1977; Shvidenko, Shchepashchenko, Nilson, & Bului, 2003; Yuditskii, 1982).

На сьогодні методика розроблення моделей актуалізації більшості таксаційних параметрів, що використовується при лісовпорядкуванні, базується на моделюванні відсотка поточного приросту за висотою та подальшого розрахунку інших показників через змодельовані базові та нормативні дані (Strochinskiy, 1992). При розробці моделей для актуалізації середньої висоти використовували моделювання не абсолютної величини цього показника, а відсотка поточного приросту за висотою, при цьому застосовували прості степеневі функції (Strochinskiy, 1999). Враховуючи більшу мінливість середнього діаметра, порівняно з висотою, та значний вплив на нього інтенсивності проведення рубок, а також тісний кореляційний зв'язок між діаметром і висотою при актуалізації середнього діаметра, використовували співвідношення діаметра до висоти (D/H) у трьох виглядах: у базовому віці, нормативне у базовому віці та

нормативне актуалізоване. Нормативні значення співвідношення D/H визначали за моделями, наведеними в роботі (Strochinskiy, Shvidenko, & Lakida, 1992). Останнім часом дослідження прогнозу росту в Україні набуло іншого спрямування та базується на розроблених динамічних бонітетних шкалах і таблицях ходу росту для модальних насаджень. У цьому методі для математичного моделювання використовують основні таксаційні показники: середня висота, середній діаметр, сума площ поперечних перерізів або видове число і запас на 1 га. За основу моделювання прогнозу росту за всіма таксаційними показниками використано співвідношення значення таксаційного показника рік уперед до того самого показника зараз (Lakyda, & Bala, 2012; Lakyda, Terentiev, & Vasylyshyn, 2012; Lakyda, & Aleksiiuk, 2017; Lakyda, & Atamanchuk, 2014; Lakyda, & Volodymyrenko, 2008; Lakyda, Oborska, Blyshchuk, & Smolin, 2020).

Мета дослідження: здійснити моделювання прогнозу росту деревостанів дуба звичайного вегетативного походження за основними таксаційними показниками для Лівобережного та Правобережного Лісостепу України.

Матеріали і методика дослідження. Прогнозування росту основних таксаційних показників для модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження у наших дослідженнях базується на розробленій динамічній бонітетній шкалі й таблицях ходу росту для модальних деревостанів, що були розроблені раніше (Bala, & Khan, 2016). Математичному обробленню та моделюванню підлягали основні таксаційні параметри, такі як середня висота, середній діаметр, сума площ поперечних перерізів

і запас на 1 га. Групування вихідних даних здійснювалося на бонітетній основі, з використанням побудованої динамічної бонітетної шкали, відповідно до типу росту дуба звичайного вегетативного походження Лівобережного та Правобережного Лісостепу (Bala, & Khan, 2016).

За основу моделювання прогнозу росту, як за висотою, так і за іншими таксаційними показниками, було вирішено взяти співвідношення значення таксаційного показника рік уперед до того самого показника зараз, узятого із таблиць ходу росту для модальних де-

ревостанів вегетативного походження в розрізі динамічних класів бонітету та територіального розташування (окремо для Лівобережного та Правобережного Лісостепу). Загальний вигляд цього відношення такий: T_{A+1}/T_A , де T – значення таксаційного показника, A – вік деревостану (Lakyda, & Bala, 2012). Для опису отриманих залежностей вирішено використати дещо модифіковану функцію щільності логнормального розподілу, яку успішно застосовано в подібних дослідженнях (Lakyda, Terentiev, & Vasylyshyn, 2012):

$$T_{A+n} = T_A \cdot \prod_{i=1}^n \left(a_0 + a_1 \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot a_3 \cdot (A+n)} \cdot e^{-\frac{(\ln(A+n) - \ln a_2)^2}{2a_3^2}} \right). \quad (1)$$

Основні параметри математичних моделей для прогнозу таксаційних показників встановлювали за допомогою використання функції нелінійної регресії статистичного пакета прикладних програм IBM SPSS Statistics. Також для порівняння теоретичних і емпіричних даних та для подальшого аналізу отриманих результатів застосовували графічний та аналітичний методи (Abramowitz, Milton, Stegun, & Irene 1965; Handbook of forest mensuration, 2013; Kiviste, 1988; Shmoilova, Mynashkyn, Sadovnikova, & Shuvalova, 2005; Svalov, 1979). Адекватність отриманих рівнянь оцінювали за допомогою F -критерію Фішера та коефіцієнта детермінації R^2 , а значущість коефіцієнтів рівняння визначали за допомогою t -критерію Стьюдента. Також здійснено порівняння характеристики отриманих нормативів прогнозу росту деревостанів за основними таксаційними показниками з модальними показниками розроблених ТХР

без їх актуалізації та моделями актуалізації росту дубових деревостанів насінневого походження Лісостепу України (Lakyda, & Bala 2012).

Результати дослідження та їх обговорення. Середня висота як таксаційний показник характеризується незначним варіюванням порівняно з середнім діаметром, абсолютною або відносною повнотами чи запасом. З іншого боку, для визначення класу продуктивності (класу бонітету) враховують походження, вік і середню висоту деревостану, завдяки чому можна прогнозувати не лише ріст дубових деревостанів за висотою, а і їхню продуктивність. Оскільки середня висота деревостану має тісний кореляційний зв'язок із більшістю таксаційних показників, її використовують як основу для прогнозування таксаційних показників на заданий період. Розрахувавши співвідношення значення середньої висоти рік уперед до того самого показника зараз, узятого із таблиць ходу росту для мо-

дальних деревостанів вегетативно-го походження в розрізі динамічних класів бонітету та територіального розташування, ми виявили певну залежність від віку деревостану, графічну інтерпретацію якої наведено на рисунках 1 і 2.

Оскільки на ріст дуба звичайного вегетативного походження мають значний вплив ґрунтово-кліматичні

умови, важливо порівняти отримані співвідношення показників для Лівобережного та Правобережного Лісостепу України.

Із даних рисунків можемо простежити, що в молодому віці (до 20 років) насадження дуба, які зростають на Лівобережжі, мають більшу дисперсію за класами бонітету. Після віку 40 років для обох частин

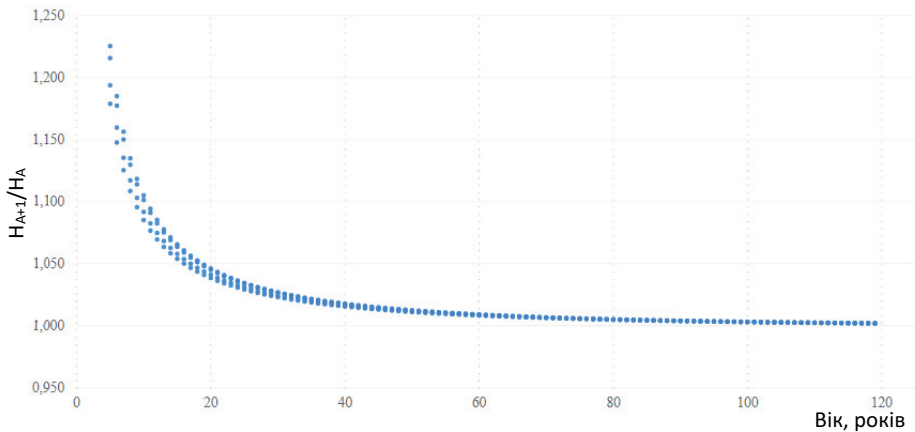


Рис. 1. Динаміка співвідношення висоти 1 рік уперед до висоти на теперішній час для деревостанів дуба звичайного вегетативного походження Лівобережного Лісостепу

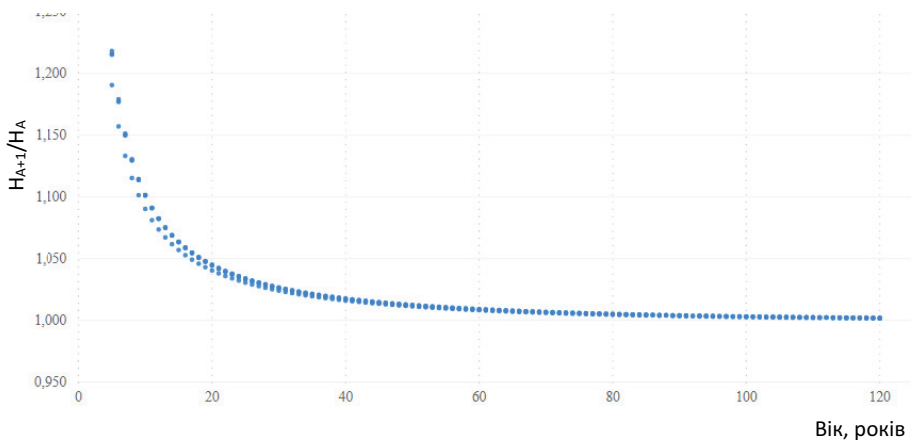


Рис. 2. Динаміка співвідношення висоти 1 рік уперед до висоти на теперішній час для деревостанів дуба звичайного вегетативного походження Правобережного Лісостепу

лісостепової зони клас бонітету на досліджуване співвідношення фактично не впливає. На основі динаміки співвідношень середньої висоти

деревостану в різні вікові періоди та в результаті математичних спрощень було отримано рівняння актуалізації висоти для Лівобережного Лісостепу:

$$H_{A+n} = H_A \cdot \prod_{i=1}^n \left(0,998 + 6,828 \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 2,664 \cdot (A+n)} \cdot e^{-\frac{(\ln(A+n) - \ln 4,799)^2}{2 \cdot 2,664^2}} \right), \quad (2)$$

та для Правобережного Лісостепу:

$$H_{A+n} = H_A \cdot \prod_{i=1}^n \left(0,998 + 6,908 \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 2,613 \cdot (A+n)} \cdot e^{-\frac{(\ln(A+n) - \ln 4,738)^2}{2 \cdot 2,613^2}} \right), \quad (3)$$

Отримані моделі дають змогу прогнозувати ріст дубових деревостанів вегетативного походження Лісостепу України за середньою висотою, входами до яких є початкова висота, вік і період прогнозування. Враховуючи несуттєву відмінність отриманих співвідношень у розрізі класів бонітету для середньої висоти та середнього діаметру, математичні моделі розділено лише регіонами лісостепової зони.

У результаті розрахунків, проведених у пакеті статистичного аналізу IBM SPSS Statistics, було здійснено оцінку параметрів рівнянь та достовірності моделей. Регресійна модель пояснює більше ніж 90 % варіації залежної змінної, оскільки квадрат множинного коефіцієнта кореляції R^2 для кожного з рівнянь становить значення, близьке до 1 (для Лівобережного Лісостепу – 0,992 та для Правобережного

Лісостепу – 0,997). Отримане значення t -критерію порівнюють із критичними значеннями за допомогою таблиці, входами якої є кількість ступенів свободи та рівень значущості. Для рівня значущості $p=0,05$ та 787 ступенів свободи критичне значення t -критерію становить 1,96. Для отриманих коефіцієнтів фактичні значення t -критерію у випадку Лівобережного Лісостепу такі: $a_0 - 3219$, $a_1 - 13$, $a_2 - 9$, $a_3 - 14$; для Правобережного Лісостепу: $a_0 - 5253$, $a_1 - 22$, $a_2 - 15$, $a_3 - 24$. Як бачимо, всі вони більші за критичні значення, тому всі коефіцієнти отриманих моделей є значущими на 5-відсотковому рівні.

Для прогнозу співвідношення середнього діаметра 1 рік уперед до діаметра на теперішній час отримано модель прогнозу для насаджень Лівобережного Лісостепу:

$$D_{A+n} = D_A \cdot \prod_{i=1}^n \left(1 + 13,998 \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 7,349 \cdot (A+n)} \cdot e^{-\frac{(\ln(A+n) - \ln 11,652)^2}{2 \cdot 7,349^2}} \right), \quad (4)$$

для насаджень Правобережного Лісостепу:

$$D_{A+n} = D_A \cdot \prod_{i=1}^n \left(1 + 8,861 \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot 4,318 \cdot (A+n)} \cdot e^{-\frac{(\ln(A+n) - \ln 6,932)^2}{2 \cdot 4,318^2}} \right). \quad (5)$$

Значення суми площ поперечних переріз для модальних лісостанів необхідне для знаходження актуалізованої відносної повноти та видового числа. За цим показником, як і за

середнім діаметром та середньою висотою, динаміка співвідношення має таку саму залежність, як показано на рис. 2. Однак дослідження показали, що за сумою площ поперечних пере-

різів спостерігається відмінність не лише за територіальною належністю, а й за класами бонітету. На рис. 3 для порівняння наведено зміну співвідношення суми площ поперечних перерізів у розрізі класів бонітету.

Із даних рис. 3 можна помітити, що чим вище клас бонітету, тим значення відношення для одного й того самого віку менші, при цьому така залежність спостерігається на всьому віковому проміжку. В результаті моделювання були отримані коефіцієнти рівняння за основними класами бонітету, які наведено в табл. 1.

Моделювання співвідношення запасів на 1 га відбувалося за тією самою методикою й типом математичної моделі, що і для суми площ поперечних перерізів. Отримані коефіцієнти рівняння наведено в табл. 2.

Аналізуючи отримані результати за всіма змодельованими таксаційними показниками, можна стверджувати про досить високий рівень точності математичних моделей. Коефіцієнти детермінації R^2 для Лівобережного та Правобережного Лісостепу дорівнюють 1,000. Адекватність отриманих рівнянь оцінювали за допомогою

F -критерію Фішера, фактично пороховані величини $F_{факт}$, що зазначені в таблицях 1 і 2, значно перевищують критичне значення $F_{крит}$, яке для досліджуваної кількості спостережень становить 1,257. Це свідчить про досить високу точність отриманих моделей згідно із вихідними даними. Значущість коефіцієнтів рівняння визначали за допомогою t -критерію Стьюдента, відповідно ці моделі є прийнятними для моделювання і досить чітко описують дослідні дані, а всі коефіцієнти при незалежних змінних є значущими на 5-відсотковому рівні значущості.

Для аналізу отриманих результатів актуалізації таксаційних показників проведемо порівняння точності прогнозування росту за розробленими моделями на основі таблиць ходу росту для модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження, а також порівняємо із розробленими раніше моделями прогнозу росту для штучних насінневих дубових деревостанів Лісостепу України (Lakyda, & Bala, 2012). Для цього було використано дані таблиць ходу росту для модальних деревостанів

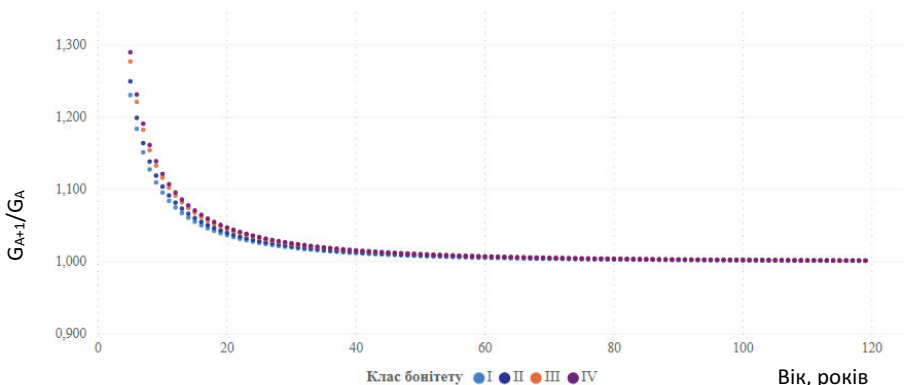


Рис. 3. Динаміка співвідношення суми площ поперечних перерізів на 1 га один рік уперед до того самого показника на теперішній час для дубових деревостанів Лівобережного Лісостепу у розрізі класів бонітету

1. Значення параметрів моделі прогнозу суми площ поперечних перерізів для дубових насаджень вегетативного походження Лісостепу України

| Клас бонітету | Параметри | | | | $F_{факт}$ |
|------------------------|-----------|-------|-------|-------|---------------|
| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | |
| Лівобережний Лісостеп | | | | | |
| I | 0,999 | 6,822 | 2,110 | 2,187 | 1 226 473,144 |
| II | 0,999 | 7,447 | 2,128 | 2,213 | 1 334 835,456 |
| III | 0,999 | 8,446 | 2,118 | 2,226 | 719 096,5198 |
| IV | 0,999 | 8,903 | 2,099 | 2,282 | 1 206 424,796 |
| Правобережний Лісостеп | | | | | |
| I | 0,999 | 6,652 | 1,639 | 2,404 | 1 123 921,821 |
| II | 0,999 | 6,989 | 1,854 | 2,262 | 1 607 622,735 |
| III | 0,999 | 7,846 | 1,557 | 2,492 | 1 879 724,141 |
| IV | 0,999 | 8,311 | 1,426 | 2,599 | 1 425 145,903 |

2. Значення параметрів моделі прогнозу середніх запасів для дубових насаджень вегетативного походження Лісостепу України

| Клас бонітету | Параметри | | | | $F_{факт}$ |
|------------------------|-----------|--------|-------|-------|---------------|
| | a_0 | a_1 | a_2 | a_3 | |
| Лівобережний Лісостеп | | | | | |
| I | 0,997 | 12,786 | 2,435 | 2,623 | 1 089 671,613 |
| II | 0,997 | 14,213 | 2,301 | 2,631 | 1 802 079,902 |
| III | 0,997 | 16,675 | 2,053 | 2,686 | 1 297 682,131 |
| IV | 0,996 | 17,261 | 2,039 | 2,626 | 1 013 894,370 |
| Правобережний Лісостеп | | | | | |
| I | 0,997 | 11,848 | 2,844 | 2,688 | 1 506 098,602 |
| II | 0,997 | 12,738 | 2,769 | 2,474 | 1 364 564,502 |
| III | 0,997 | 14,050 | 2,556 | 2,741 | 1 475 687,751 |
| IV | 0,997 | 14,288 | 2,545 | 2,792 | 1 139 165,704 |

для середньої висоти та запасу на 1 га, починаючи з 5 до 120 років із градацією 1 рік. Наявна практика лісовпорядкування свідчить, що актуалізацію таксаційних показників проводять, переважно, на період не більше ніж 10 років, у деяких випадках цей термін може сягати 15 років. У своїх дослідженнях ми проводитимемо щорічну актуалізацію на період 10

років, але для різних вікових періодів (Lakyda, & Atamanchuk, 2014; Lakyda, Terentiev, & Vasylyshyn, 2012).

За основу показника першого року актуалізації застосовано значення, пораховані за даними ТХР для модальних деревостанів, і вже в подальших розрахунках будемо використовувати одержані актуалізовані значення. Порівняння проведено у

трьох вікових періодах: перший – 20–30 років, другий – 50–60 років і третій – 70–80 років. Хоча такі періоди під час дослідження було вибрано довільно, але саме вони характеризують різні вікові етапи росту дубових деревостанів. Подальші порівняння було здійснено для II класу бонітету, оскільки він є найпоширенішим.

Порівняння даних таблиць ходу росту за середньою висотою для модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження та результатів прогнозу росту за моделями для насаджень різного походження для зазначених вікових проміжків наведено на рис. 4.

Із даних, наведених на рис. 4, можна побачити, що при прогнозуванні середньої висоти для деревостанів дуба, які зростають у лівобережній частині лісостепової зони, відхилення від даних таблиць ходу росту майже не відрізняється на всіх вікових проміжках та в абсолютних величинах становить до 0,1 м. Для правобережної частини Лісостепу це відхилення складає до 0,3 м, що також є несуттєвим. Слід зауважити розбіжність у зростанні дуба за середньою висотою з деревостанами насіннєвого походження, зокрема, на всіх вікових проміжках можна побачити переважання прогнозу для

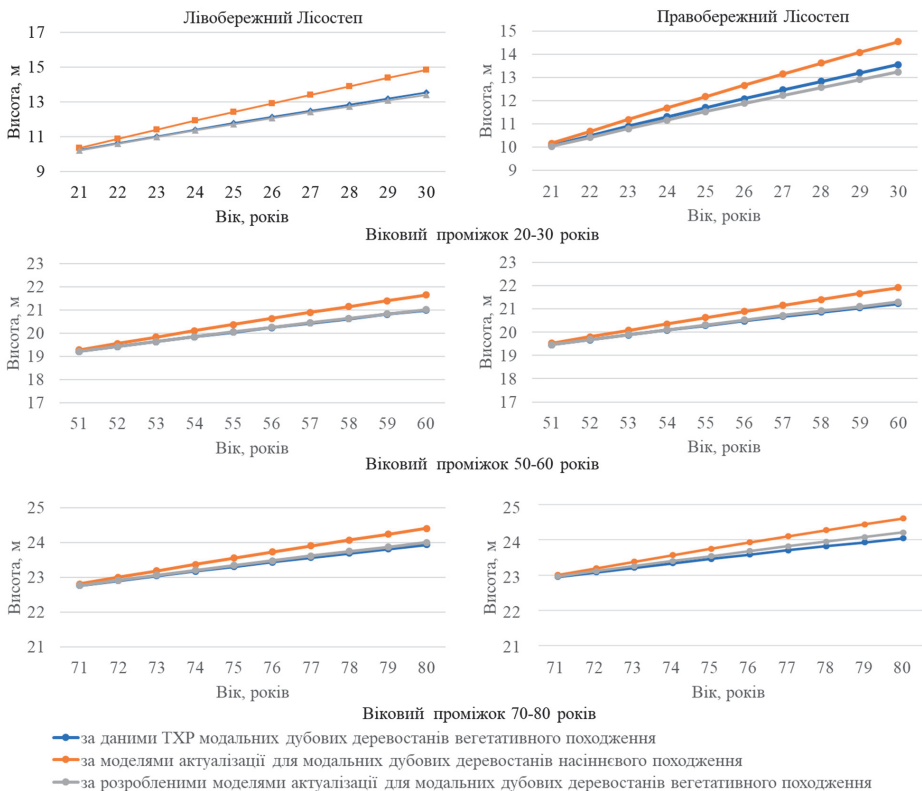


Рис. 4. Порівняння отриманих актуалізованих середніх висот із даними ТХР для модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження та моделями актуалізації дубових насіннєвих штучних деревостанів

насінневих деревостанів, особливо в молодому віці (до 1,4 м). На рис. 5 наведемо аналогічні порівняння для прогнозу росту за середнім запасом.

Дані рис. 5 засвідчують, що при прогнозі росту за середнім запасом для ліво- та правобережної частини Лісостепу на вікових проміжках старше 50 років відхилення прогнозованих даних від значень таблиць ходу росту майже не відрізняються. Найбільше відхилення для Правобереж-

ного Лісостепу у віці 80 років становить 0,9 м³, або 0,3 %, що є абсолютно несуттєвим. У віці прогнозування від 20 до 30 років відхилення прогнозованих запасів є більшими та становлять 4,0 м³ для обох частин Лісостепу, або 3,5 %, що є в межах допустимої точності вимірювання запасу. Як і для попередніх даних для середньої висоти при порівнянні з наявними моделями актуалізації насінневих дубових насаджень спостерігаються відмінності в

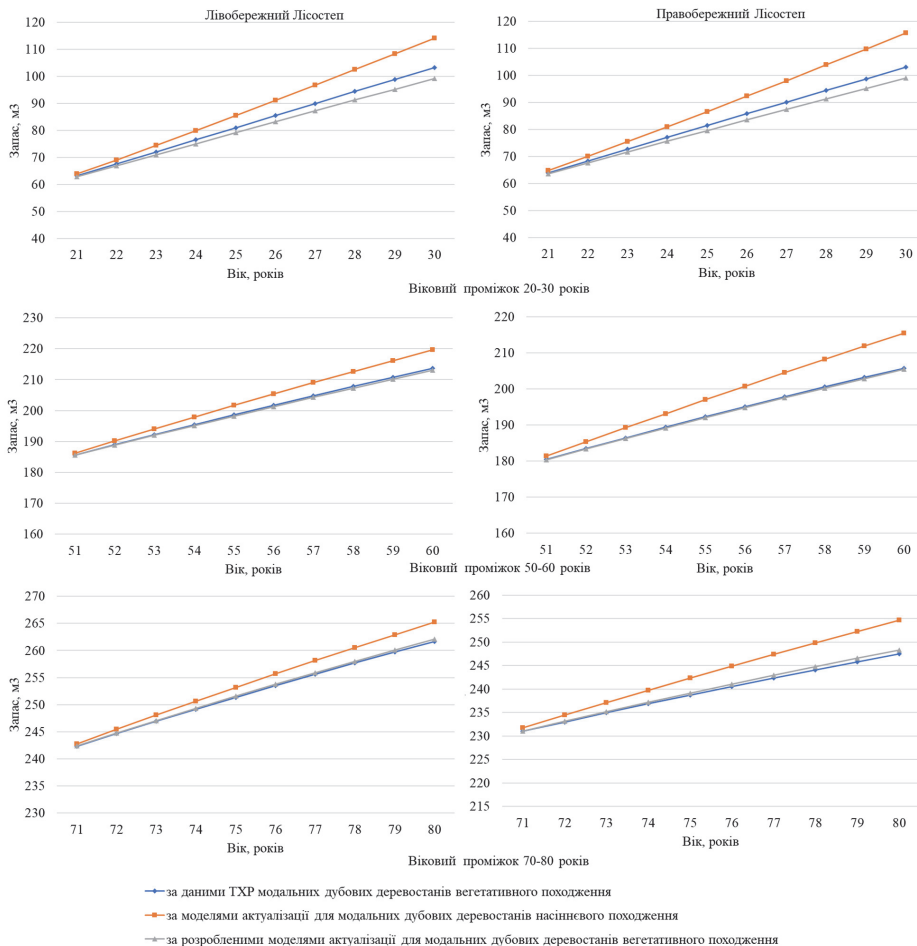


Рис. 5. Порівняння отриманих актуалізованих середніх запасів із даними ТХР для модальних деревостанів дуба звичайного вегетативного походження та моделями актуалізації дубових насіннєвих штучних деревостанів

бік завищення, особливо в молодшому віці, де різниця становить близько 14 %. Цей факт підтверджує доцільність окремого розроблення моделей для прогнозу росту за основними таксаційними показниками для дубових насаджень вегетативного походження. Також тенденція зростання різниці між прогнозованими та модальними значеннями вказує на недоцільність проведення прогнозів на значні періоди (більше ніж 10–15 років).

Висновки і перспективи. За результатами проведених досліджень отримано математичні моделі актуалізації основних таксаційних показників для дубових деревостанів вегетативного походження, а саме для середньої висоти, середнього діаметра, суми площ поперечних перерізів на 1 га та запасу на 1 га. Розроблення моделей прогнозу росту здійснювалося на основі ТХР для модальних деревостанів дуба звичайного, розроблених авторами раніше. Дослідження підтверджують, що найточніші результати прогнозу росту модальних деревостанів досягаються, якщо період актуалізації таксаційних показників не перевищує 10 років, при цьому зі збільшенням базового віку прогнозу точність зростає. Потрібно зазначити, що аналіз моделей прогнозу росту не виявив суттєвих відхилень даних актуалізованих таксаційних показників від значень ТХР для модальних деревостанів дуба звичайного.

Список літератури

- Abramowitz, Milton, & Stegun, Irene A. (1965). *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*. New York: Dover.
- Anuchin, N. P. (1982). *Forest mensuration*. Moscow: Forest industry [in Russian].
- Bala, O. P., & Terentiev, A. Yu. (2011). Comparative characteristic of stands indicators of modal oak stands of Ukraine. *Scientific bulletin of NULES of Ukraine, series "Forestry and park gardening"*, 164 (3), 11–19 [in Ukrainian].
- Bala, O. P. (2018). Foundation of the choice of the ranking factor for the creation of yield tables of modal hardwood tree species stands. *In the sustainable management of the forest complex and the balanced development of the urban landscapes* (pp. 14–15). Kyiv, Ukraine: National University of Life and Environment Science of Ukraine [in Ukrainian].
- Bala, O. P. (2019). *Modelling growth and yield of hardwood broadleaved stands in Ukraine*. Kyiv: LLC "KOMPRINT" [in Ukrainian].
- Bala, O. P., & Khan, E. Yu. (2016). The modeling of middle height dynamic of vegetative origin modal oak stands growth in Ukrainian Forest-steppe zone. *Scientific bulletin of UNFU of Ukraine*, 26.5, 22–27 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40260503>
- Bala, O. P., & Lakyda, I. P. (2019) Modeling mean height growth of modal hardwood broadleaved stands in Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10 (4), 4–16 [in Ukrainian].
- Handbook of forest mensuration*. (2013). Kyiv: Publishing house "Vinichenko" [in Ukrainian].
- Hirs, O. A., Novak, B. I., & Kashpor, S. M. (2004). *Forest inventory. Textbook*. Kyiv: Aristei (in Ukrainian).
- Kiviste, A. K. (1988). *The function of growth of forest*. Tartu [in Russian].
- Kobets, O. V. (2015). Growth of modal oak stands of the Velikoanadolsky forest area and using the forest growth potential. *Scientific bulletin of UNFU of Ukraine*, 25.10, 54–60 [in Ukrainian].
- Kozlovskyy, V. B., & Pavlov, V. M. (1967). *Growth of the main forest-forming tree species of the USSR*. Moscow: Forest industry [in Russian].

- Lakyda P. I., & Bala, O. P. (2012). *Actualization of growth parameters of artificial Oak stands of Forest-Steppe of Ukraine's*. Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Havryshenko V. M. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Aleksiiuk, I. L. (2017). *Natural pine forest stands of Ukrainian Polissya: growth and productivity forecast*. Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Atamanchuk, R. V. (2014). *Forecast and productivity of modal birch stands in Ukrainian Polissya*. Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Havryshenko V. M. [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., & Volodymyrenko, V. M. (2008). *Artificial spruce stands of the Ukrainian Carpathians – growth and productivity forecast*. Kyiv: ESC IAE [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., Terentiev, A. Yu., & Vasylyshyn, R. D. (2012). *Scots pine stands of artificial origin in Ukrainian Polissya – growth and productivity forecast*. Korsun-Shevchenkivskiy: FOP Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Moiseev, V. S., Moshkaliyov, A. G., & Nakhabtsev, I. A. (1968). *The method of compiling yield tables and dynamics of the commodity structure of modal forest stands*. Leningrad: LenFTA [in Russian].
- Nikitin, K. E., & Shvidenko, A. Z. (1978). *Methods and techniques for processing forest information*. Moscow : Forestry industry [in Russian].
- Saban, I. A., et al. (1977). *Structure, growth and dynamics of commodity structure of stands of the main forest-forming tree species by forest types with silvicultural regioning*. Lviv [in Russian].
- Shmoilova, R. A., Mynashkyn, V. H., Sadovnikova, N. A., & Shuvalova, E. B. (2005). *Theory of statistics*. Moscow: Finance and statistics [in Russian].
- Shvidenko, A. Z., Shchepashchenko, D. G., Nilson, S., & Bului, Yu. I. (2003). The system of growth models and the dynamics of forest productivity in Russia (yield tables). *Forestry*, 6, 34–38.
- Shvidenko, A. Z., Strohinskiy, A. A., Savich, Yu. N., & Kashpor, S. N. (1987). *Regulatory and reference materials for the forest inventory in Ukraine and Moldova*. Kiev: Urozhay [in Ukrainian].
- Strohinskiy, A. A. (1992). *Methodical and normative-information provision of a system for regulating the forest plantations productivity in Ukraine*. Kyiv: UACA [in Russian].
- Strohinskiy, A. A. (1999). To the method of actualization of stand density and stock in the continuous forest inventory. *Scientific bulletin of National Agricultural University*, 17, 242–246 [in Ukrainian].
- Strohinskiy, A. A., Shvidenko, A. Z., & Lakida, P. I. (1992). *Models of growth and productivity of optimal stands*. Kiev: Publishing house USHA [in Russian].
- Svalov, N. N. (1979). *Modeling of stands productivity and forest exploitation theory*. Moscow: Forest industry [in Russian].
- Tkach, V. P., Golovach, R. V., & Vedmid, M. M. (2013). Growth course of vegetative oak forest of Left-bank Forest-Steppe. *Forestry and Forest Melioration*, 122, 47–55 [in Ukrainian].
- Yuditskii, Ya. A. (1982). *Modeling of growth patterns of forest stands as a basis for updating forest taxation information* (Doctoral dissertation). Ukrainian Academy of Agriculture, Kiev, Ukraine [in Russian].

Khan, Y. Y., Bala, O. P. (2020). Actualization of growth parameters of vegetative origin oak stands of the Ukrainian forest-steppe zone. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 53–65. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.053>.

Sustainable forest management, which based on the balance of ecological, economic and social aspects, requires a continuous updating and developing tools of objective assessment of the current state and further prediction changes of all elements of the forest ecosystem. Currently, questions related to the forecasting in the forestry is very important for actualization the databases in cases when using the continuous forest inventory. Vegetative origin oak stands play an important role in forming natural ecosystems in the Ukrainian forest-steppe zone. They represent 26 percent of all oak stands area, and, therefore, the question related to the growth modelling of biometric indices will be important in the future. The purpose of this research was to develop the growth models based on yield tables for the main biometric indices, such as: mean height, mean diameter, cross-sectional area per 1 ha and growing stock per 1 ha. Growth models for forecasting all specified biometric indices was based on the ratio of biometric index for the year ahead to the same index now taken from the forest growth tables for modal vegetative origin oak stands across dynamical site classes and the geographical location. The description of the obtained results was based on the lognormal density distribution function. The main parameters of mathematical models for the forecasting biometric indices were set using the nonlinear regression function via the IBM SPSS statistics software. Graphical and analytical methods were used for comparing the study results and analysing the obtained data. As a result of the study, the coefficients of the equation were obtained, which with sufficient accuracy describe the studied relations and forecasting the growth of stands according to the main biometric indices in the different age intervals. The deviation of growth modelling results for the main biometric indices, exhibit acceptable levels when compared to yield tables for vegetative origin Oak stands of the Ukrainian forest-steppe zone during all forecasting period and in percentage values are less than 1%, but for forecasting the stock per 1 ha for young forests the deviation can approach 4%. The forecasting period should preferably not exceed 10-15 years.

Keywords: modal stands, oak, biometric indices, origin of stands, growth forecast, yield tables, mathematical modeling.

Отримано: 2020-04-21

ФОРМУВАННЯ ТА ТРАНСФОРМАЦІЯ ШТУЧНИХ КОМПЛЕКСНИХ ПАМ'ЯТОК ПРИРОДИ ДРУГОЇ ПОЛОВИНИ ХХ СТОЛІТТЯ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

А. А. ДЗИБА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0003-4422-288X>, e-mail: orhideya_onydium@ukr.net
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Штучні заповідні парки Українського Полісся, що створені у період постмодернізму, є природоохоронними, історичними, пізнавальними та навчальними об'єктами. Ландшафтний дизайн являє собою синтез традицій та нових тенденцій до трансформацій. На їхніх територіях підтримуються природне існування та поширення рідкісних видів; охороняються види, які перебувають під загрозою зникнення, уразливі види; покращуються гідрологічні функції; зберігаються цінні ландшафти.

У 1960-х рр. на Українському Поліссі, а саме у Рівненській області, створено п'ять парків, що мають статус комплексних пам'яток природи (КПП) місцевого значення. За результатами аналізу історії формування та розвитку комплексних пам'яток природи Українського Полісся показано їхню трансформацію, що відбулась упродовж 60 років. КПП мають просту планувальну структуру таких типів: хрестоподібна («Висоцький дендропарк»), зірчаста («Більський дендропарк», «Сарненський дендропарк»), петельна («Рокитнівський дендропарк»), комбінована («Трипутнянський парк»). З-поміж трьох парків із регулярним плануванням найбільшу зміну помітно у комплексній пам'ятці природи «Більський дендропарк» через розростання живоплотів, які нині не формуються, та порушення меж галявин, на яких з'являються самосійні рослини. Дендрофлора п'яти штучних парків нині представлена 157 видами, що належать до 19 порядків, 32 родин, 81 роду, із них 111 занесені до Червоного списку МСОП. У двох парках за період їх існування відбулось збільшення кількості видів на 11–50 %, дендрораритети становлять 50–71 %. У трьох парках під дією антропогенних, екологічних чинників відбулося зменшення дендрорізноманіття, залишилось 55–81 % видів деревних рослин, серед яких – 71–75 % рідкісні.

Штучні заповідні території Українського Полісся – це цінні об'єкти, які необхідно надалі розвивати та охороняти, поповнювати їхні колекції деревними рослинами і проводити догляд.

Ключові слова: штучні парки, еволюція, збереження, насадження.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Розвиток садів і парків залежить від економічного, політичного та культурного стану країни і відбувається самобутнім шляхом залежно від географічних, кліматичних умов, історичного розвитку, культурних традицій. У парках поєднуються історія та сьогодення, утилітарність та естетичність, природа та людина (Намаліа, 2005, 2013; Kucheriyavii, 1999). За останні 100 років змінився державний устрій і структура суспільства, спосіб життя, духовні цінності, звичаї (Намаліа, 2013). Для ХХ ст. характерна швидка індустріалізація, яка своєю чергою вплинула на розвиток садів та парків. Від початку ХХ ст. садово-паркове будівництво було спрямовано на формування рекреаційних і подієвих об'єктів (Savoskina, 2015). У цей період створюються міські громадські сади і парки загального користування, сади і парки обмеженого користування та спеціального призначення, замські парки і лісопарки (Kucheriyavii, 2005). Планувальна структура парків була представлена переважно п'ятьма основними композиціями дорожньо-стежкової мережі – осьовою, хрестоподібною, зірчастою, віялоподібною, петельною і комбінованою (Rudenko, Elenskaia, Aleksandrov, Herasymchuk, & Potaev, 1980).

Урбанізаційні процеси відіграють значну роль у формуванні паркових насаджень, вони супроводжуються зміною видового складу деревних рослин та їхньої структури (у паркових фітоценозах відбувається заміщення едифікаторів на субедифікатори) (Melnychuk, Henyk, Melnychuk, & Paslavskiy, 2020). Внаслідок господарської діяльності трансформуються раритетні фітоценози у похідні угруповання (Ustymenko, Popovych, & Dubyna, 2019). Системний та еко-

логічний підходи, що почали розвиватись із другої половини ХХ ст. у природоохоронній сфері, нині набули поширення завдяки концепції збереження біотичного та ландшафтного різноманіття (Didukh, 2018). На сьогодні одним із топ-5 глобальних ризиків на наступні десять років є значна втрата біорізноманіття та руйнування наземних і водних екосистем із незворотними наслідками для довілля (Review of the state, 2020).

Мета дослідження – комплексний аналіз трансформації охоронних парків (комплексних пам'яток природи, КПП) другої половини ХХ ст. Українського Полісся в історичному аспекті (формування та збереження: планувальної структури, видів насаджень, таксономічного складу).

Матеріали і методи дослідження. Застосовано порівняльний аналіз фактичного матеріалу; обстеження парків та інвентаризацію видів деревних рослин проведено маршрутним методом у декілька етапів. Перший етап – рекогносцирувальний (ознайомлення із планувальною структурою, основними типами насаджень); другий етап – детально-маршрутний (конфігурація маршрутів залежно від розміру, рельєфу, структури насаджень), види деревних рослин перевіряли на належність їх до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (ЧС МСОП) (The IUCN Red List, 2020).

Результати дослідження та їх обговорення. Поняття «пам'ятка природи» введено В. Гумбольтом на початку ХІХ ст. як унікальний природний та культурний об'єкт (Brusak, & Bakun, 2011; Mukalo, 2013). Цей термін як природоохоронну категорію для заповідання застосував наприкінці ХІХ ст. Г. Конвенц, а на початку ХХ ст. його було узаконено у Німеч-

чині (Conwentz, 1904). В Україні перші пам'ятки природи з'явилися у 1883 р. У середині 1920-х природоохоронну категорію «пам'ятник культури і природи» було введено на території радянської України (Boreiko, 2014). У 1931 р. в Україні налічувалося 183 пам'ятники природи.

У 1982 р. до пам'яток природи належали об'єкти, що мали наукове, культурне, історичне або естетичне значення і повний заповідний режим. Вони поділялись на: комплексні, ботанічні та інші (республіканського та місцевого значення) (Bazhan, 1982). На початку ХХІ ст. пам'ятка природи – це територія або окремих природних об'єкт, що має особливу цінність і є унікальною або типовою для країни чи певного регіону (незалежно від режиму заповідання). Їх поділяють на комплексні, ботанічні, зоологічні, гідрологічні та геологічні (Shmyg, 2011). У Законі України про природно-заповідний фонд (Law of Ukraine, 2020) пам'ятки природи трактуються як окремі унікальні природні утворення, що мають особливе природоохоронне, наукове, естетичне, пізнавальне і культурне значення, що створюються з метою збереження їх у природному стані. Цей термін аналогічний міжнародному терміну «пам'ятки природи III категорії» – охоронна територія невеликих розмірів, яка призначена переважно для збереження специфічних особливостей природи (природні геологічні та геоморфологічні, культурні природні, природно-культурні території та культурні об'єкти, що пов'язані з екологією) (The IUCN Protected Area Categories, 2020).

У 1960-х рр. на Українському Поліссі було створено п'ять парків, що мають статус комплексних пам'яток природи місцевого значення. Вони

зосереджені у Рівненській області, у Дубровицькому (КПП «Більський дендропарк», КПП «Висоцький дендропарк», Державне підприємство (ДП) «Висоцьке лісове господарство», КПП «Трипутнянський парк», ДП «Дубровицьке лісове господарство»), Рокитнівському (КПП «Рокитнівський дендропарк», ДП «Рокитнівське лісове господарство») і Сарненському (КПП «Сарненський дендропарк», ДП «Сарненське лісове господарство») районах (рис. 1).

Специфікою 1960–1980-х рр. у СРСР було втручання держави у творчі процеси, з метою підпорядкування їх як ідейним, так і прагматичним настановам розвитку країни (Bondar, 2012). Прикладом слугує КПП «Більський дендропарк», що створювався у 1960-х на честь 50-річчя Великої Жовтневої Соціалістичної революції та 100-річчя В. І. Леніна як дидактичний та подієвий парк. В Україні у той період реалізовувалася лише та складова менталітету українського суспільства, що полягала в наслідуванні радянського, колективістсько-казарменого ладу як копіювання Заходу (Danulyenko, 2012). У західноєвропейському суспільстві розвивалася дизайнерська сфера, в Італії було започатковано рух «Новий дизайн», який мав плюралістичну та антиапріорістську позицію. Унаслідок наприкінці ХХ ст. сформувалися нові італійські концепції дизайну. Більшість європейських країн схилилась до німецької раціональності, логічного дизайну форм, чіткості у побудові об'ємно-просторової структури планування (італійський дизайн був складним для їхнього розуміння) (Danulyenko, 2012). У радянському середовищі збільшувалося культурне й технічне відставання (у СРСР 1940–

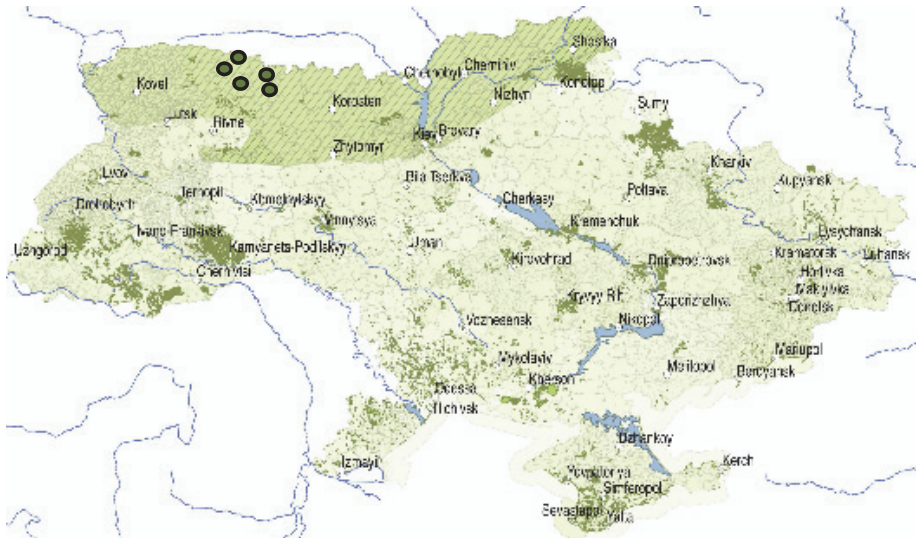


Рис. 1. Комплексні пам'ятки природи другої половини ХХ ст. Українського Полісся

1950-х рр. через індустріалізацію було майже забуто про дизайн). Проте вже у 1950–1980 рр. дизайн СРСР також намагався прямувати за німецьким функціонал-раціоналізмом. Його спрощення і примітивізація (пов'язані з тоталітарним устроєм) призводили до гірших результатів і сірих дизайнів, як зазначає Даниленко (Danulyenko, 2012). Прояв у 1960-х рр. одноманітності, естетичного збіднення, утворення образних стереотипів у зовнішніх рисах предметно-просторового середовища призвели до негативних наслідків, що було закономірним результатом одностороннього підходу (уніфікація, стандартизація, непередбачення активної ролі художньо-творчої ініціативи) (Bondar, 2012). Планування парків 1960-х, де застосовувались модерністські прийоми (однозначність у трактуванні простору), було простим, переважно регулярним і представленим: хрестоподібною (КПП «Висоцький дендропарк»), зірчастою (КПП «Більський

дендропарк»), КПП «Сарненський дендропарк»), петельною (КПП «Рокитнівський дендропарк»), комбінованою (КПП «Трипутнянський парк») планувальною структурою (рис. 2, а – б, а).

Головну увагу дизайнерів 1960-х рр. привертала чинник корисності (переважала не краса, а користь), тому в дизайні у СРСР домінував функціоналістський підхід (Danulyenko, 2012). Створення парків на території лісництв і садіб лісових господарств передбачало висаджування у них деревних рослин із переважанням інтродукованих видів із метою подальшого вивчення та впровадження у паркові й лісові насадження Українського Полісся. Окрім цього, парк мав виконувати різні функції (відпочинок, пізнання, навчання). Прикладами таких парків і є комплексні пам'ятки природи.

КПП Більський дендропарк (с. Біле), площа 1 га, квартал 8, виділ 3 Більського лісництва (Passport

№ 4/571, 1994). Парк створено у два етапи: перший етап на честь 50-річчя Великої Жовтневої соціалістичної революції 1966 р. (0,9 га), другий етап – на честь 100-річчя В. І. Леніна 1969 р. (0,6 га). Загальна площа – 1,5 га. Обидві ділянки становили суцільний масив, де було висаджено 72 види (Passport of the local natural monument, 1973), більшість із яких завезено із ботанічного саду ім. акад. О. В. Фоміна Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Станом на 2020 р. на території КПП зростає 55 видів, що належать до 40 родів, 20 родин, 13 порядків. Найбільш поширеними є родини *Rosaceae* Juss. та *Fagaceae* A.B.R., відповідно рід *Prunus* Mill. та *Quercus* L.

Планувальна структура парку була регулярною, зірчатою. Нині втрачає чіткі контури і трансформується. На території КПП виявлено такі типи насаджень: мішані групи *Pinus banksiana* Lamb., *Larix decidua* Mill., алеї з *Carpinus betulus* L., живоплоти, гаї з *Pinus sylvestris* L. Через недогляд живоплоти з *Physocarpus opulifolius* Maxim. розрослись і закривають доріжки. Бордюри з *Cotoneaster lucidus* Schlecht. переросли у живоплоти і частково також перекрили

доріжки, стрижені бордюри з *Vixux sempervirens* L. втратили свою форму. Групи з *Rosa rugosa* Thunb. у північно-східній частині парку перетворились на суцільні зарості. На галявині парку з'явився самосів із *Pinus sylvestris* L. (рис. 2, в).

Статус КПП «Більський дендропарк» надано рішенням Рівненського облвиконкому № 317 від 20 червня 1977 р. (Passport № 4/571, 1994), комплексна пам'ятка природи – № 343 від 22 листопада 1983 р. (Antonova et al., 2008), із змінами, внесеними згідно із рішенням Рівненського облвиконкому № 98 від 18 червня 1991р., із рішенням Рівненської обласної ради № 1331 від 25 вересня 2009 р. з метою збереження парку.

КПП «Більський дендропарк» було створено як історичний пам'ятник на честь знаменних дат, як місце для відпочинку населення села, навчальну базу для співробітників лісової охорони. Нині КПП «Більський дендропарк» – це рекреаційний парк і колекція рослин, яка потребує подальшого поповнення, збереження та догляду.

КПП «Висоцький дендропарк» (с. Висоцьк), площа 1,5 га, квартал 79 виділ 2 Висоцького лісництва. Розташований на підвищеному ерозійному



Рис. 2. КПП «Більський дендропарк»: а) схема планування парку; б) сучасний стан парку, зображення Google Earth; в) фрагмент парку, фото автора



Рис. 3. КПП «Висоцький дендропарк»: а) схема планування парку; б) сучасний стан парку, зображення Google Earth; в) фрагмент парку, фото автора

останці палеогенового віку, що омивається зі сходу р. Горинь, на заході р. Сирець (Antonova et al., 2008). Парк створено у 1967 р. як місце відпочинку та арборетум. Планувальна структура хрестоподібна (рис. 3, а), залишається без змін. На території виявлено такі типи насаджень: формовані бордюри, групи, живі стіни, солітери. Доріжки облямовані формованим бордюром із *Buxus sempervirens* L. (рис. 3, в). За насадженнями проводять постійний догляд. У КПП «Висоцький дендропарк» переважають дерева першої та другої величини, які зростають у групах. Уздовж паркану створено вільно-рослу живу стіну з *Thuja occidentalis* 'Columna'. З метою огороження вздовж ґрунтової доріжки на території КПП висаджено рядову посадку із *Picea abies* Karst. На початку створення дендропарку було висаджено 105 видів деревних рослин, нині на території зростає 58 видів, що належать до 40 родів, 20 родин, 13 порядків. Рослини мають добрий стан. Серед них: 55-річні екземпляри *Pinus sibirica* Du Tour, *Taxus baccata* L., *Fagus sylvatica* L., *Tilia platyphyllos* Scop.,

Tilia platyphyllos f. *laciniata.*, *Catalpa bignonioides* Walter. З 2014 р. колекція

рослин КПП «Висоцький дендропарк» поповнюється культиварами, які висаджують у групах по 2–5 екземплярів. Серед них: *Juniperus squamata* 'Floreant', *Juniperus squamata* 'Bluestar', *Juniperus horizontalis* 'Princed of Wales', *Juniperus horizontalis* 'Golden Carpet', *Abies koreana* 'Silberlocke', *Euonymus fortunei* 'Emerald Gaiety', *Magnolia* 'Susan', *Liriodendron tulipifera* 'Aureomarginata', *Salix integra* 'Hacuro Nichiki' та інші.

Статус «заповідне урочище» надано згідно з рішенням Рівненського облвиконкому № 317 від 20 червня 1972 р., категорію КПП «Висоцький дендропарк» отримано згідно з рішенням Рівненського облвиконкому № 343 від 22 листопада 1983 р. (Passport № PPMk 3/571, 1985), зі змінами, внесеними згідно із рішенням Рівненського облвиконкому № 98 від 18 червня 1991 р. та рішенням Рівненської обласної ради № 1331 від 25 вересня 2009 р.

КПП «Рокитнівський дендропарк» (смт. Рокитне, південна частина), площа 1,8 га, квартал 63, виділ 4 Масевичького лісництва (садиба контори ДП «Рокитнівський лісгосп») (рис. 4, б). Закладання «Рокитнівського дендропарку»

розпочав П. І. Остапенко у 1961 р. (Antonova et al., 2008). Подальше створення Рокитнівського дендропарку у південній заболоченій частині пустиря відбулось у 1965 р. за участю співробітників лісгоспу. Імовірно, до Другої світової війни на частині території був ліс (залишилися дубові пеньки на південь від водойми). У 1967 р. водойму заглибили, зробили стічний канал, загородили територію (Passport № 70/571, 1980). Дендропарк влаштовано з метою створення колекції рідкісних для Українського Полісся рослин із подальшим дослідженням їхніх росту та розвитку. Рослини висаджували групами по 3–5–7 екземплярів, загалом було висаджено 100 видів дерев і чагарників.

Статус КПП надано згідно з рішенням Рівненського облвиконкому № 343 від 22 листопада 1983 р. (Passport № 70/571, 1980), зі змінами, внесеними згідно із рішенням Рівненського облвиконкому № 98 від 18 червня 1991 р., № 1331 від 25 вересня 2009 р., № 784 від 16 листопада 2012 р. з метою збереження колекції цінних видів рослин.

Планувальна структура парку – петельна (рис. 4, а). Станом на 2020 р. на території КПП «Рокитнівський дендропарк» зростає 117 видів деревних рослин, що належать до 68 родів, 29 родин, 17 порядків. Стан рослин добрий. Більшість із них плодоносить і розмножуються самосівом. У південній частині парку *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth. утворює зарості. Планувальна структура парку є нечіткою, місцями важко прохідною, доріжки зарослі. На території КПП зростають такі рідкісні види, як: *Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murray bis) Parl., *Metasequoia glyptostroboides* Hu and W.C. Cheng. (рис. 4, в), *Juglans cinerea* L., *Liriodendron tulipifera* L., *Magnolia kobus*, *Tilia americana* L., *Acer barbinerve* Maxim. ex Miq. та інші.

На території КПП «Рокитнівський дендропарк» зібрано цінну колекцію зі 117 видів деревних рослин, віком 60 років, із яких 82 види є рідкісними і належать до ЧС МСОП, більшість із них плодоносить і розмножується самосівом. Рослини потребують подальшого дослідження і впровадження у насадження парків і лісові насадження.

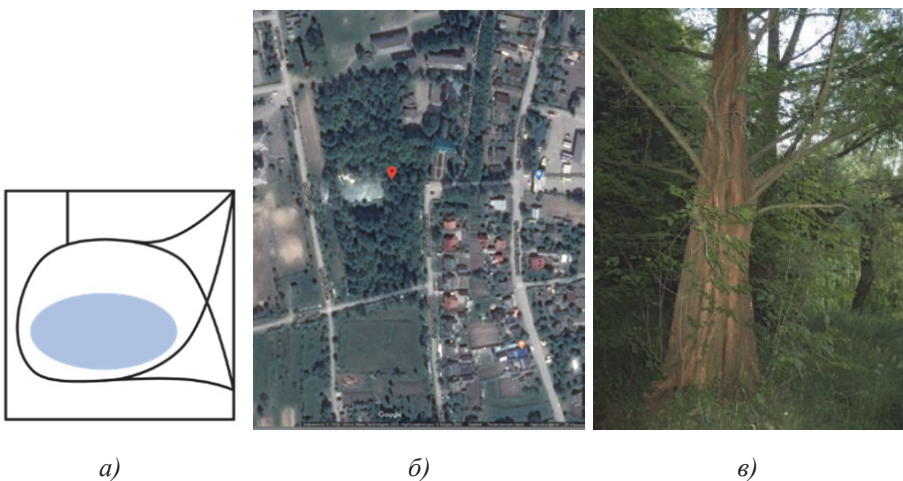


Рис. 4. КПП «Рокитнівський дендропарк»: а) схема планування парку; б) сучасний стан парку, зображення Google Earth; в) фрагмент парку, фото автора

КПП «Сарненський дендропарк» (м. Сарни, північна частина), площа 1,5 га, квартал 78, виділ 9 Сарненського лісництва. Створення дендропарку розпочали у 1960 р. на місці, що частково було під шкількою деревних рослин. Для його влаштування було використано деревні рослини із дендропарків Львова та Києва, а також вирощені на власному розсаднику із закупленого насіння (Antonova et al., 2008). У 1961 р. площа дендропарку становила 2,0 га (Passport of the local natural monument, 1972). Рельєф парку рівнинний, ґрунти піщані, свіжі. КПП створено з метою вивчення росту, розвитку та відтворення дендрораритетів і для культурно-просвітніх, науково-пізнавальних цілей. КПП «Сарненський дендропарк» має зірчасту планувальну структуру, яка збереглась донині. Доріжки викладено бруківкою, тому планувальна структура є чіткою і проглядається (рис. 5, а, б, в). На території КПП виявлено такі види насаджень: алеї, живоплоти, бордюри, групи. Вздовж доріжок – алеї з *Thuja occidentalis* L.,

Quercus rubra L., *Picea abies* Karst., формовані бордюри з *Cotoneaster lucidus* Schlecht., вільнорослі бордюри із *Juniperus sabina* L., формовані живоплоти із *Picea abies* Karst. Групи із *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco., *Larix decidua* Mill., *Abies alba* Mill., *Pinus strobus* L. та інші, рядова посадка із *Thuja occidentalis* L.

У 1973 р. дендрофлора парку була представлена 95 видами, нині виявлено 76 видів, що належать до 47 родів, 21 родини, 14 порядків. Загальна кількість рослин під дією екологічних чинників зменшилась, колекція рослин у КПП за останнє десятиріччя почала поповнюватись інтродукованими видами та культуриварами: *Magnolia denudata* Desr., *Catalpa ovata* G. Don., *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don.

Статус КПП надано згідно з рішенням Рівненського облвиконкому № 317 від 20 червня 1972 р., зі змінами, внесеними згідно із рішенням Рівненського облвиконкому № 343 від 22 листопада 1983 р. (Antonova et al., 2008), № 98 від 18 червня 1991 р.

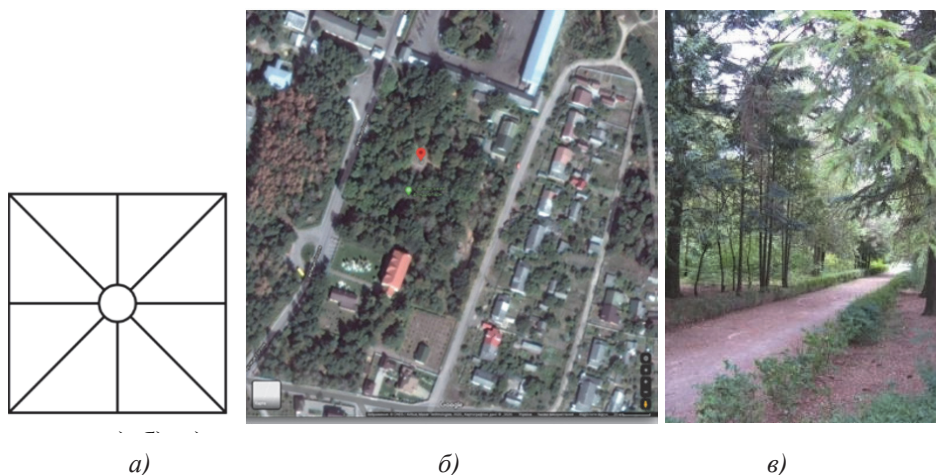


Рис. 5. КПП «Сарненський дендропарк»: а) схема планування парку; б) сучасний стан парку, зображення Google Earth; в) фрагмент парку, фото автора

і рішенням Рівненської обласної ради № 1438 від 18 грудня 2009 р. (Passport № 571, 2006).

КПП «Трипутнянський парк» (с. Грані, західна частина), площа 3,0 га, квартал 8, виділ 64 (квартал 27, виділ 36) Трипутнянського лісництва. Рельєф парку рівнинний. У 1968 р. дендрофлора пам'ятки природи була представлена 18 видами, як засвідчив учитель біології П. М. Таргоній (Tarhoniі, 1968). КПП «Трипутнянський парк» було створено на основі старовинного парку, тому нині на території зростають вікові *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Carpinus betulus* L. (рис. 6, в).

Статус КПП надано згідно з рішенням Рівненського облвиконкому № 317 від 20 червня 1972 р., № 343 від 22 листопада 1983 р. (Passport № 5/571, 1993, Antonova et al., 2008), із змінами, внесеними згідно із рішенням Рівненського облвиконкому № 98 від 18 червня 1991 р., № 784 від 16 листопада 2012 р. з метою збереження старовинного парку на Поліссі.

Нині на території КПП зростає 36 видів деревних рослин, що належать

до 31 роду, 16 родин, 13 порядків. Планувальна структура парку регулярна, комбінована (рис. 6, а), нині не проглядається, частина доріжок заросла внаслідок утворення підліску та підрісту і через брак належного догляду. У центральній частині парку *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Вр. утворює зарості. У насадженні переважає *Carpinus betulus* L. у групах (вікові), рядових посадках та в алеї. У групах зростають *Ptelea trifoliata* L., *Spiraea chamaedryfolia* L., *Syringa vulgaris* L., стан рослин задовільний через недостатнє освітлення. На території парку зростають три види хвойних деревних рослин *Chamaecyparis pisifera* Sieb. Zuss. (два екземпляри) та *Thuja occidentalis* L. (три екземпляри), *Picea abies* Karst.

КПП «Трипутнянський парк» – цінний осередок вікових дерев, який потребує корегування планувальної структури шляхом проведення очищення та догляду за наявними цінними деревними рослинами.

У штучних пам'ятках природи Рівненської області зосереджено 25 % загальної кількості видів, представлених у штучних об'єктах природно-за-



Рис. 6. КПП «Трипутнянський парк»: а) схема планування парку; б) сучасний стан парку, зображення Google Earth; в) фрагмент парку, фото автора

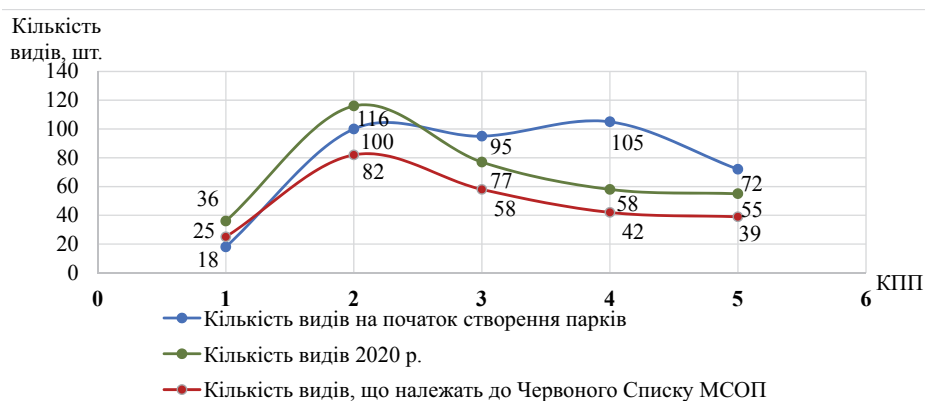


Рис. 7. Динаміка кількості видів у КПП, 1960-ті – 2020 р.

1 – КПП «Трипутнянський парк»; 2 – КПП «Рокитнівський дендропарк»; 3 – КПП «Сарненський дендропарк»; 4 – КПП «Висоцький дендропарк»; 5 – КПП «Більський дендропарк»

повідного фонду Рівненської області (Rokotylova, 2020).

На території п'яти КПП зростають 157 видів деревних рослин, із них 70 % належать до ЧС МСОП. Найбільше дендрорізноманіття представлено у КПП «Рокитнівський дендропарк» і КПП «Сарненський дендропарк», відповідно 116 і 77 видів деревних рослин (рис. 7).

Висновки і перспективи.

У 1960-х рр. на Українському Поліссі, а саме у Рівненській області, створено п'ять парків, що мають статус комплексних пам'яток природи місцевого значення. У їхній планувальній структурі відслідковується втручання держави у творчі процеси, з метою підпорядкування їх як ідейним, так і прагматичним настановам розвитку країни (влаштування парків на честь Великої Жовтневої соціалістичної революції та В. І. Леніна). Планування парків є простим: хрестоподібним (КПП «Висоцький дендропарк»), зірчастим (КПП «Більський дендропарк»), КПП «Сарненський дендропарк»), петельним (КПП «Рокитнів-

ський дендропарк»), комбінованим (КПП «Трипутнянський парк»).

Упродовж 60 років у КПП відбулись зміни дендрорізноманіття, зокрема, у КПП «Рокитнівський дендропарк» і КПП «Трипутнянський парк» кількість видів не лише збереглася, а й збільшилась на 11 % і 50 % відповідно, серед яких нині 50–71 % становлять дендрораритети. У інших КПП чисельність видів зменшилась через зменшення площі на 0,5 га (КПП «Сарненський дендропарк», «Більський дендропарк») і реконструкції насаджень. Водночас відбулось поповнення колекції культиварами, з яких створено переважно групи (КПП «Висоцький дендропарк»).

Список літератури

- Antonova, N. M., Bachuk, V. A., Bertash, B. M., Brovko, H. I., Voloshynova, O. V., Holovko, O. V., ... Yakovyshyna, M. S. (2008). *Nature Reserve Fund of Rivne Region*. Rivne: Volynski Oberehy [in Ukrainian].
- Bazhan, M. P. (Ed.). (1982). *Ukrainian Soviet Encyclopedia* (2nd ed.) (Vol. 8, pp. 147–

- 148). Kyiv: Main edition of the Ukrainian Soviet Encyclopedia [in Ukrainian].
- Bondar, O. (2012). Features of creative and research process in design and architecture of the 1960s-1980s. In *Essays on the history of Ukrainian design of the 20th century* (pp. 181–204). Available at http://mari.kiev.ua/sites/default/files/inline-images/pdfs/_works-istor_design_text.pdf [in Ukrainian].
- Boreiko, V. E. (2014). The last islands of freedom. In *History of Ukrainian protected areas and conservation (passive nature protection) (X century – 2015)*. Series “History of nature protection” (34, p. 240). Kyiv: Lohos. Available at http://ecoethics.ru/wp-content/uploads/2015/07/int_ostrovki_svob_2015.pdf [in Russian].
- Brusak, V., & Bakun, V. (2011). Methodological aspects of classification and certification of geological and geomorphological monuments of nature. *Bulletin of Lviv University. Series: geography*, 44–51. Available at <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/geography/article/view/2161> [in Ukrainian].
- Conservation obligation of the state natural monument of local significance “Dendropark” № МРк 12/571 dated 24.01.1994. approved by the head of the State Administration N. Bezkoranyi.* (1994). Sarny, 2 [in Ukrainian].
- Conwentz, H. (1904). Die Gefährdung der Naturdenkmäler und Vorschläge zu ihrer Erhaltung. In *Denkschrift, dem Herrn Minister der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten überreicht* (S. 1–9). Berlin. Available at https://www.1000dokumente.de/pdf/dok_0082_con_de.pdf [in Deutsch].
- Danylenko, V. (2012) Design of Ukraine in the European dimension of the twentieth century. In *Essays on the history of Ukrainian design of the twentieth century* (pp. 8–34) [in Ukrainian]. Available at http://mari.kiev.ua/sites/default/files/inline-images/pdfs/_works-istor_design_text.pdf.
- Didukh, Ya. P. (2018). Biotope as a system: structure, dynamics, and ecosystem services. *Ukrainian Botanical Journal*, 75 (5), 405–420 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.05.405>
- Hamaliia, K. (2005). Garden – nature, full of meaning. *Sofia*, 2–3, 112–121 [in Ukrainian].
- Hamaliia, K. M. (2013). Synthetic character of garden art. *Bulletin of Lviv National Academy of Arts*, 24, 368–380. Available at https://lnam.edu.ua/files/Academy/nauka/visnyk/pdf_visnyk/24/39.pdf [in Ukrainian].
- Kucheriavyi, V. P. (1999). *Urban ecology*. Lviv: Svit, 359 [in Ukrainian].
- Kucheriavyi, V. P. (2005). *Landscaping of populated areas*. Lviv: Svit, 456 [in Ukrainian].
- Law of Ukraine “On the Nature Reserve Fund of Ukraine”. (1992). *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (VVR)*, 34, 502, Chapter 6. Monuments of nature. Article 27. Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> [in Ukrainian].
- Melnychuk, N. Ya., Henyk, Ya. V., Melnychuk, S. P., & Paslavskiyi, M. M. (2020). Natural processes of development and relationship between the components of garden and park ecosystems in the urban environment. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30 (1), 60–65 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.36930/40300110>
- Mukalo, A. S. (2013). The history of the formation of the term “natural monument” in Germany in the XIX – early XX century. *Bulletin of Saratov University. New series. Series: Earth Sciences*, 13 (1), 50–56. Available at <https://www.sgu.ru/journal/izvestiya/geo/2013-1/50-56> [in Russian].
- Passport № 4/571 of the park-monument of garden art dated 09.03.1994.* Bile, Rivne region. (1994). Bile: [b.v.], 2 [in Ukrainian].
- Passport № 5/571 of the state monument of nature “Tryputnyansky Park” dated 24.12.1993,* Grani, Rivne region. (1993). Grani: [b.v.], 2 [in Ukrainian].
- Passport № 571 of the object of the nature reserve fund dated 05.05.2006,* Sarny, Rivne region. (2006). Sarny: [b.v.], 2 [in Ukrainian].

- Passport № 70/571 of the protected object of local significance "Denropark of Rokytno forestry" dated 15.03.1980, Rokytno, Rivne region. (1980). Rokytno: [b.v.], 2 [in Ukrainian].
- Passport № PPMk 3/571 Complex state natural monument of local significance "Vysotsky Arboretum". v. Vysotsk, Rivne region. (1985). Vysotsk: [b.v.], 2 [in Ukrainian].
- Passport of the local natural monument "Arboretum in honor of the 50th anniversary of the October Revolution and in honor of the 100th anniversary of V.I. Lenin" dated 11/25/1973 p. from. Bile, Rivne region. (1973). Bile: [b.i.], 2 [in Russian].
- Passport of the local natural monument "Arboretum", Sarny, Rivne region. (1972). Sarny: [b.v.], 2 [in Ukrainian].
- Pokotylova, K. H. (2020). Representativity of Rivne region artificial protected parks dendroflora. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (1), 98–107 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/forest2020.01.098>
- Review of the state of the environment and risks for people and business. Ukraine. 2020 (2020). Available at https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/_2020___web.pdf [in Ukrainian].
- Rudenko, I. N., Elenskaia, N. A., Aleksandrov, S. B., Herasymchyk, E. Ya., & Potaev, H. A. (1980). *Park Design Guide*. Minsk: Polymya, 16–17 [in Russian].
- Savoskina, A. M. (2015). Historical features and modern categorical structure of the network of protected man-made parks of Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of the Lesia Ukrainka East European National University. Series: Biological Sciences*, 2 (302), 38–42 [in Ukrainian].
- Shmyh, R. A. (Ed.). (2011). *Terminological reference book on construction and architecture*. Lviv: PE "Aral". Available at https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Terminolohichni_slovnnyk-dovidnyk_z_budivnytstva_ta_arkhitektury.pdf?PHPSESSID=12009abd74f6e2bce12726927bf42feb [in Ukrainian].
- Tarhonii, P. M. (1968). *Registration card of a natural monument dated 22.08.1968*. Rivne: [b.v.], 2 [in Ukrainian].
- The IUCN Protected Area Categories*. (2020). Available at <https://www.iucn.org/theme/protected-areas/about/protected-area-categories> [in English].
- Ustymenko, P. M., Popovych, S. Yu., & Dubyna, D. V. (2019). Current trends in the dynamics of rare phytocoenoses in Ukraine and modification of the concept of absolute conservation. *Ukrainian Botanical Journal*, 76 (5), 434–444 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj76.05.434>

Dzyba, A. A. (2020). Formation and transformation of man-made complex natural monuments from the second half of XX century in Ukrainian Polissya. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 66–78. <https://doi.org/10.31548/forest2020.01.004>.

Protected man-made parks of Ukrainian Polissya, created in the period of postmodernism, are conservation oriented, historical, cognitive and educational objects. Landscape design is a synthesis of traditions and new transformation trends. On the territories of protected man-made parks, natural existence and distribution of rare species are maintained, endangered and vulnerable species are protected, hydrological functions are improved, and valuable landscapes are preserved.

Concentrated in Rivne region, five parks, which have the status of complex natural monuments of local significance, were created in Ukrainian Polissya in the 1960s. According to the results of the analysis of formation and development history, the transformation of complex natural monuments (CNMs) of Ukrainian Polissya for a period of over 60 years is shown. CNMs have a

simple planning structure of the following types: cross-shaped ("Vysotsky Arboretum"), star-shaped ("Bilsky Arboretum", "Sarny Arboretum"), loop-shaped ("Rokytno Arboretum"), and combined ("Tryputnyansky Park"). Of the three parks with regular planning, the biggest change can be observed in the complex natural monument "Bilsky Arboretum". This is due to the growth of hedges, which are not currently formed, and to the violation of the boundaries of meadows, where self-seeding plants appear.

The dendroflora of five man-made parks is represented by 157 species, which belong to 19 orders, 32 families, and 81 genera, with 111 of them being included to the IUCN Red List. In two parks during their existence, there was an increase in the number of species by 11-50%, with the number of rare tree species amounting to 50-71%. In three parks under the influence of anthropogenic and ecological factors, there was a decrease in dendrodiversity, with 55-81% of species of woody plants remaining; among them 71-75% are rare tree species. Protected man-made areas of Ukrainian Polissya are valuable objects that need to be further developed and protected, whereas their collections of woody plants replenished and maintained.

Keywords: man-made parks, evolution, preservation, plantings.

Отримано: 2020-04-20

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 624.011.1

<https://doi.org/10.31548/forest2020.02.079>

ІНЖЕНЕРНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ КОМБІНОВАНОЇ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ

С. І. БІЛИК, доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0001-8783-5892>, e-mail: bilyk.sergio@gmail.com

Д. В. МИХАЙЛОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-7404-4757>, e-mail: mykhailovskyi.dv@knuba.edu.ua

Київський національний університет будівництва і архітектури

Широкий світовий досвід упровадження будівельних конструкцій із деревини, зокрема з клеєної деревини, різноманітного призначення підтверджує доцільність їх використання. Цьому сприяє той факт, що клеєна деревина ефективно акумулює позитивні властивості деревини як конструкційного матеріалу, насамперед порівняно високу міцність, і дає змогу значною мірою нівелювати недоліки цільної деревини. Одним із видів конструкцій із клеєної деревини є конструкції з комбінованої клеєної деревини.

Враховуючи структуру і особливості роботи елементів із комбінованої клеєної деревини прямокутного поперечного перерізу, для детального аналізу напружено-деформованого стану запропоновано методику, яка полягає у застосуванні до стандартних формул розрахунку приведених характеристик поперечного перерізу: приведеної площі, приведенного моменту інерції, приведенного моменту опору. Для розрахунку елементів із комбінованої клеєної деревини прямокутного поперечного перерізу за другим граничним станом (експлуатаційною придатністю) запропоновано використовувати приведений модуль пружності перерізу до дощок зовнішніх шарів.

Для аналізу запропонованої методики проведено низку чисельних досліджень балок із комбінованої та клеєної деревини одного класу міцності з застосуванням аналітичних методик розрахунку та за допомогою методу скінченних елементів у програмному комплексі (ПК) ЛІРА–САПР, із використанням об'ємних і плоских скінченних елементів.

Із проведених чисельних досліджень видно, що результати розрахунків балок із комбінованої клеєної і з клеєної деревини одного класу міцності різняться у межах 20 % у бік збільшення значень прогинів та нормальних напружень в елементах із комбінованої клеєної деревини.

Розрахунки методом скінченних елементів у програмному комплексі ЛІРА–САПР балок із комбінованої та клеєної деревини одного класу міцності, змодельованих об'ємними та плоскими скінченними елементами, показали майже повний збіг результатів із розбіжністю до 2 %, що дає змогу стверджувати про необхідність, із метою суттєвого спрощення моделювання, задавати елементи з клеєної деревини плоскими скінченними елементами.

Аналітичний розрахунок балок із комбінованої клеєної деревини рекомендують проводити за запропонованою у роботі методикою, що дає змогу враховувати товщину і механічні характеристики для класу міцності кожної дошки, з якої складається клеєний поперечний переріз елемента, що значно розширює діапазон використання комбінованої клеєної деревини.

Підтверджено високий рівень збігу (в межах 5 %) запропонованої аналітичної методики з визначенням приведених характеристик перерізу з результатами, одержаними методом скінченних елементів для різних перерізів та прольотів балок, що дає змогу стверджувати про доцільність її застосування в інженерних розрахунках. Крім того, моделювання конструкцій із комбінованої клеєної деревини можливе стрижневими елементами з наданням їм приведенного модуля пружності за запропонованою методикою, що значно спрощує розрахунок складних стрижневих систем.

Ключові слова: клеєна деревина, аналітична методика розрахунку, метод скінченних елементів, конструкції із клеєної деревини, приведені геометричні характеристики перерізу, приведений модуль пружності.

Актуальність. Широкий світовий досвід упровадження будівельних конструкцій із деревини, зокрема з клеєної деревини, різноманітного призначення підтверджує доцільність їх використання (VNIINTPI, 1989; Koval'chuk et al., 1995). Великого поширення для перекриття середніх, великих і навіть дуже великих прольотів (більш ніж 100 м) набувають конструкції із клеєної деревини (ККД). Цьому сприяє той факт, що клеєна деревина ефективно акумулює позитивні властивості деревини як конструкційного матеріалу, насамперед порівняно високу міцність, і дає змогу значною мірою нівелювати недоліки цільної деревини. Більш докладно про впровадження ККД в Україні йдеться у (Petryakov, &

Klimenko, 2005; Klimenko, 2009; Mukhailovskiy, 2014, 2016, 2017). Одним із видів ККД є конструкції із комбінованої клеєної деревини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У вітчизняних нормативних документах ДСТУ-Н Б В.2.6-184:2012 та ДСТУ-Б.В.2.6-217-2016 вказівок щодо розрахунку або будь-якого іншого інженерного підходу до конструкцій із комбінованої клеєної деревини немає, хоча рекомендації щодо суміщення різних сортів деревини в одному поперечному перерізі містились у багатьох навчальних посібниках і підручниках. Фактично, міцність і жорсткість елементів із комбінованої клеєної деревини визначалась фізико-механічними властивостями зовнішніх шарів, що було зумовлено обмеженням сортуван-

ням деревини, прийнятим ще за радянських часів, для всіх сортів деревини однаковим модулем пружності вздовж волокон.

У розділі 13 ДБН В.2.6-161:2017 міститься рекомендація для клеєних зігнутих і стиснуто-зігнутих елементів сумішати деревину двох класів міцності, а саме у верхній і нижній зонах на $1/6$ висоти поперечного перерізу використовувати більш високий клас міцності деревини, а в середній частині – деревину більш низького класу міцності, як показано на рис. 1. Рекомендацію введено з метою економії деревини більш високих класів міцності для балок, рам, арок та інших конструкцій, елементи якої працюють на згин або стиск зі згином.

За чинними нормами проектування ДБН В.2.6-161:2017 розрахунок дерев'яних конструкцій із комбінованої клеєної деревини слід вести за звичайними формулами, як і для однорідної клеєної деревини, із засто-

суванням фізико-механічних властивостей зовнішніх шарів. Насправді ж робота конструкцій із комбінованої клеєної деревини дещо відрізняється від роботи елементів із клеєної деревини з дощок одного класу міцності.

Мета дослідження. У цій роботі представлено інженерну методику розрахунку елементів із комбінованої клеєної деревини, яка полягає у застосуванні загальних формул, які містяться у ДБН В.2.6-161:2017, з урахуванням наявності у поперечному перерізі різних класів міцності деревини, які своєю чергою мають різні фізико-механічні властивості, шляхом використання приведених геометричних характеристик поперечного перерізу та приведених модулів пружності, з приведенням фізико-механічних властивостей до дощок зовнішніх шарів.

Матеріали і методи дослідження. Враховуючи структуру й особливості роботи елементів із комбінованої клеєної деревини прямокутного попереч-

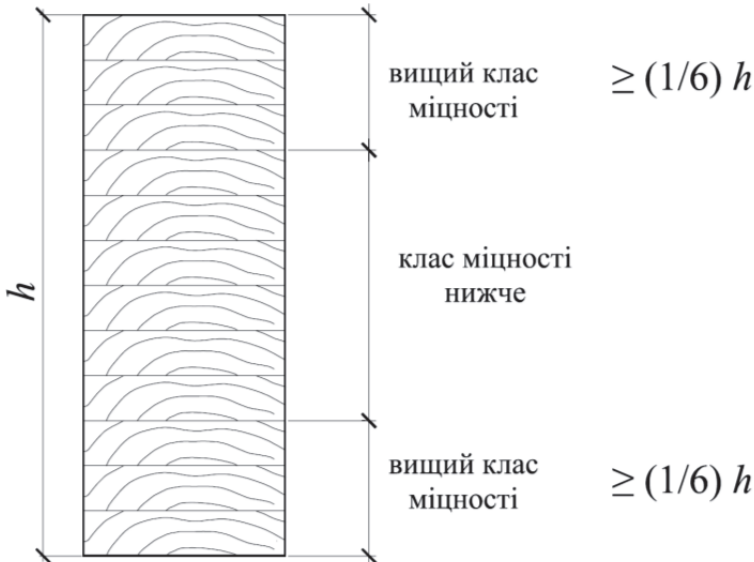


Рис. 1. Поперечний переріз із комбінованою клеєною деревиною і розподілом деревини за класами міцності за висотою поперечного перерізу балки

ного перерізу, для детального аналізу напружено-деформованого стану необхідно одержати приведені характеристики лише вздовж волокон (вісь x).

Приведена площа поперечного перерізу:

$$A_{x,ef} = \sum A_{x,i} \frac{E_{x,i}}{E_x}, \quad (1)$$

де $A_{x,i}$ – площа перерізу i -го шару дощок (переріз перпендикулярний осі x – вздовж волокон деревини дощок зовнішнього шару);

E_x – модуль пружності дощок відносно осі x , вздовж волокон зовнішнього шару;

$E_{x,i}$ – модуль пружності i -го шару дощок відносно осі x .

Приведений момент інерції перерізу:

$$I_{x,ef} = \sum I_{x,ef,i} \frac{E_{x,i}}{E_x} + \sum a_i^2 A_i \frac{E_{x,i}}{E_x}, \quad (2)$$

де $I_{x,i}$ – момент інерції перерізу перпендикулярного осі x i -го шару дощок;

$A_{x,i}$ – площа перерізу i -го шару дощок перпендикулярного осі x ;

a_i – відстань від нейтральної осі перерізу панелі до осі центру перерізу i -го шару дощок;

E_x – модуль пружності дощок вздовж волокон;

$E_{x,i}$ – модуль пружності i -го шару дощок відносно осі x .

Приведений момент опору поперечного перерізу:

$$W_{x,ef} = \frac{I_{x,ef}}{h_z}; \quad (3)$$

де $I_{x,ef}$ – приведений момент інерції поперечного перерізу перпендикулярного осі x , який слід визначати за формулою (2);

h_z – відстань від центру ваги поперечного перерізу до крайнього волокна, в якому визначають напруження.

Для розрахунку елементів із комбінованої клеєної деревини прямокутного поперечного перерізу за другим граничним станом (експлуатаційною придатністю) необхідно визначити приведений модуль пружності перерізу до дощок зовнішніх шарів.

Приведений модуль пружності клеєного елемента визначають з умови:

$$I_{x,ef} E_x = I_{x,br} E_{ef}, \quad (4)$$

де $I_{x,ef}$ – приведений момент інерції поперечного перерізу перпендикулярного осі x , який слід визначати за формулою (2);

E_x – модуль пружності дощок зовнішніх шарів вздовж волокон;

$I_{x,br}$ – момент інерції перерізу без урахування наявності дощок різного класу міцності;

E_{ef} – приведений модуль пружності елемента з комбінованої клеєної деревини вздовж волокон.

З формули (4) одержуємо формулу для визначення приведенного модуля пружності елемента з комбінованої клеєної деревини вздовж волокон:

$$E_{ef} = \frac{I_{x,ef} E_x}{I_{x,br}} \quad (5)$$

Приведений модуль пружності деревини слід використовувати введенням параметрів жорсткості стрижневого скінченного елемента в сучасні програмні комплекси для розрахунку елементів чи конструкцій з комбінованої клеєної деревини.

Для апробації запропонованої методики розрахунку елементів із комбінованої клеєної деревини проведено чисельні дослідження балки, що працює на згин, поперечним перерізом з восьми дощок (рис. 2).

Визначимо формули (1), (2), (3) у параметричному вигляді для клеєного пакета з восьми дощок (рис. 2).

Приведену площу поперечного перерізу клеєного елемента з восьми дощок визначають за формулою:

$$A_{x,ef} = \sum A_{x,i} \frac{E_{x,i}}{E_x} = bt_1 \frac{E_{x,1}}{E_x} + bt_2 \frac{E_{x,2}}{E_x} + bt_3 \frac{E_{x,3}}{E_x} + bt_4 \frac{E_{x,4}}{E_x} + bt_5 \frac{E_{x,5}}{E_x} + bt_6 \frac{E_{x,6}}{E_x} + bt_7 \frac{E_{x,7}}{E_x} + bt_8 \frac{E_{x,8}}{E_x} \quad (6)$$

де b – ширина перерізу дощок;

$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ – товщина 1-ї, 2-ї, 3-ї, 4-ї, 5-ї, 6-ї, 7-ї, 8-ї дошки відповідно;

E_x – модуль пружності дощок відносно осі x , вздовж волокон зовнішнього шару;

$E_{x,1}, E_{x,2}, E_{x,3}, E_{x,4}, E_{x,5}, E_{x,6}, E_{x,7}, E_{x,8}$ – модуль пружності відносно осі x 1-ї, 2-ї, 3-ї, 4-ї, 5-ї, 6-ї, 7-ї, 8-ї дошки відповідно.

Приведений момент інерції поперечного перерізу клеєного елемента з восьми дощок визначають за формулою:

$$I_{x,ef} = \frac{bt_1^3}{12} \frac{E_{x,1}}{E_x} + \frac{bt_2^3}{12} \frac{E_{x,2}}{E_x} + \frac{bt_3^3}{12} \frac{E_{x,3}}{E_x} + \frac{bt_4^3}{12} \frac{E_{x,4}}{E_x} + \frac{bt_5^3}{12} \frac{E_{x,5}}{E_x} + \frac{bt_6^3}{12} \frac{E_{x,6}}{E_x} + \frac{bt_7^3}{12} \frac{E_{x,7}}{E_x} + \frac{bt_8^3}{12} \frac{E_{x,8}}{E_x} + a_1^2 bt_1 \frac{E_{x,1}}{E_x} + a_2^2 bt_2 \frac{E_{x,2}}{E_x} + a_3^2 bt_3 \frac{E_{x,3}}{E_x} + a_4^2 bt_4 \frac{E_{x,4}}{E_x} + a_5^2 bt_5 \frac{E_{x,5}}{E_x} + a_6^2 bt_6 \frac{E_{x,6}}{E_x} + a_7^2 bt_7 \frac{E_{x,7}}{E_x} + a_8^2 bt_8 \frac{E_{x,8}}{E_x} \quad (7)$$

де b – ширина перерізу дощок;

$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8$ – товщина 1-ї, 2-ї, 3-ї, 4-ї, 5-ї, 6-ї, 7-ї, 8-ї дошки відповідно;

E_x – модуль пружності дощок відносно осі x , вздовж волокон зовнішнього шару;

$E_{x,1}, E_{x,2}, E_{x,3}, E_{x,4}, E_{x,5}, E_{x,6}, E_{x,7}, E_{x,8}$ – модуль пружності відносно осі x 1-ї, 2-ї, 3-ї, 4-ї, 5-ї, 6-ї, 7-ї, 8-ї дошки відповідно;

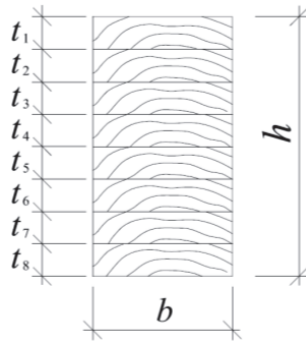


Рис. 2. Геометрична схема поперечного перерізу балки

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8$ – відстань від центру ваги 1-ї, 2-ї, 3-ї, 4-ї, 5-ї, 6-ї, 7-ї, 8-ї дощок відповідно до центру ваги перерізу.

Відстані від центру ваги 1-ї, 2-ї, 3-ї, 4-ї, 5-ї, 6-ї, 7-ї, 8-ї дощок відповідно, до центру ваги поперечного перерізу, за умови симетричного перерізу, визначають із виразів:

$$a_1 = \frac{t_1}{2} + t_2 + t_3 + t_4, \quad a_2 = \frac{t_2}{2} + t_3 + t_4, \quad a_3 = \frac{t_3}{2} + t_4, \quad a_4 = \frac{t_4}{2},$$

$$a_8 = \frac{t_8}{2} + t_7 + t_6 + t_5, \quad a_7 = \frac{t_7}{2} + t_6 + t_5, \quad a_6 = \frac{t_6}{2} + t_5, \quad a_5 = \frac{t_5}{2}.$$

Приведений момент опору поперечного перерізу $W_{x,ef}$ для крайнього волокна потрібно обчислювати за формулою (3) з визначенням приведенного моменту інерції перерізу за формулою (7) і відстанню від центру ваги поперечного перерізу до крайнього волокна, в якому визначають напруження, $-h_z = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$.

$$I_{x,br} = \frac{bh^3}{12} = \frac{b(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8)^3}{12}, \quad (8)$$

Для аналізу запропонованої методики проведено низку чисельних досліджень балок із комбінованої та клеєної деревини одного класу міцності з застосуванням аналітичних методик розрахунку та за допомогою методу скінченних елементів (МСЕ) у програмному комплексі (ПК) ЛІРА-САПР. Чисельні дослідження МСЕ проведено із застосуванням об'ємних СЕ № 36 та плоских скінченних елементів № 41.

Об'єкт чисельних досліджень – балки з комбінованої клеєної деревини та клеєної деревини одного класу міцності на двох шарнірних опорах прямокутного поперечного перерізу, завантажені рівномірно розподіленим навантаженням різної інтенсивності, прольотами 4 м, 6 м, 8 м.

Поперечний переріз балок із клеєної деревини одного класу міцності при заданні об'ємними СЕ № 36 складено з деревини класу міцності С35 із такими механічними властивостями: модуль пружності деревини вздовж волокон $E_1 = E_{0,mean} = 13000$ МПа, модуль пружності деревини поперек волокон $E_2 = E_3 = E_{90,mean} = 430$ МПа, модуль зсуву $G = G_{mean} = 810$ МПа. При моделюванні балок із комбінованої клеєної деревини МСЕ

Приведений модуль пружності клеєного елемента з восьми дощок визначають за формулою (5), в якій $I_{x,ef}$ – приведений момент інерції поперечного перерізу перпендикулярного осі x , який обчислюють за формулою (2); E_x – модуль пружності дощок зовнішніх шарів вздовж волокон; $I_{x,br}$ – момент інерції перерізу без урахування наявності дощок різного класу міцності.

зовнішні дошки також задавали з деревини класу міцності С35 із механічними властивостями, що наведено вище. Внутрішні дошки з деревини класу міцності С14 з такими механічними властивостями: модуль пружності деревини вздовж волокон $E_1 = E_{0,mean} = 7000$ МПа, модуль пружності деревини поперек волокон $E_2 = E_3 = E_{90,mean} = 230$ МПа, модуль зсуву $G = G_{mean} = 440$ МПа.

При моделюванні плоскими СЕ № 41 зовнішнім шарам балок із комбінованої клеєної деревини надані механічні характеристики деревини класу міцності С35: модуль пружності вздовж волокон $E_1 = E_{0,mean} = 13000$ МПа, модуль пружності поперек волокон $E_2 = E_{90,mean} = 430$ МПа, модуль зсуву $G = G_{mean} = 810$ МПа; внутрішнім шарам балки надані механічні характеристики деревини класу міцності С14: модуль пружності вздовж волокон $E_1 = E_{0,mean} = 7000$ МПа, модуль пружності поперек волокон $E_2 = E_{90,mean} = 230$ МПа, модуль зсуву $G = G_{mean} = 440$ МПа.

Результати дослідження та їх обговорення. Ізополя вертикальних деформацій і нормальних напружень уздовж волокон деревини за результатами чисельних досліджень МСЕ для

балок із комбінованої клеєної деревини прольотом 4 м подано на рис. 3. Результати розрахунків балок із комбінованої та одного класу міцності деревини з іншими прольотами та за інших навантажень за аналітичними методиками та за допомогою МСЕ в ПК ЛІРА–САПР об’ємними СЕ № 36 та плоскими СЕ № 41 узагальнено в таблицях 1 і 2).

Із проведених чисельних досліджень видно, що результати розрахунків балок із комбінованої клеєної і з клеєної деревини одного класу міцності різняться в межах 20 % у бік збільшення значень прогинів та нормальних напружень в елементах із комбінованої клеєної деревини.

Проведені розрахунки методом скінчених елементів у програмному комплексі ЛІРА–САПР балок із комбінованої та клеєної деревини одного класу міцності, змодельованих об’ємними СЕ № 36 та плоскими СЕ № 41, показали майже повний збіг результатів із розбіжністю до 2 %, що дає змогу стверджувати про необхідність, із метою суттєвого спрощення моделювання, задавати елементи з клеєної деревини плоскими СЕ.

Наведені в таблицях 1 і 2 результати розрахунку балок із комбінованої клеєної деревини за запропонованою аналітичною методикою із застосуванням приведених геометричних характеристик поперечного перерізу,

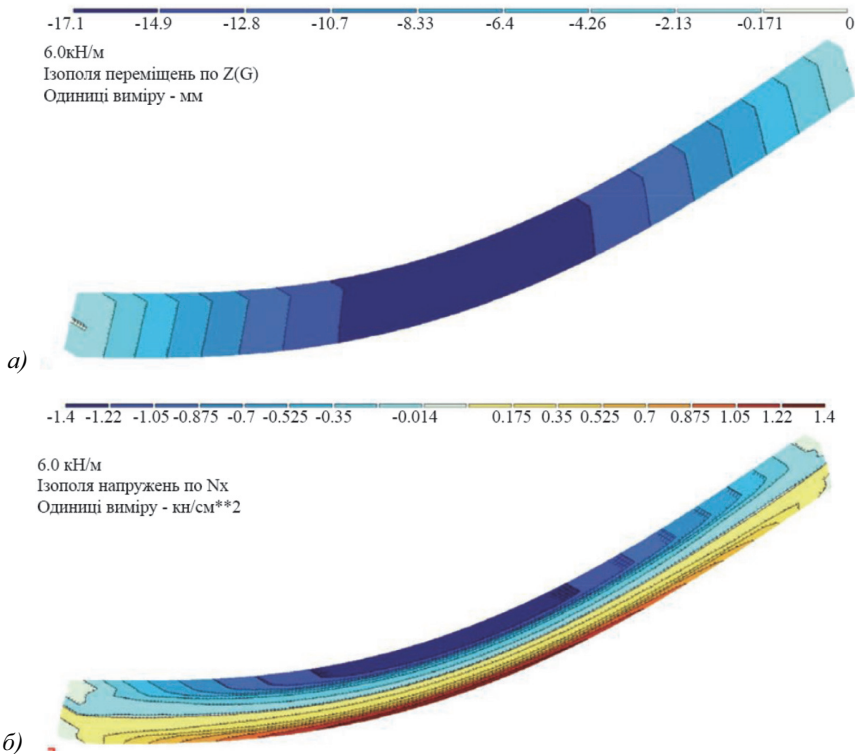


Рис. 3. Ізополя вертикальних деформацій (а) і нормальних напружень вздовж волокон (б) у балках прольотом 4 м за рівномірно розподіленого навантаження 6 кН/м

які визначають за формулами (1) - (3), та приведенного модуля пружності (4) і методу скінченних елементів у ПК ЛПРА–САПР показали розбіжність у межах 5 %.

Отже, аналітичний розрахунок балок із комбінованої клеєної деревини рекомендують проводити за наведеною у цій роботі методикою, що дає змогу враховувати товщину і механічні характеристики для класу міцності кожної дошки, з якої складається клеєний поперечний переріз елемента, що значно розширює діапазон використання комбінованої клеєної деревини.

Як бачимо з одержаних результатів (таблиці 1 і 2), зі збільшенням прольоту росте і різниця значень між розрахунком МСЕ і запропонованою аналітичною методикою з урахуванням приведених характеристик поперечного перерізу та приведених модулів пружності. Для докладнішого розуміння роботи елементів із комбінованої клеєної деревини за великих про-

льотів проведемо додаткові чисельні дослідження для балок прольотом 24 м, 40 м і 60 м, змінюючи висоту перерізу балок для кожного прольоту так, щоб виконувались умови граничних станів. Навантаження на балки прийнято рівномірно розподіленим лінійним інтенсивністю 6 кН/м.

Зовнішні шари балки змодельовані плоскими СЕ № 41 із наданням їм фізико-механічних характеристик деревини класу міцності С35: модуль пружності деревини вздовж волокон $E_1 = E_{0,mean} = 13000$ МПа, модуль пружності деревини поперек волокон $E_2 = E_{90,mean} = 430$ МПа, модуль зсуву $G = G_{mean} = 810$ МПа. Внутрішні шари балки змодельовані плоскими СЕ № 41 із наданням їм фізико-механічних характеристик деревини класу міцності С14: модуль пружності деревини вздовж волокон $E_1 = E_{0,mean} = 7000$ МПа, модуль пружності деревини поперек волокон $E_2 = E_{90,mean} = 230$ МПа, модуль зсуву $G = G_{mean} = 440$ МПа.

1. Значення прогинів і максимальних нормальних напружень для балок із комбінованої клеєної деревини та клеєної деревини одного класу міцності за рівномірно розподіленого навантаження 2,0 кН/м

| Прольот, м | | 4 | | 6 | | 8 | |
|-------------------------|---|--------------|--|--------------|--|--------------|--|
| Методики розрахунку | Згинна жорсткість EI (Wx), кНсм ² (см ³) | Прогин w, мм | Напруження $\sigma_{m,d}$, кН/см ² | Прогин w, мм | Напруження $\sigma_{m,d}$, кН/см ² | Прогин w, мм | Напруження $\sigma_{m,d}$, кН/см ² |
| Класична методика | 14 976 × 10 ³ (960,0) | 4,5 | 0,420 | 22,5 | 0,94 | 71,2 | 1,67 |
| Запропонована методика | 12 978 × 10 ³ (828,7) | 6,0 | 0,480 | 26,1 | 1,09 | 82,5 | 1,93 |
| МСЕ з плоскими СЕ № 41 | однорідна | 4,8 | 0,402 | 23,2 | 0,90 | 72,3 | 1,6 |
| МСЕ з плоскими СЕ № 41 | комбінована | 5,7 | 0,466 | 27,2 | 1,04 | 84,4 | 1,86 |
| МСЕ з об'ємними СЕ № 36 | однорідна | 4,7 | 0,402 | 25,1 | 0,90 | 72,3 | 1,60 |
| МСЕ з об'ємними СЕ № 36 | комбінована | 5,7 | 0,467 | 29,0 | 1,03 | 84,4 | 1,86 |

2. Значення прогинів і максимальних нормальних напружень для балок із комбінованої клеєної деревини та клеєної деревини одного класу міцності за рівномірною розподіленою навантаження 6,0 кН/м

| Прольот, м | | 4 | | 6 | | 8 | |
|------------------------|---|--------------|---|--------------|---|--------------|---|
| Методики розрахунку | Згинна жорсткість EI (Wx), кНсм ² (см ³) | Прогин w, мм | Напруження σ, d , кН/см ² | Прогин w, мм | Напруження σ, d , кН/см ² | Прогин w, мм | Напруження σ, d , кН/см ² |
| Класична методика | 14 976×10 ³ (960,0) | 13,4 | 1,25 | 67,6 | 2,81 | 214 | 5,0 |
| Запропонована методика | 12 978×10 ³ (828,7) | 15,5 | 1,45 | 78,3 | 3,26 | 248 | 5,79 |
| МСЕ з плоскими СЕ №41 | однорідна | 14,4 | 1,21 | 69,5 | 2,70 | 217 | 4,8 |
| МСЕ з плоскими СЕ №41 | комбінована | 17,1 | 1,40 | 81,7 | 3,13 | 253 | 5,57 |
| МСЕ з об'ємними СЕ №36 | однорідна | 14,3 | 1,21 | 75,2 | 2,71 | 217 | 4,8 |
| МСЕ з об'ємними СЕ №36 | комбінована | 17,1 | 1,40 | 86,9 | 3,09 | 253 | 5,57 |

3. Значення прогинів і максимальних нормальних напружень для балок прольотом 24 м за рівномірною розподіленою навантаження 6,0 кН/м

| Методики розрахунку | Однорідна клеєна деревина | | | Комбінована клеєна деревина | | |
|------------------------|---|-------|----------------------------------|---|-------|----------------------------------|
| | EI (Wx), кНсм ² (см ³) | w, мм | σ, d , кН/см ² | EI (Wx), кНсм ² (см ³) | w, мм | σ, d , кН/см ² |
| Класична методика | 19 169×10 ⁵ (30720,0) | 135,2 | 1,41 | - | - | - |
| Запропонована методика | - | - | - | 16 548×10 ⁵ (26519,0) | 156,6 | 1,63 |
| МСЕ з плоскими СЕ № 41 | 19 169×10 ⁵ (30 720,0) | 139 | 1,38 | 16 548×10 ⁵ (26 519,0) | 164 | 1,60 |

4. Значення прогинів і максимальних нормальних напружень для балок прольотом 40 м за рівномірною розподіленою навантаження 6,0 кН/м

| Методики розрахунку | Однорідна клеєна деревина | | | Комбінована клеєна деревина | | |
|------------------------|---|-------|----------------------------------|---|-------|----------------------------------|
| | EI (Wx), кНсм ² (см ³) | w, мм | σ, d , кН/см ² | EI (Wx), кНсм ² (см ³) | w, мм | σ, d , кН/см ² |
| Класична методика | 88 747×10 ⁵ (85 333,3) | 225,4 | 1,41 | - | - | - |
| Запропонована методика | - | - | - | 78 746×10 ⁵ (75 717,9) | 254,0 | 1,58 |
| МСЕ з плоскими СЕ № 41 | 88 747×10 ⁵ (85 333,3) | 232 | 1,37 | 78 746×10 ⁵ (75 717,9) | 265 | 1,54 |

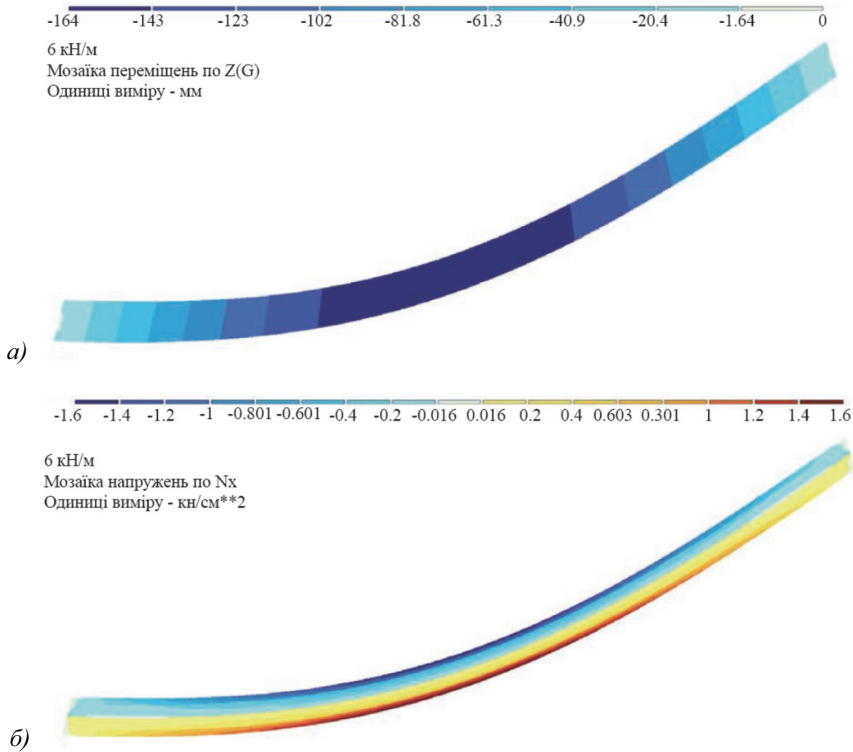


Рис. 4. Ізополя вертикальних деформацій (а) і нормальних напружень вздовж волокон (б) у балках із комбінованої клеєної деревини прольотом 24 м за рівномірною розподіленого навантаження 6 кН/м

Ізополя вертикальних деформацій і нормальні напруження вздовж волокон деревини за результатами чисельного дослідження МСЕ для балки з комбінованої клеєної деревини прольотом 24 м наведено на рис. 4.

Результати розрахунків аналітичними методами за класичною теорією, що фактично враховує переріз із деревини одного класу міцності, та запропонованою методикою розрахунку елементів із комбінованої клеєної

5. Значення прогинів і максимальних нормальних напружень для балок прольотом 60 м за рівномірно розподіленого навантаження 6,0 кН/м

| Методики розрахунку | Однорідна клеєна деревина | | | Комбінована клеєна деревина | | |
|------------------------|---|-------|---------------------------------------|---|-------|---------------------------------------|
| | EI (Wx), кНсм ² (см ³) | w, мм | σ _{m,d} , кН/см ² | EI (Wx), кНсм ² (см ³) | w, мм | σ _{m,d} , кН/см ² |
| Класична методика | 363 506×10 ⁵ (218 453,3) | 278,5 | 1,24 | - | - | - |
| Запропонована методика | - | - | - | 322 546×10 ⁵ (193 837,9) | 313,9 | 1,39 |
| МСЕ з плоскими СЕ № 41 | 363 506×10 ⁵ (218 453,3) | 288 | 1,20 | 322 546×10 ⁵ (193 837,9) | 330 | 1,36 |

деревини, з урахуванням приведених характеристик поперечного перерізу та приведенного модуля пружності, та розрахунком за допомогою МСЕ у ПК ЛІРА–САПР узагальнено для кожного з прольотів балок, що досліджуються, у таблицях 3, 4 і 5.

Наведені в таблицях 3 і 4 результати розрахунку балок із комбінованої клеєної деревини за запропонованою аналітичною методикою із застосуванням приведених геометричних характеристик поперечного перерізу, які визначають за формулами (1) – (3) та приведенного модуля пружності (4), й методом скінченних елементів у ПК ЛІРА–САПР, показали розбіжність у межах 5 %.

Висновки і перспективи. Як видно з одержаних результатів, розрахунок методом скінченних елементів у ПК ЛІРА–САПР дає досить високий збіг (у межах 5 %) з наявною методикою при розрахунку елементів із деревини одного класу міцності, а відповідно може бути застосований для аналізу елементів із комбінованої клеєної деревини, що і було виконано. Різниця одержаних результатів розрахунку комбінованої клеєної деревини за запропонованою методикою та методикою, яку застосовували раніше, досягає 20 % і більше, що для аналітичних розрахунків є досить суттєвим показником. Підтверджено високий рівень збігу (в межах 5 %) запропонованої аналітичної методики з визначенням приведених характеристик перерізу за формулами (1) – (3) з результатами, одержаними методом скінченних елементів для різних перерізів та прольотів балок, що дає змогу стверджувати про доцільність її застосування в інженерних розрахунках.

Список літератури

- DBN V.2.6-161:2017. (2017). *Wooden structures. Substantive provisions*. Kyiv: Ukrarchbudinform [in Ukrainian].
- DSTU B.V.2.6-217-2016. (2016). *Design of building structures from solid and glued timber*. Kyiv: Ukrarchbudinform [in Ukrainian].
- DSTU-NB.V.2.6-184:2012. (2013). *Constructions from solide and glued timber. Design guide*. Kyiv: Ukrarchbudinform [in Ukrainian].
- Klimenko, V. Z. (2009). Domestic experience in the introduction of plywood structures in capital construction. Achievements and problems. *Construction of Ukraine*, 5, 17–21 [in Ukrainian].
- Koval'chuk, L. M., & Turkovskij, S. B. (1995). *Timber structures in construction*. Moscow: Strojizdat [in Russian].
- Mykhailovskyi, D. V. (2014). Prospects for the use of wood as a building material. *Scientific Journal "Bulletin of Sumy National Agrarian University". Series "Construction"*, 10 (18), 100–105 [in Ukrainian].
- Mykhailovskyi, D. V. (2016). World experience and prospects for the development of multi-storey wooden construction. *Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 61, 270–277 [in Ukrainian].
- Mykhailovskyi, D. V. (2017). Application of wood and wood materials in construction. *International Information and Technical Journal Equipment and tools for professionals (woodworking)*, 4/199, 40–44 [in Ukrainian].
- Permyakov, V. A., & Klimenko, V. Z. (2005). State and prospects of using building timber structures in Ukraine. *Journal of Construction Economics*, 4, 36–41 [in Ukrainian].
- VNIINTPI Gosstroya SSSR. (1989). *Glued timber spatial structures of coatings of buildings and structures*. Moscow [in Russian].
- VNIINTPI Gosstroya SSSR. (1989). *Timber structures of bridges and overpasses*. Moscow [in Russian].

Bilyk, S. I., Mykhailovskyi, D. V. (2020). Engineering methods of calculation for elements from combined glued timber. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 79–90. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.079>.

Extensive world experience in the implementation of building structures made of timber, in particular glued timber, for various purposes confirms the feasibility of their use. This is facilitated by the fact that glued timber effectively accumulates the positive properties of timber as a structural material level the shortcomings of solid timber. One of the types of constructions of glued timber are constructions of combined glued timber.

Taking into account the structure and features of elements of combined glued timber of rectangular cross section, for a detailed analysis of the stress-strain state, a method is proposed, which consists in applying to standard formulas for calculating the reduced cross-sectional characteristics: reduced area, reduced moment of inertia, reduced moment of resistance. To calculation, the elements of combined glued timber of rectangular cross section according to the second limit state (serviceability), it is proposed to use the reduced modulus of elasticity of the section to the boards of the outer layers.

To analyze the proposed method, a number of numerical studies of beams of combined and glued timber of the same strength class using analytical calculation methods and using the finite element method in the software package LIRA-CAD, using three-dimensional and flat finite elements.

Numerical studies show that the results of calculations of beams of combined glued and glued timber of the same strength class differ within 20% in the direction of increasing the values of deflections and normal stresses in the elements of combined glued timber.

Finite element calculations in the software package LIRA-CAD beams of combined and glued timber of the same strength class modeled volumetric and flat showed almost complete coincidence of results with a discrepancy of up to 2%, which suggests the need to significantly simplify the modeling, set elements from glued timber with flat finite elements.

It is confirmed that the analytical calculation of beams of combined glued timber is recommended to be carried out according to the proposed method. The proposed technique allows to take into account the thickness and mechanical characteristics for the strength class of each board of which the glued cross section of the element, which significantly expands the range of use of combined glued timber.

The high level of coincidence (within 5%) of the proposed analytical method with determination of the given cross-sectional characteristics with the results obtained by the finite element method for different cross-sections and spans of beams is confirmed, which allows to assert the expediency of its application in engineering calculations. In addition, the modeling of structures made of combined glued timber is possible with rod elements with the provision of the reduced modulus of elasticity according to the proposed method, which greatly simplifies the calculation of complex rod systems.

Keywords: glued timber, analytical calculation method, finite element method, glued timber structures, geometric cross-sectional characteristics, modulus of elasticity.

Отримано: 2020-03-27

ВЛАСТИВОСТІ НОВОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ З НИЗЬКОЯКІСНОЇ ДЕРЕВИНИ СОСНИ

О. О. ПІНЧЕВСЬКА, доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0001-8123-5490>, e-mail: olenapinchevska@nubip.edu.ua

Д. Л. ЗАВ'ЯЛОВ, аспірант*

<https://orcid.org/0000-0002-9532-0060>, e-mail: Lazarovuch@ukr.net

Національний університет біоресурсів та природокористування України

Останнім часом в Україні зростає кількість низькоякісної деревини, ураженої грибними заболонними окрасами, стовбуровими гнилями, що зумовлює пошук шляхів її використання. Сьогодні з такої деревини переважно виготовляють деревинні паливні матеріали на об'єктах промислової і комунальної енергетики. Можливим шляхом її використання є виготовлення теплоізоляційного матеріалу з деревинної шерсті. Створений прототип такого матеріалу – фіброліт – містить деревинну шерсть здорової деревини і під час горіння виділяє токсичні хімічні речовини.

Розроблено конструкцію дерев'яних стінових панелей, що мають каркас із пилопродукції та утеплювач у вигляді покладених пошарово плит із деревинної шерсті, виготовленої з низькоякісної деревини сосни та в'яжучого. Як в'яжучий використано речовини на неорганічній (рідке скло) та органо-мінеральній (ПВА-дисперсія) основі із додаванням антипірену, що забезпечує вогнестійкість. Дослідження вогнестійкості, звуко- та теплоізоляції матеріалу з низькоякісної деревини сосни довели, що він відповідає нормативним вимогам і його можна використовувати у будівельних конструкціях. Для розроблення технологічного регламенту з виготовлення стінових панелей із використанням низькоякісної деревини сосни потрібно визначити їх щільність, сорбційну здатність і біостійкість. Із цієї метою було виготовлено зразки теплоізоляційного матеріалу з різним вмістом масових частин деревинної шерсті та в'яжучого.

Визначено щільність зразків утеплювального матеріалу (145–250 кг/м³), яка є наближеною до щільності популярних жорстких теплоізоляційних матеріалів. Проведені експериментальні дослідження вологопоглинання, сорбційної здатності та величини набрякання показали, що результат впливу вологи на властивості теплоізоляційного матеріалу та його формостійкість є у межах допустимих значень нормативних документів для будівельних виробів. Встановлено, що оброблена запропонованими в'яжучими речовинами деревина, що використана для виготовлення утеплювального матеріалу, має високі показники біологічної стійкості, які перевищують у 5–6 разів біостійкість необробленої деревини.

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор О. О. Пінчевська.

Ключові слова: сосна звичайна, низькоякісна деревина, утеплювальний матеріал, деревинна шерсть, щільність, вологопоглинання, сорбційна здатність, біологічна стійкість.

Актуальність. Низькоякісна деревина являє собою значну проблему у масштабі України: сьогодні понад 400 тис. га лісового фонду країни охоплено масовим всиханням (Thousands of hectares, 2017). Запаси відмерлої деревини, що виявлені у лісах України, щорічно збільшуються через екологічні та кліматичні фактори. На сьогодні спостерігається масове всихання деревостанів, на відміну від минулих десятиліть, коли всихання було характерним лише для поодиноких дерев.

Культура сосни є головною лісотвірною породою і займає понад 30 % площі лісового фонду України. Утворення відмерлої деревини внаслідок всихання насаджень є небажаним із погляду не тільки втрати якості заготовлюваної деревини, а й щодо ефективного виконання екологічних функцій лісу. Упродовж 2017–2018 рр. площі всихання сосни збільшилися на 23 %.

Масове ослаблення деревостанів основних деревних порід України призводить до збільшення заготовлі деревини. Цю деревину, що буде вилучена з лісу у рамках заходів з оздоровлення насаджень, можна повністю або частково віднести до низькоякісної, частка якої зростатиме у разі погіршення лісопатологічних умов. Сухостійну деревину, яка потрапила на ринок збуту, ідентифікують як сировину зниженої якості через наявність грибних заболонних окрасів, стовбурових гнилей, а інколи і червоточини. На відміну від досвіду попередніх десятиліть, потреба у дров'яній деревині на сьогодні не покриває обсягів утворення сухостійної деревини, тому

необхідно віднайти раціональні шляхи її використання (Novitsky, Marchenko, & Zavialov, 2017). Застосування передових технологій у деревообробних і лісозаготівельних підприємствах не забезпечує повного раціонального використання такої деревини.

Тому актуальним є створення нових технологій і виробництв для перероблення низькосортної деревини у товарну продукцію.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вартість запасів ліквідної стовбурової деревини соснових деревостанів, основну частину яких становить ділова деревина, знижується унаслідок негативних явищ всихання деревини та наявності стовбурових гнилей. Стовбурова гнилизна (рис. 1) спричиняє значні втрати найцінніших сортиментів. Унаслідок ураження кореневою губкою (*Phellinus pini*), що спричиняє ядрову гнилизну, відбувається масовий вітровал, всихання і розпад насаджень. Втрати ділової деревини у таких випадках можуть сягати 40–50 % (Combating root sponge, 1966).

Анатомо-мікроскопічні дослідження низькоякісної деревини дали змогу визначити особливості її руйнування дереворуйнівними грибами, що проявляється на ранній стадії у вигляді зміни звичайного стану поверхні на густо-пористий стан та деревинозабарвлювальними грибами, дія яких на лігніфіковані трахеїди є незначною, проте вони спричиняють руйнування олігомерних сполук клітин (Marchenko, Novitsky, & Zavialov, 2016).



Рис. 1. Ураженість лісоматеріалів стовбуровими гнилями

Визначено видовий склад мікобіоти деревини сосни, відібраної на нижніх складах, а саме чотири види грибів (*Phellinus Pini*, *Mucor*, *Cladosporidium*, *Aspergillus*), які викликають ядрову гнилизну, та п'ять видів грибів (*Fusarium*, *Aspergillus Flavus*, *Alternaria*, *Trichoderma*, *Fusarium*), що сприяють розвитку заболонного забарвлення. Використання впливу високих температур ($t_1 = 140\text{ }^{\circ}\text{C} - 180\text{ }^{\circ}\text{C}$) під час сушіння для знезараження деревини виявилось неефективним, оскільки досягнути повного знищення грибів не вдалося (Marchenko, Novitsky, & Zavialov, 2017).

Одним із раціональних напрямів використання низькоякісної деревини є виготовленні технологічної тріски, проте домішки гнилизни, грибних окрасів навіть для найгіршого сорту не мають перевищувати 5% (Misra, Tewari, Deshmukh, & Vágvölgyi, 2014). Також низькоякісну деревину використовують у виробництві деревинних паливних матеріалів для об'єктів промислової і комунальної енергетики та композиційних матеріалів для будівництва. Щодо останніх, то це переважно теплоізоляційні матеріали, що виготовлені із деревинної шерсті та наповнювачів, наприклад фіброліти. Незважаючи на найвищий

серед відомих утеплювальних матеріалів коефіцієнт теплопровідності – $\lambda = 0,088\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ за щільності $\rho = 300\text{ кг}/\text{м}^3$ (Kaufman, 1955), фіброліти під час горіння виділяють токсичні хімічні речовини, що входять до їх складу для адгезії деревини і бетону. Тому не рекомендують їх застосовувати у приміщеннях із можливою великою скупченістю людей. Крім того, для виготовлення фіброліту використовують неуряжену гнилизною деревину.

Розроблено конструкцію дерев'яних стінових панелей, що мають каркас із пилопродукції та утеплювача у вигляді покладених пошарово плит з деревинної шерсті, виготовленої з низькоякісної деревини сосни. На відміну від фіброліту запропоновано використовувати такі в'язучи – на неорганічній основі (рідке скло) та органічно-мінеральній основі (ПВА-дисперсія) із додаванням антипірену, що забезпечує вогнестійкість (Tsapko, Zavialov, Bondarenko, Pinchevska, Marchenko, & Huziy, 2019).

До стінових панелей висувають також вимоги щодо звуко- та теплоізоляції. Проведені дослідження (Tsapko, Zavialov, Bondarenko, Pinchevska, Marchenko, & Huziy, 2019; Tsapko, Zavialov, Bondarenko, Marchenko, Mazurchuk, & Horbachova, 2019) дали

змогу встановити, що зразки розробленого утеплювального матеріалу із органо-мінеральним в'язучим за величиною нормального коефіцієнта звукопоглинання можна віднести до звукоізоляційних матеріалів 3 класу. Щодо теплофізичних характеристик виявлено, що найменший коефіцієнт теплопровідності – 0,079 Вт/(м·К) також мали зразки плит із деревинної шерсті низькоякісної деревини сосни із органо-мінеральним в'язучим, що пов'язано із наявністю повітряних бар'єрів у утеплювальному матеріалі.

Для розроблення технологічного регламенту з виготовлення стінових панелей із використанням низькоякісної деревини сосни необхідним є визначення їх щільності, сорбційної здатності та біостійкості.

Мета дослідження – аналіз фізичних властивостей нового теплоізоляційного матеріалу із низькоякісної деревини сосни.

Матеріали і методи дослідження.

Для проведення досліджень було відібрано зразки низькоякісної деревини сосни з нижніх складів упродовж 2016–2018 рр. із таких лісництв: Катюжанського лісництва, яке входить до складу ДП «Димерське лісове господарство», ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» та ДП Попільнянське ЛГ, що розташовані у поліській та лісостеповій зоні України. Досліджувані зразки мали ознаки ураження. Зокрема були наявними плоди тіла гриба соснової губки (*Phellinus Pini*), що підтверджує наявність стовбурової гнилизни. У подальшому при розкрязуванні на ділові сортименти виявлено ядрову гнилизну стовбурів (рис. 2), різних стадій деформування на різній висоті стовбура.

Відібрані зразки було відсортовано за групами залежно від ступеня ураженості: I група становила близько

50 % відібраної деревини, у якій гниллю вражена була деревина на початковій стадії розвитку інфекційного зараження, що характеризувалась слабким побурінням у місці ураження; II група становила близько 30 % відібраної деревини, у якій стадії хвороби були більш виражені, також характерною ознакою були процеси зниження механічної міцності деревини за органолептичного обстеження; III група становила близько 30 % відібраної деревини, що були уражені ядровою гнилизною і перебували в останній стадії інфекційного процесу.

Із цієї деревини було виготовлено деревинну шерсть шляхом стругання на деревинно-шерстному верстаті СД-2. Після виготовлення було проаналізовано її фракційний склад та визначено раціональні геометричні параметри шерстин-стружок: товщина – 0,5 мм, ширина – 4 мм, довжина волокон – 50–400 мм. Шерсть висушували за температури $t=100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до вологості $W=10\%$, після чого з неї було виготовлено зразки теплоізоляційного матеріалу із різним в'язучим, які запресовували у перфорованих металевих прес-формах розміром $350\times 350\times 30$ мм (рис. 3). За кількістю і видом в'язучих плити поділено на групи:

А – деревинна шерсть – в'язуче на неорганічній основі (рідке скло) за співвідношення 1:1;

Б – деревинна шерсть – в'язуче на неорганічній основі (рідке скло) за співвідношення 1:2;

В – деревинна шерсть – в'язуче на органо-мінеральній основі (ПВА дисперсія) за співвідношення 1:1.

Виготовлені зразки кондиціонували протягом одного тижня за таких параметрів повітря: $t=20\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $\varphi=65\pm 5\%$, та піддавали випробуванням для визначення їхніх властивостей. Для ви-



Рис. 2. Відібрана на лісосіці для досліджень низькоякісна деревина:
 а – деревина сосни звичайної з грибними окрасами заболонної деревини,
 б – деревина з грибними окрасами та ядровою гнилизною, в – деревина з
 ядровою гнилизною

значення середньої щільності згідно з ДСТУ Б В.2.7-38-95 застосовували зразки у вигляді пластин розміром $100 \times 100 \times 28$ мм. Випробування проводять на трьох зразках, які попередньо висушують за температури $t = 105 \pm 5$ °С, доки різниця маси зразка між зважуванням не перевищуватиме 0,1 %.

Об'єм зразків, V , м³, обчислювали за даними геометричних вимірів, а середню щільність – кг/м³, обчислювали з похибкою до 1 кг/м³ за формулою:

$$\rho = \frac{m_c}{V}, \quad (1)$$

де m_c – маса зразка у абсолютного-сухому стані, кг.

Водопоглинання визначали за ДСТУ Б В.2.7-38-95 (State standard of Ukraine, 1997) на таких самих зразках, як і при визначенні середньої щільності за часткового занурення зразків у воду на глибину 5 ± 1 мм. Вимірювання маси проводили через кожну добу до трьох разів поспіль, поки приріст маси не став менше ніж 0,1 % від початкового її значення. Водопоглинання – %, розраховували за збільшенням маси з похибкою до 0,1 % за формулою:

$$\omega = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

де m_b , m_c – маси відповідно водонасиченого і сухого зразків, г.

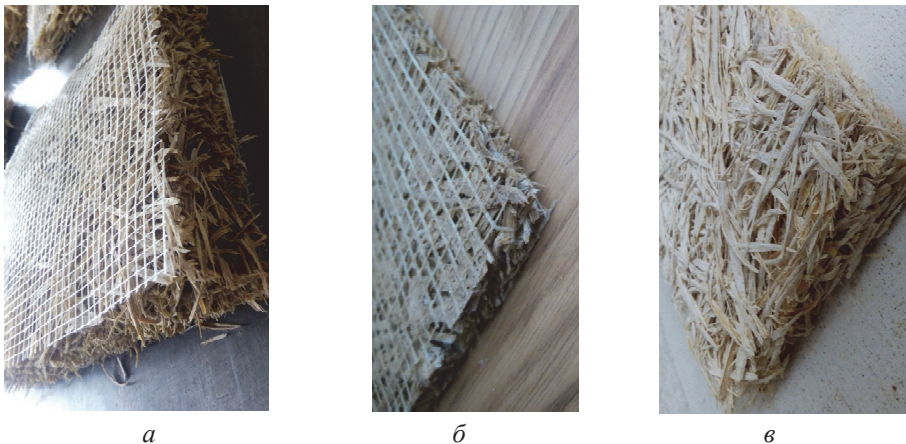


Рис. 3. Загальний вигляд зразків теплоізоляційного матеріалу

Визначення сорбційної вологості проводили за ДСТУ Б В.2.7-38-95 (State standard of Ukraine, 1997). Зразки масою 50–100 г висушували до постійної маси за температури $t = 105 \pm 5$ °С, потім розміщували у ексикаторі над дистильованою водою, стінки якого вкриті гідрофільним матеріалом для забезпечення високої вологості повітря всередині ексикатора за $t = 20 \pm 2$ °С. Показником сорбційної вологості вважають її значення через 24 години. Сорбційну вологість, $W_{\text{сорб}}$ %, у відсотках обчислювали за формулою:

$$W_{\text{сорб}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

де m_1 – маса висушеного зразка, що закладається, г;

m_2 – маса зразка після витримання над водою, г.

Для визначення біологічної стійкості запропоновано використати експрес-метод, що застосовують для нетканих матеріалів. Для цього виготовляли зразки з масивної деревини, що являли собою тонкі пластинки розміром $4 \times 20 \times 60$ мм, поверхня яких вкрита в'язким, що застосовували для виготовлення теплоізоляційних плит. Кількість зразків, що імітували утеплювач, становила 30 шт. Як контрольну групу з необробленою деревиною використано 15 зразків. Вологість усіх зразків була не вищою ніж $W \leq 15\%$. Зразки було занурено у субстрат – просяний поверхневий шар ґрунту вологістю 40–45 % із кислотністю в межах $pH = 4,5\text{--}6,0$ на 60 діб. Протягом цього періоду контролювали вологість субстрату ваговим методом через кожні 15 діб. По закінченні досліду зразки виймали, очищували від субстрату та висушували до досягнення ними постійної маси, після чого зважували. Оцінку

стану зразків проводили візуально за 10-бальною шкалою.

Результати дослідження та їх обговорення. Визначення середньої щільності зразків утеплювального матеріалу на основі деревинної шерсті проводили на трьох висушених зразках кожного виду. Після обчислення об'єму за вимірюванням геометричних розмірів зразки зважували та визначали об'єм кожного зі зразків. Результати визначення щільності зведено у табл. 1.

Під номінальною щільністю потрібно розуміти щільність, яку мають поширені утеплювальні матеріали, а саме м'які деревноволокнисті плити (ДВП), що мають щільність 250 і 300 кг/м³, пінопласти і мінераловатні плити – щільністю 100, 150 та 200 кг/м³. На такі величини орієнтувалися під час проектування та виготовлення запропонованого утеплювача. Видно, що фактичні значення щільності мало відрізняються від проектних і відповідають значенням щільності відомих утеплювальних матеріалів.

Основною причиною псування теплоізоляції у процесі експлуатації є волога, яка проникає у товщу теплоізоляції. Зволоження теплоізоляції відбувається зазвичай шляхом конденсації вологи на холоднішій поверхні або шляхом проникнення водяної пари у товщу утеплення через різницю парціальних тисків водяної пари у повітрі зовні і всередині приміщення. Процес прямого зволоження утеплювача під час експлуатації можливий лише у разі порушення цілісності поверхневих шарів стін чи покрівлі або у аварійних ситуаціях комунікаційних систем. Тому водопоглинання утеплювального матеріалу визначали за часткового занурення зразка у воду. Результати випробування наведено у табл.2.

1. Середня щільність експериментальних зразків

| Зразки утеплювального матеріалу | Номінальна щільність, що закладалась під час проєктування, ρ_{np} (кг/м ³) | Фактична середня щільність виготовлених зразків, ρ (кг/м ³) |
|---------------------------------|---|--|
| Зразок А | 150 | 145 |
| Зразок Б | 150 | 145 |
| Зразок В | 250 | 250 |

2. Середні значення величин водопоглинання зразків утеплювального матеріалу

| Зразки утеплювального матеріалу | Маса зразків до витримки у контакті з водою, г | Маса поглинутої води, г | Величина водопоглинання, % |
|---------------------------------|--|-------------------------|----------------------------|
| Зразок А | 78,35 | 8,07 | 10,3 |
| Зразок Б | 80,64 | 6,61 | 8,2 |
| Зразок В | 102,30 | 9,62 | 9,4 |

Величини водопоглинання, отримані під час випробувань, є у межах допустимих значень нормативних документів (State standard of Ukraine, 1997).

Підвищення вологості утеплювального матеріалу внаслідок поглинання води, тобто сорбції, є достатньо частим явищем. Процес

накопичення вологи матеріалом можливий за неправильного монтування пароізоляційної мембрани або її пошкодженні. Визначення сорбційної здатності проводили згідно з вищенаведеною методикою. Крім того, для спостереження за динамікою накопичення вологи дослід було продовжено до десяти діб (рис. 4).

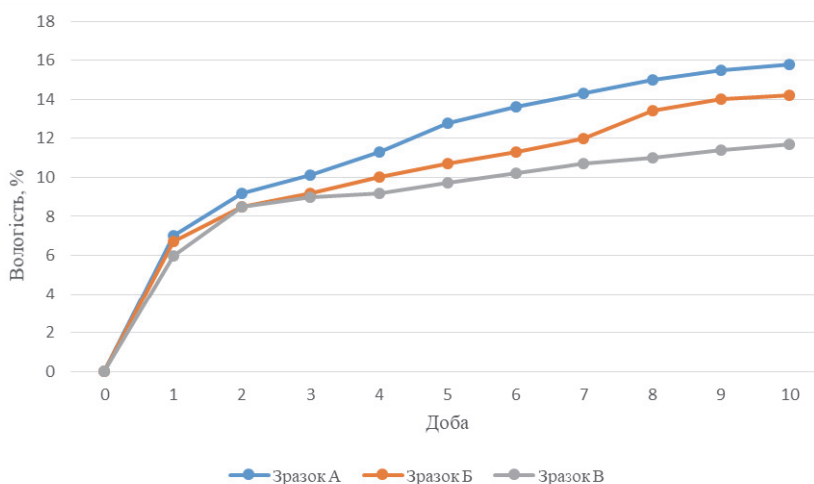


Рис. 4. Динаміка сорбції вологості зразків утеплювального матеріалу

Видно, що зростання сорбційної вологи відбувається не стрімко, а кількість і вид в'яжучого майже не впливають на цей процес. Сорбційна здатність, $W_{\text{сорб}}$ %, зразків утеплювача протягом 24 годин становила для зразків групи: А – 7 %, Б – 6,7 %, В – 6,1 %, що свідчить про помірну спроможність матеріалу до накопичення вологи з повітря.

Зволоження деревини та деревинних матеріалів завжди супроводжується зміною розмірів внаслідок набрякання. Під час проведення дослідів з визначення сорбційної вологості було визначено зміну лінійних розмірів зразків (табл. 3).

Бачимо, що зміна лінійних розмірів у межах точності вимірів змінюється незначно за шириною та довжиною зразка, що свідчить про формостабільність матеріалу. Помітні зміни розмірів у разі зміни вологості спостерігалися лише за товщиною виробів, проте все ж перебувають у межах допустимої зміни лінійних розмірів згідно з нормативами, що наведені у (State standard of Ukraine, 1997).

Результати з визначення біологічної стійкості за втратою маси зразків деревини різного гатунку наведено у табл. 4.

Створення захисної поверхової структури деревини у вигляді в'яжучого сприяє протистоянню дії біологічних факторів. Стійкість деревини, обробленої органо-мінеральним в'яжучим, до біологічного впливу у

середньому майже у 5 разів вище порівняно з необробленою деревиною. Деревина, що оброблена неорганічним в'яжучим, є стійкою більш ніж у 6 разів порівняно з необробленою. Отже, можна стверджувати, що запропоновані в'яжучі забезпечують антисептування ураженої деревини.

Висновки та перспективи. Визначені значення щільності утеплювального матеріалу, які становили: для зразків груп А і Б – 145 кг/м³, а для зразків групи В – 250 кг/м³, відповідають щільності відомих утеплювальних матеріалів, що дає змогу використовувати запропонований матеріал аналогічно відомим жорстким утеплювачам. Дослідження сорбційної здатності матеріалів допомогло визначити, що матеріали усіх груп мали помірну здатність накопичення вологи з повітря. Найменше поглинули вологи зразки групи В, проте величина вологопоглинання та набрякання були меншими у зразків групи Б. Встановлено, що оброблена в'яжучими речовинами деревина, яку використали для виготовлення утеплювального матеріалу, має високі показники біологічної стійкості, перевищуючи у 5–6 разів біостійкість необробленої деревини. Визначення вищенаведених властивостей нового теплоізоляційного матеріалу доповнює його характеристики, що дасть змогу розробити технологічний регламент на виготовлення товарної продукції – стінових панелей із низькосортної деревини сосни.

3. Зміна лінійних розмірів за набрякання матеріалу

| Зразки | Зміна лінійних розмірів матеріалу, % | | |
|--------|--------------------------------------|-------------------|--------------------|
| | Довжина Δl | Ширина Δb | Товщина Δh |
| А | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Б | 0,1 | 0,0 | 0,1 |
| В | 0,2 | 0,1 | 0,3 |

4. Втрата маси зразків обробленої та необробленої деревини

| Вид зразків | Номер зразка | Маса зразків, г | | Втрата маси | | Середнє значення |
|--|--------------|-----------------|---------------------------|-------------|-----|------------------|
| | | до закладання | після витримки та сушіння | г | % | % |
| Необроблена деревина без ознак біологічних уражень | 1 | 65,16 | 63,86 | 1,30 | 2 | 5,7 |
| | 2 | 64,3 | 62,95 | 1,35 | 2,1 | |
| | 3 | 70,24 | 67,36 | 2,88 | 4,1 | |
| | 4 | 68,32 | 66,27 | 2,05 | 3 | |
| | 5 | 64,23 | 62,05 | 2,18 | 3,4 | |
| | 6 | 65,34 | 64,10 | 1,24 | 1,9 | |
| | 7 | 59,64 | 58,33 | 1,31 | 2,2 | |
| | 8 | 62,23 | 60,30 | 1,93 | 3,1 | |
| | 9 | 61,35 | 59,82 | 1,53 | 2,5 | |
| | 10 | 65,12 | 62,38 | 2,74 | 4,2 | |
| Уражена деревина, оброблена неорганічним в'язучим | 1 | 65,01 | 64,62 | 0,39 | 0,6 | 0,91 |
| | 2 | 65,43 | 65,30 | 0,13 | 0,2 | |
| | 3 | 65,54 | 64,95 | 0,59 | 0,9 | |
| | 4 | 71,81 | 71,59 | 0,22 | 0,3 | |
| | 5 | 65,67 | 64,95 | 0,72 | 1,1 | |
| | 6 | 66,82 | 66,62 | 0,20 | 0,3 | |
| | 7 | 64,91 | 63,81 | 1,10 | 1,7 | |
| | 8 | 67,52 | 66,71 | 0,81 | 1,2 | |
| | 9 | 68,34 | 67,45 | 0,89 | 1,3 | |
| | 10 | 66,45 | 65,45 | 1,00 | 1,5 | |
| Уражена деревина, оброблена органічно-мінеральним в'язучим | 1 | 65,32 | 64,41 | 0,91 | 1,4 | 1,16 |
| | 2 | 66,52 | 65,79 | 0,73 | 1,1 | |
| | 3 | 66,32 | 66,12 | 0,20 | 0,3 | |
| | 4 | 65,48 | 64,37 | 1,11 | 1,7 | |
| | 5 | 65,94 | 65,15 | 0,79 | 1,2 | |
| | 6 | 68,32 | 67,36 | 0,96 | 1,4 | |
| | 7 | 67,38 | 66,37 | 1,01 | 1,5 | |
| | 8 | 65,87 | 65,08 | 0,79 | 1,2 | |
| | 9 | 65,94 | 65,54 | 0,40 | 0,6 | |
| | 10 | 67,36 | 66,55 | 0,81 | 1,2 | |

Список літератури

Combating root sponge in the forests of Chernihiv region. (1966). Proceedings of the scientific and technological meeting. Chernihiv [in Russian].

Kaufman, B. N. (1955). *Thermal Conductivity of Building Materials*. Moscow: Gosstrojizdat [in Russian].

Marchenko, N. V., Novitsky, S. V., & Zavialov, D. L. (2016). To the question of the use of low quality pine wood. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Forestry and Wood Technology*, 95, 242–245 [in Russian].

Marchenko, N. V., Novitsky, S. V., & Zavialov, D. L. (2017). On the possibility of using low

- quality pine wood in construction. *Scientific Bulletin of UNFU of Ukraine*, 266, 211–219 [in Ukrainian].
- Misra, J. K., Tewari, J. P., Deshmukh, S. K., & Vágvölgyi, C. (2014). *Fungi from different substrates*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17646>
- Novitsky, S. V., Marchenko, N. V., & Zavalov, D. L. (2017). Water absorption capacity of dry pine wood. *Scientific Bulletin of UNFU of Ukraine*, 278, 194–200 [in Ukrainian].
- State standard of Ukraine. (1997). In *Building materials. Materials and products construction heat-insulating. Test methods (DSTU B B.2.7-38-95)*. Kyiv: State Committee of Ukraine for Urban Development and Architecture [in Ukrainian].
- Thousands of hectares – cataclysmic pine forests dry up in Cherkassy Date of renovation.* (2017). Available at <https://lis-ck.gov.ua/?p=9627> [in Ukrainian].
- Tsapko, Y. V., Zavalov, D. L., Bondarenko, O. P., Pinchevska, O. O., Marchenko, N. V., & Huziy, S. H. (2019). Development of fire-resistant heat and sound insulation boards of wood wool. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/10 (99), 24–31.
- Tsapko, Y. V., Zavalov, D. L., Bondarenko, O. P., Marchenko, N. V., Mazurchuk, S. M., & Horbachova, O. U. (2019). Determination of thermophysical characteristics of dry pine timber construction products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4/10 (100), 37–43.
-
-

Pinchevska, O. O., Zavalov, D. L. (2020). Properties of new thermal insulation from low quality pine wood. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (2), 91–100. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.091>.

Recently growing number of low quality wood in Ukraine, damaged by fungal sap color, stem rot leads to finding ways to use it. Today this wood is used mainly for the manufacture of wood-fuels facility in industrial and municipal energy. A possible way to use it is making insulation material from wood wool. The existing prototype of such material - fibrolite contains woody wool of healthy wood but during burning emits toxic chemicals.

The construction of wooden wall panels, which include a frame of lumber and thermal insulation material of wood wool, made of low quality pine wood and binder. The binder used were inorganic (liquid glass) and organic-mineral (PVA) dispersion with the addition of flame retardant. Investigation of fire resistance, acoustic and thermal insulation of material from low quality pine wood have proved that it meets the regulatory requirements and can be used in building structures. To develop technological requirements for the manufacture of wall panels using low-quality pine wood, it is necessary to determine their density, sorption capacity and bio-stability. For this purpose, samples of thermal insulation material with different content of mass parts of wood wool and binder were made.

The density of specimens of insulating material (145–250 kg/m³), which is close to the popular hard thermal insulation materials, has been determined.

Experimental studies of moisture absorption, sorption capacity and swelling values indicated that the effect of moisture on the properties of insulating material and its shape resistance are within the permissible values of regulatory documents for construction products. Wood treated with binders found to be used for the manufacture of insulation material has been found to have high biological resistance, which is more than 5-6 times the bio-resistance of untreated wood.

Keywords: pine wood, low-quality wood, insulation material, wood wool, specific gravity, moisture absorption, sorption capacity, biological resistance.

Отримано: 2020-03-23

ТІ, ЯКІ УМІЛИ ЛЮБИТИ І ЗАВЖДИ БУЛИ ГОТОВІ ПРИЙТИ НА ДОПОМОГУ

(До 80-річчя від дня народження доцентів
В. М. Портного та М. М. Сухого)

В. М. МАУРЕР, кандидат сільськогосподарських наук, професор
<http://orcid.org/0000-0002-1283-7882>, e-mail: forestcrops_chair@ukr.net
Національний університет біоресурсів і природокористування України

В уяві викладачів, студентів і випускників інституту (факультету) довгий час квітучий травень асоціювався із початком заліково-екзаменаційної сесії, захистом дипломних робіт, традиційними ювілейними зустрічами випускників і святкуванням днів народження двох прекрасних педагогів із дуже люблячими та добрими душами – Володимира Миколайовича Портного і Миколи Мефодійовича Сухого, яких за їхні прекрасні людські чесноти поважали колеги, друзі та любили студенти.

Володимир Миколайович Портной, добрий за вдачею, надзвичайно м'який за характером, інтелігентний, з енциклопедичними знаннями, товариський, із відкритою душею, належав до керівників, які замість того, щоб наварити винуватця, оголосити догану, – червонів, ніяківів і казав заступникові: «Ось запросив прийти у деканат “штрафника” (студента, асистента чи доцента), а сам мушу бігти до началь-



ства у третій корпус (у ректорат, партком, профком), тому дуже прошу Вас, Вікторе Мельхіоровичу, поясніть йому, що так робити не можна...».

Особистою трагедією для нього було поставити студенту на іспиті або під

час захисту курсового проекту оцінку «задовільно». І якщо таке траплялося, то він переживав щодо цього набагато більше, ніж, подеколи, сам студент.

Народився Володимир Миколайович 28 травня 1940 р. у с. Новаки Лубенського району Полтавської області, в родині службовців. Батько, Микола Денисович, працював учителем у сільській школі, а мати, Ганна Опанасівна, завідувала сільським медичним пунктом.

У 1947 р. Володимир Миколайович розпочав навчання у сільській середній школі, десятий клас якої закінчив із золотою медаллю у 1957 р. Змалку допитливий юнак любив природу, навколишні ліси і з особливою повагою ставився до лісівників, їхнього форменого одягу і права на носіння зброї. Поряд із рідним селом у м. Лубни техніків-лісівників готував місцевий лісний технікум. Недовго думаючи, випускник школи свідомо обрав для подальшого навчання спеціальність лісівника. До честолюбних планів Володимира Миколайовича входило закінчити інститут, отримати фах лісівника і працювати в лісі або ж, як батько, стати вчителем, тільки викладати не в школі, а в Лубенському лісному технікумі. Тому після закінчення школи В. М. Портной, не вагаючись, вступив на лісогосподарський факультет Української сільськогосподарської академії, який закінчив у 1962 р. дипломованим інженером лісового господарства.

Навчання в академії Володимир Миколайович успішно поєднував із активною громадською роботою. За п'ять років він пройшов усі щаблі активіста: комсорг групи, курсу, факультету, члена, а згодом і заступника секретаря комітету комсомолу академії, зарекомендувавши себе, завдяки неабияким організаційним здібностям, високій виконавській дисципліні та патріотизму, з найкращого боку.

Успішне навчання та активна громадська позиція визначили подальшу долю випускника факультету В. М. Портного. Ректорат запропонував йому за державним розподілом залишитися в УСГА та присвятити своє життя науково-педагогічній діяльності.

Упродовж 1962–1973 рр. він працював асистентом кафедри механізації лісогосподарських робіт та лісоексплуатації, яку в той час очолював знаний далеко за межами країни професор І. М. Зима. За його наполяганням Володимир Миколайович у 1969 р. вступив до заочної аспірантури академії, навчання в якій завершив без відриву від виробництва у 1973 р.

У 1974 р. В. М. Портной захистив дисертаційну роботу на тему «Дослідження способів розкорчування лісосік під лісові культури у свіжих суборах Полісся» і здобув ступінь кандидата сільськогосподарських наук.

Уже через чотири роки Володимира Миколайовича було обрано на посаду доцента кафедри. Як педагог він вирізнявся високою лекторською майстерністю, неабиякою толерантністю і по-батьківськи теплим ставленням до студентів, незалежно від їхніх успіхів у навчанні. Своїм педагогічним талантом, успадкованим від учителя-батька, Володимир Миколайович заслужив щирю повагу студентства, підлеглих, колег і керівництва закладу.

У травні 1983 р. на загальних зборах колектив обрав Володимира Миколайовича Портного деканом лісогосподарського факультету. На цій надзвичайно відповідальній посаді він працював до 1992 р.

На всіх посадах своєї трудової діяльності він проявляв дипломатичність і водночас міг постояти за інших, залишаючись при цьому по-дитячому беззахисним.

У 1998 р. В. М. Портного було обрано членом-кореспондентом Лісівничої академії наук України (ЛАНУ), а у 2000 р. – відзначено найвищою галузевою відзнакою «Відмінник лісового господарства України». За особисті звитяги перед державою Володимира Миколайовича було нагороджено орденом «Знак Пошани» та медаллю «В пам'ять 1500-річчя м. Києва».

За час роботи в університеті Володимир Миколайович опублікував понад 50 наукових, навчально-наукових і науково-методичних праць, отримав авторське свідоцтво на винахід.

В. М. Портной був надзвичайно гостинною людиною. Він любив після роботи запрошувати колег додому (жив на вул. Горького, неподалік нинішньої станції метро «Либідська») або на дачу в с. Круглик, де погостювало у нього багато друзів.

Люблячими супутниками життя Володимира Миколайовича були

його дружина Лідія Василівна, син Олександр та донька Інга.

Ще однією любов'ю Володимира Миколайовича була поезія. Особливо до душі йому були рубаї Омара Хайяма, вірші Максима Рильського, Расула Гамзатова, Євгенія Євтушенка та Ліни Костенко, які він залюбки декламував своїм друзям і колегам у часи відпочинку.

Хвороби та окремі негаразди останніх років життя не зламали В. М. Портного. До останнього подиху він любив тих, хто поруч, прощав своїх кривдників, дарував людям добро і тепло своєї душі.

Епіграфом до прожитого ним життя є рядки вірша одного з його улюблених поетів М. Т. Рильського:

*Гей, поля жовтіють і синіє небо,
Плугатар у полі ледве маячить...
Поцілуй востаннє, обніми востаннє.
Вміє розставатись той,
хто вмів любити...*



**Декан факультету В. М. Портной у колі своїх учителів:
ліворуч – доцент П. І. Герасименко, професор Т. Т. Малюгін; праворуч –
доцент Г. О. Порицький, доцент В. С. Наконечний, професор А. В. Цилорик**

Не стало Володимира Миколайовича 4 грудня 2007 р. Похований на цвинтарі селища Пирогове Київської області, на якому щорічно 28 травня збираються разом із його рідними друзі, колеги та учні, щоб згадати добрим словом дуже світлу людину, яка вміла любити і віддавати себе людям.

Микола Мефодійович Сухий народився 22 травня 1940 р. в селі Малі Крушлинці на Вінниччині. Його мати, Акуліна Назарівна Суха, у лихоліття війни втратила чоловіка Мефодія Максимовича і сама підняла на ноги та виховала трьох дітей.

У 1947 р. Микола Мефодійович був зарахований до Малокрушлинецької сільської школи, після закінчення 11 класів якої в 1958 р. вступив до Вінницького агролісомеліоративного технікуму. Під час навчання, після досягнення 19-річного віку, був призваний на дійсну строкову службу до лав збройних сил СРСР, яку проходив упродовж 1959–1961 рр. у танковій частині білоруського військового округу.

Після демобілізації та завершення з відзнакою навчання у технікумі М. М. Сухий за державним направленням протягом року працював майстром лісових культур дистанції захисних лісонасаджень в Оренбурзькій області.

У 1962 р. Микола Мефодійович успішно склав вступні іспити і був зарахований на перший курс лісгосподарського факультету УСГА. Юнака, вже з неабияким життєвим досвідом, призначили старостою академічної групи, обов'язки якого М. М. Сухий виконував старанно і з великою відповідальністю як перед своїми однокурсниками, так і керівництвом факультету. Небагатослівний і не за роками врівноважений студент мав незаперечний авторитет і заслужену повагу як поміж товаришів по нав-



чанню, так і серед професорсько-викладацького складу.

Навчання на лісгосподарському факультеті Микола Мефодійович завершив у 1967 р. відмінним захистом дипломної роботи, що дало йому змогу отримати диплом з відзнакою, а разом із ним кваліфікацію інженера лісового господарства та направлення на роботу до Українського лісовпорядного підприємства.

Від лютого 1968 р. М. М. Сухий працював за направленням техніком-таксатором, а з травня – інженером-таксатором Українського лісовпорядного підприємства. У свій перший польовий період виконував ґрунтово-лісотипологічне обстеження у Кушницькому лісокомбінаті на теренах Закарпатської області, де і звела мене доля з цією прекрасною, дуже доброю за вдачею і трудолюбивою людиною. Мене, практиканта зі Сторожинецького лісового технікуму, керівництво лісокомбінату відрядило на допомогу Миколі Мефо-

дійовичу для проведення ґрунтових розкопок і відбирання зразків ґрунту. У суворих гірських умовах набагато швидше пізнаєш один одного. За місяць спілкування з ним я пройнявся щирою повагою і вдячністю до великої за зростом, потужної за силою людини, яка вирізнялася дружнім і товариським ставленням керівника до свого підлеглого – учня технікуму та щомиті була готова прийти на допомогу.

З грудня 1968 р. М. М. Сухий почав працювати асистентом кафедри лісовпорядкування та геодезії УСГА. Упродовж 1974–1977 рр. М. М. Сухий роботу на кафедрі поєднував із навчанням у аспірантурі. Його науковим керівником був відомий учений, доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри лісової та гідротехнічної меліорації В. О. Бодров.

До вагомих внесків Миколи Мефодійовича у розвиток лісівничої науки необхідно віднести опрацьовані ним нормативи з обліку та використання недеревної сировини, які пізніше увійшли до капітальної, добре знаної не лише в Україні наукової праці – «Нормативно-довідкові матеріали для таксації лісів України та Молдови».

У 1988 р., вже під керівництвом доктора біологічних наук, професора кафедри лісових культур М. І. Гордієнка Микола Мефодійович Сухий захистив дисертацію на тему «Вплив позахисних лісових смуг різної ажурності на швидкість вітру та запаси вологи зрошувальних земель південного степу УРСР» і здобув науковий ступінь кандидата сільськогосподарських наук.

У 1991 р. ВАК СРСР надала Миколі Мефодійовичу вчене звання доцента, а у жовтні 1993 р. він за конкурсом був обраний на посаду завідувача кафедри лісовпорядкування та геодезії.

Однокурсники та колеги згадують Миколу Мефодійовича як старанну, порядну, працюовиту, відповідальну та дуже спокійну і скромну людину. За своєю людяністю, вдачаю та працездатністю він належав до людей, які значно більше віддають тим, хто їх оточують, ніж отримують від життя. Таким щирим, простим і відвертим він залишався і на посаді доцента, і коли був завідувачем кафедри, і у пам'яті всіх, хто його знав.

Микола Мефодійович Сухий трагічно загинув 28 травня 1998 р. Похований на цвинтарі у рідному селі Малі Крушлинці на Вінниччині.

Разом із ним життям ішли вірна дружина Євдокія Миколаївна Пастушок та син Андрій, який важко переживав втрату батька і невдовзі після його смерті помер.

І Володимир Миколайович, і Микола Мефодійович своїм яскраво прожитим життям, подарованим душевним теплом і ставленням до людей, умінням непомітно творити добро, допомагати нужденним за покликом серця, не чекаючи вдячності або зиску, показали: щоб так жити, не треба додаткових прав, високих посад, наказів і прохань. Просто треба мати добре і любляче серце та пам'ятати, що є мільйон можливостей залишити після себе яскравий слід, який час не зітре... Тому світла пам'ять про них житиме у віках.

ДО УВАГИ АВТОРІВ!

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

Структура наукової статті:

УДК (вирівнювання по лівому краю, шрифт – звичайний);

- **назва статті** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери);
 - **ініціали та прізвище авторів** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний); науковий ступінь і вчене звання, ідентифікатор ORCID, електронна адреса авторів, місце їхньої роботи (вирівнювання по центру, шрифт – курсив), кожен співавтор з нового рядка; студенти і аспіранти додатково вказують наукового керівника в кінці першої сторінки статті у вигляді виноски;
 - **анотація українською** (англійською) мовою (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1). Обсяг анотацій українською і англійською мовами повинен бути не менше 1800 знаків;
 - **ключові слова** (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1) – словосполучення (слова), що використовуються для пошуку статті в електронних базах, жодне з них не дублює слова з назви статті;
 - **текст наукової статті** із зазначенням наступних елементів:
 - **Актуальність** – висвітлюється важливість дослідження, існуючі проблеми та напрями їх вирішення в контексті поставлених наукових завдань із зазначенням ще невирішених аспектів питання.
 - **Аналіз останніх досліджень та публікацій**. Подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті. В кінці цього розділу стисло формулюється основне завдання наукового дослідження у вигляді Мета або гіпотези статті.
 - **Матеріали і методи дослідження** – детально описується схема дослідження, умови і місце проведення досліді, основні методи і методики дослідження тощо.
 - **Результати дослідження та їх обговорення** – зазначаються отримані результати дослідження та їх аналіз із наведеним порівнянням щодо відомих фактів (бажано за останні 5 років).
 - **Висновки і перспективи** – необхідно представити конкретні результати аналізу та перспективи подальших досліджень.
 - **Подяки** (якщо необхідні!) подаються після висновків перед бібліографічними посиланнями.
 - список літератури подається у кінці наукової статті у порядку згадування або у алфавітному порядку, без нумерації (кегль шрифту – 14, міжрядковий інтервал – 1). Список літератури повинен містити **не менше 10 літературних джерел** і формується за вимогами **APA 6th Edition**. Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Laurel, 1994), ..., шість і більше авторів – (Jones et al., 1978). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланням <http://nbuv.gov.ua/node/929> або за прикладами на сайті журналу.
- Всі літературні джерела потрібно наводити **англійською мовою** і не менше трьох із них повинні мати ідентифікатор DOI. Транслітерація допускається лише прізвищ авторів, видавництва і географічних назв.
- **ініціали і прізвища авторів, тема, анотація та ключові слова**, які надаються **англійською** (українською) мовою.