

ISSN 2664-4452
2021 | 12 (3)



Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

**UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST
AND WOOD SCIENCE**

Vol. 12, № 3

Київ – 2021

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ЛІСІВНИЦТВА ТА ДЕРЕВИНОЗНАВСТВА

Науковий журнал, 2021, том 12, № 3
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

<https://doi.org/10.31548/forest2021.03>

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

*205 – Лісове господарство, 206 – Садово-паркове господарство,
187 – Деревообробні та меблеві технології*

Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Редакційна колегія:

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР П. І. Лакида , д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН України	<i>206 – Садово-паркове господарство</i> Д. І. Бідолах , д. с.-г. н., доц. Я. В. Геник , д. с.-г. н., доц. С. Б. Ковалевський , д. с.-г. н., проф. О. В. Колесніченко , д. б. н., проф. М. І. Сорока , д. б. н., проф.
ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА Р. Д. Васишин , д. с.-г. н., проф. В. В. Миронюк , к. с.-г. н., доц.	<i>187 – Деревообробні та меблеві технології</i> 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)
ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР В. І. Мельник , к. с.-г. н., доц.	Ю. В. Цапко , д. техн. н., проф. М. Г. Чаусов , д. техн. н., проф.
ЗАСТУПНИК ВІДПОВІДАЛЬНОГО СЕКРЕТАРЯ В. І. Блищик , к. с.-г. н.	<i>091 – Біологія</i> С. Ю. Білоус , к. б. н., доц. А. Ф. Ліханов , к. б. н., доц. С. Ю. Попович , д. б. н., проф. Б. Є. Якубенко , д. б. н., проф.
ЧЛЕНИ КОЛЕГІЇ <i>205 – Лісове господарство</i> А. М. Білоус , д. с.-г. н., проф. А. Ф. Гойчук , д. с.-г. н., проф. С. В. Зібцев , д. с.-г. н., проф. Флоріан Кракснер , Ph. D. (Австрія) І. П. Лакида , к. с.-г. н., доц. А. З. Швиденко , д. с.-г. н., проф. (Австрія) В. Ю. Юхновський , д. с.-г. н., проф.	<i>101 – Екологія</i> В. І. Бондарь , к. с.-г. н., с. н. с. Д. М. Голяка , к. с.-г. н. В. В. Коніщук , д. б. н., проф. А. М. Чурілов , к. б. н.

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 № 1 від 28.08.2021 р.*

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

Науковий редактор – Пазюк О. Г.

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

Підписано до друку 15.09.2021 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 7.0. Зам. № 928

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

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE

Scientific journal, 2021, Vol. 12, No. 3
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

<https://doi.org/10.31548/forest2021.03>

According to the «List of scientific professional publications of Ukraine», scientific journal is classified as belonging to the category «Б» (Agricultural and Technical Sciences) in the following specialties:

**205 – Forestry, 206 – Landscape-Park Management,
187 – Wood Processing and Furniture Technologies**

Founder:

NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE

Editorial Board:

EDITOR-IN-CHIEF Petro Lakyda , Dr. Sci., Prof.	<i>Landscape-Park Management</i> Dmytro Bidolakh , Dr. Sci., Assoc. Prof. Yaroslav Henyk , Dr. Sci., Assoc. Prof. Sergii Kovalevskiyi , Dr. Sci., Prof. Olena Kolesnichenko , Dr. Sci., Prof. Myroslava Soroka , Dr. Sci., Prof.
DEPUTY CHIEF EDITORS Roman Vasylyshyn , Dr. Sci., Prof. Viktor Myroniuk , Ph. D., Assoc. Prof.	<i>Wood Processing and Furniture Technologies</i> Pavlo Bekhta , Dr. Sci., Prof. Andriy Yeroshenko , Ph. D., Assoc. Prof. Olena Pinchevska , Dr. Sci., Prof. Alexander Salenikovich , Ph. D. (Canada)
EXECUTIVE SECRETARY Viktoriia Melnyk , Ph. D., Assoc. Prof.	Yuriy Tsapko , Dr. Sci., Prof. Mykola Chausov , Dr. Sci., Prof.
DEPUTY EXECUTIVE SECRETARY Volodymyr Blyshchuk , Ph. D.	<i>Biology</i> Svitlana Bilous , Ph. D., Assoc. Prof. Artur Likhanov , Ph. D., Assoc. Prof. Sergii Popovych , Dr. Sci., Prof. Borys Yakubenko , Dr. Sci., Prof.
EDITORIAL BOARD MEMBERS <i>Forestry</i> Andrii Bilous , Dr. Sci., Prof. Anatolii Hoichuk , Dr. Sci., Prof. Sergiy Zibtsev , Dr. Sci., Prof. Florian Kraxner , Ph. D. (Austria) Ivan Lakyda , Ph. D., Assoc. Prof. Anatoly Shvidenko , Dr. Sci., Prof. (Austria) Vasyl Yukhnovskiy , Dr. Sci., Prof.	<i>Ecology</i> Valeriia Bondar , Ph. D., Assoc. Prof. Dmytrii Holiaka , Ph. D. Vasyl Konishchuk , Dr. Sci., Prof. Andrii Churilov , Ph. D.

Editorial Address:

03041, Kyiv, Ukraine, Heroiv Oborony Str.15. Phone: (044) 527-87-20
E-mail: ukrforest@nubip.edu.ua

*Recommended for publication by
Academic council of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
(record № 1 dated August 28, 2021).*

Certificate of the printed media state registration: series KV, No. 23989-13829IIP dated June 19, 2019.

Scientific editor – Olena Paziuk

Cover photo – Yuliia Kovalevska, Mariia Shevchuk

Signed for printing September 15, 2021. Format 70x100/16.
7.0 conventional printed sheets. Order No. 928

Producer: «PC Komprynt» LLC
03150, Kyiv, Ukraine, Predslavynska Str. 28. Phone: (067) 209-54-30

ЗМІСТ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- Биченко В. Б., Миронюк В. В., Лакида П. І., Бур'яничук М. М.**
МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНОЇ СТРУКТУРИ СТОВБУРІВ СОСНИ
ЗВИЧАЙНОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ 6
- Сошенський О. М., Зібцев С. В., Терентьев А. Ю., Воротинський О. Г.**
НАСЛІДКИ КАТАСТРОФІЧНИХ ЛАНДШАФТНИХ ПОЖЕЖ
В УКРАЇНІ ДЛЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ТА НАСЕЛЕННЯ 21

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- Бідолах Д. І., Кузьович В. С., Гринюк Ю. Г., Підховна С. М., Тиманська О. Б.**
ОЦІНКА СТАНУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ
САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО
ЗНАЧЕННЯ «СКАЛА-ПОДІЛЬСЬКИЙ ПАРК»..... 35
- Дзиба А. А.**
ТЕАТР ТА АМФІТЕАТР ЯК СТРУКТУРНІ ЕЛЕМЕНТИ ІСТОРИЧНИХ ПАРКІВ,
САДІВ, САДОВО-ПАРКОВИХ АНСАМБЛІВ XVII–XX ст. 45

ЛІСОВА ЕКОЛОГІЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

- Василишин Р. Д., Лакида І. П., Мельник О. М., Лакида М. О., Римаренко Ю. П.**
ОРГАНІЧНИЙ ВУГЛЕЦЬ У РОСЛИННІЙ БІОМАСІ ЛІСІВ КИЇВЩИНИ 63

БІОЛОГІЯ ЛІСОВИХ ТА УРБАНІЗОВАНИХ ЕКОСИСТЕМ

- Демченко О. О.**
СТРУКТУРА ТА МОРФОГЕНЕЗ ПАГОНІВ ВИДІВ РОДУ *VIBURNUM* L.
У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ..... 72
- Чорнобров О. Ю., Ткачова О. Е.**
ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТОКОЛУ СТЕРИЛІЗАЦІЇ ЕКСПЛАНТАТІВ ДЕЯКИХ
ЛИСТЯНИХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У КУЛЬТУРІ *IN VITRO*..... 80

ОГЛЯДОВА СТАТТЯ

- Романенко В. А.**
ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА НАСАДЖЕННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ:
СТАН, ПРОБЛЕМИ, ВИКЛИКИ..... 87

CONTENTS

FORESTRY

- Bychenko V. B., Myroniuk V. V., Lakyda P. I., Burianchuk M. M.**
MODELING STRUCTURE OF SCOTS PINE STEMS VOLUME
BY GRADE CATEGORIES USING STOCHASTIC PROCESS 6
- Soshenskyi O. M., Zibtsev S. V., Terentiev A. Yu., Vorotynskyi O. G.**
SOCIAL AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF CATASTROPHIC
FOREST FIRES IN UKRAINE 21

LANDSCAPE-PARK MANAGEMENT

- Bidolakh D. I., Kuziovykh V. S., Hrynyuk Yu. G., Pidkhovna S. M., Tymanska O. B.**
ASSESSMENT OF THE NATIONAL SIGNIFICANCE
«SKALA-PODILSKY PARK» PARK-MEMORIES
AND LANDSCAPING ART GREEN PLANTATIONS CONDITIONS 35
- Dzyba A. A.**
THEATER AND AMPHITHEATER AS STRUCTURAL ELEMENTS OF PARKS,
GARDENS, GARDEN AND PARK ENSEMBLES OF THE 17th-20th CENTURIES 45

FOREST ECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION

- Vasylyshyn R. D., Lakyda I. P., Melnyk O. M., Lakyda M. O., Rymarenko Yu. P.**
ORGANIC CARBON IN VEGETAL BIOMASS OF FORESTS IN KYIV REGION 63

BIOLOGY OF FOREST AND URBAN ECOSYSTEMS

- Demchenko O. O.**
STRUCTURE AND MORPHOGENESIS OF SHOOTS OF SPECIES OF THE GENUS
VIBURNUM L. IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE 72
- Chornobrov O. Yu., Tkachova O. E.**
OPTIMIZATION OF EXPLANTS *IN VITRO* STERILIZATION PROTOCOL OF SOME
DECIDUOUS TREE SPECIES 80

REVIEW ARTICLE

- Romanenko V. A.**
IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SCOTS PINE STANDS: STATE, PROBLEMS,
CHALLENGES 87

МОДЕЛЮВАННЯ ЯКІСНОЇ СТРУКТУРИ СТОВБУРІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ

В. Б. БИЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук
e-mail: vbbychenko@gmail.com

ДП «Смілянське лісове господарство»

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

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

М. М. БУР'ЯНЧУК, аспірант*,
e-mail: mburianchuk@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У дослідженні висвітлено методику прогнозування об'єму якісних категорій стовбурової деревини для ділових стовбурів сосни звичайної, з використанням моделі розподілу різних якісних зон вздовж по стовбуру. Дослідження базується на емпіричному матеріалі, зібраному на лісосіці рубки головного користування, на якій для 245 модельних дерев визначено протяжність різних якісних зон деревини від окоренка до верхівки. Для узагальнення черговості появи та протяжності зон ділової деревини, дров і відходів у роботі використано напівмарковську ймовірнісну модель, яку визначали три параметри: 1) вхідні ймовірності появи відповідної якісної зони в окоренковій частині стовбура (початковий стан); 2) матриця розподілу довжин зони; 3) матриця ймовірностей зміни якісних зон на різних висотах стовбура. Згідно з дослідними даними, прийнято, що стовбури сосни починаються з ділової деревини. Для моделювання протяжності якісних зон стовбура застосовано функцію бета-розподілу, параметри якої підібрано залежно від відносної висоти початку відповідної зони стовбура. Ймовірності зміни якісних зон обчислено на основі емпіричних даних. У дослідженні виявлено, що розподіл довжин ділової та дров'яної деревини залежить від абсолютної висоти розташування на стовбурі та висоти стовбура. Для математичного узагальнення цього процесу в роботі визначено чотири зони, в межах яких розподіл протяжності ділової частини стовбура може описуватися єдиною функцією. Ймовірності зміни якісних зон змодельовано залежно від відносної висоти стовбурів. На цій основі опрацьовано методику імітаційного моделювання вихідних масивів даних, які можуть використовуватися з метою розроблення таблиць розмірно-якісної структури деревини для стовбурів різних діаметрів, висоти та категорій технічної придатності. Виконане дослідження стосується лише ділових стовбурів сосни, тож потрібно очікувати інші закономірності для стовбурів інших деревних видів, а також напівділових і дров'яних стовбурів. Розроблену методику доречно використовувати під час оновлення таблиць розподілу об'єму стовбурів за розмірно-якісними категоріями, які нині треба оновити шляхом запровадження нових вимог щодо класифікації ділової деревини в Україні.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор А. М. Білоус.

Ключові слова: ділова деревина, функція розподілу, напівмарковська ймовірнісна модель, таблиці розмірно-якісної структури.

Актуальність. Перехід лісової галузі України на європейські стандарти щодо класифікації круглих лісоматеріалів за розмірами та якістю зумовив потребу в оновленні нормативної бази, що застосовується на виробництві під час обліку стовбурового запасу деревини. Впродовж 2019–2020 рр. здійснено перший етап розроблення нормативів, який передбачав моделювання виходу круглих лісоматеріалів за класами товщини для десяти основних деревних порід: сосна, ялина, ялиця, дуб, бук, ясен, граб, береза, вільха, осика (Bilous et al., 2020). Необхідно зауважити, що запропоновані нормативи дають змогу виконувати попередню оцінку суто максимально можливого виходу ділової деревини та її розмірної структури. Це зумовлено використанням наявного на кафедрі таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України дослідного матеріалу (близько 20 тис. модельних дерев), який зібрано протягом останніх двох десятиліть за вже відміненими міждержавними стандартами. Тому, для вдосконалення вказаних нормативів, необхідно залучити нові емпіричні дані. Очевидно, що отримання достатньої кількості модельних дерев потребує значних фінансових витрат, а головне – часу.

Більшість нормативів в Україні розроблено шляхом вирівнювання емпіричних даних методами регресійного аналізу. Для отримання таких моделей достатнього рівня адекватності та точності необхідно мати значний за обсягом дослідний матеріал – від 400 до 600 модельних дерев для кожного деревного виду (Nikitin & Shvidenko, 1972). Через це постає необхідність глибшого вивчення взаємозв'язку ви-

падкових величин, які впливають на формування розмірно-якісної структури об'єму деревного стовбура. Зокрема застосування теорії випадкових процесів та імітаційного моделювання дає змогу отримувати достатню кількість реалізацій змодельованого процесу для забезпечення встановленої точності та рівня довірчої ймовірності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні для відображення розмірно-якісної структури стовбурів випадковий процес уперше було застосовано у 1983 р. під час виконання науково-дослідної роботи щодо оптимізації структури лісозаготівлі в умовах Українських Карпат (Developing Scientific Background, 1983). Ідея застосування належить Я. А. Юдицькому, який у 1985 р. опублікував методичне підґрунтя для можливості застосування випадкових функцій під час вирішення задач сортирентації (Yudytskyi, 1985). Подальший розвиток цей метод отримав у роботах О. В. Полякова, зокрема в науковій розробці «Адаптивна промислова сортирентація лісосічного фонду» (Poliakov & Poliakov, 1999, 2008, 2009). Цю розробку використано для складання деяких нормативів (Kashpor & Stochynskyi, 2013) та їх актуалізації в 2020 р. за новими європейськими стандартами (Bilous et al., 2020). В основу наведених досліджень покладено стохастичну модель розподілу якісних зон вздовж по стовбуру, опрацьовану на основі теорії марковських процесів за припущення, що довжина зон (тобто час знаходження системи у певному стані) розподілена за експотенційним законом (Koroliuk & Turbin, 1976). У результаті встановлено, що клас якості

наступної зони стовбурів, як аналог наступного стану системи Маркова, залежить лише від класу якості поточної зони (поточного стану системи) і не залежить від його більш ранніх станів.

Моделювання ймовірнісного розподілу появи відповідної якісної зони вздовж по стовбуру виявляється складним завданням навіть із позиції можливості застосування статистичних методів. Розподіл значень відгуку, тобто об'єму деревини відповідного класу якості в стовбуровому запасі, зазвичай далекий від нормального. Через це на основі моделей збігу стовбурів (Adamec et al., 2019) і моделей об'єму ділової деревини (Fonweban et al., 2012) вдається більш-менш успішно спрогнозувати її об'єм в окремому стовбурі, проте такий підхід не справцює на рівні лісового насадження.

Поставлена проблема потребує складнішого методичного рішення, яке б дало змогу врахувати ймовірність появи тієї чи іншої якісної зони на стовбурі, а потім – розподілу об'єму за класами якості. Зважаючи на це, Fortin et al. (2009), розглядаючи кожен якісний стовбур як бінарну характеристику (наявність якої на стовбурі може характеризуватися значенням 1, а відсутність – 0), на першому етапі використали лінійну логістичну регресію для моделювання ймовірності появи цих зон залежно від біометричних показників деревного стовбура. Лише після цього розглядали модель розподілу об'єму деревини відповідного класу якості для стовбурів дерев берези і клена провінції Квебек у Канаді. Важливо зауважити, що моделі розробляли окремо для чотирьох якісних категорій (категорій технічної придатності) стовбурів.

Схожий підхід, побудований на бінарній логістичній регресії для прогнозування ймовірності появи якісних

зон на стовбурі, застосовували пізніше фахівці Лісової Служби США (Banzhaf et al., 2016). За висновками вчених, достатній рівень точності подібних моделей варто очікувати лише для загальних показників, агрегованих на рівні деревостанів. У окремих випадках моделювання якісної структури об'єму стовбурової деревини розглядали з позиції теорії статистичної класифікації зон стовбура за якістю. Наприклад, Schneider et al. (2008) поєднали мультиноміальну логістичну регресію для прогнозування кількості кінцевих класів якості деревини та біноміальні логістичні моделі – для виявлення ймовірності появи кожного з них для стовбурів.

Загалом, треба констатувати, що наукова література в контексті представленого дослідження достатньо обмежена. Незважаючи на наявність окремих публікацій із прогнозування якісних характеристик стовбурової деревини, можливість одночасного моделювання розмірних і якісних показників майже не розглядалася. На основі цього треба визнати важливе значення наукових ідей, які запропонували раніше Я. А. Юдицький і О. В. Поляков (Poliakov & Poliakov, 1999, 2008, 2008; Yudytskyi, 1985).

Метою дослідження є обґрунтування на основі дослідного матеріалу моделі випадкового процесу протяжності зон стовбура за якістю, а саме ділової деревини, дров і відходів. Визначити можливість практичного застосування отриманої моделі процесу під час розроблення нормативів.

Матеріали і методи дослідження.

Дослідний матеріал. У дослідженні використано дослідний матеріал, зібраний у ДП «Городнянське ЛГ» Чернігівської області. На закладеній пробній площі зрубано 245 ділових модельних дерев сосни звичайної, для

яких визначали висоту пня, а на стовбурах оцінювали зони за якістю та вимірювали їхню довжину. Загалом на модельних деревах було виділено 821 зону ділової та 307 зон дров'яної деревини. Мінімальна довжина ділових лісоматеріалів приймалася рівною 1,0 м, тоді як для відрізків дров'яної деревини – 0,5 м. Після цього працівники підприємства розкрязовували стовбури на лісоматеріали за чинними специфікаціями та приймали заготовлену лісопродукцію. Всього прийнято від заготівлі 266,7 м³ лісоматеріалів, з них 248,5 м³ ділової деревини та 18,2 м³ дров.

Загальну характеристику дослідного матеріалу подано в табл. 1, де висоту дерев наведено з урахуванням висоти пня.

Аналізуючи статистику, необхідно звернути увагу на досить широкий діапазон мінливості таксаційних показників емпіричних даних. На це вказують коефіцієнти варіації діаметра (19,4 %) та протяжності ділової деревини в абсолютних показниках (63,6 %). Натомість відносні значення протяжності ділової деревини досить щільно групуються навколо середнього (71,6 %), зі стандартним відхиленням лише 1 %.

Модельовання розподілу якісних зон стовбура. Модель випадкового процесу визначає черговість появи та довжину ділянок стовбура певної якості від окоренка до верхівки. В загальному випадку клас якості може мати

сім дискретних значень: A, B, C, D – для ділової деревини; E – для дров'яних відрізків, які обмежені з обох сторін діловими; F – для дров'яної деревини, зона якої розпочинається після останньої ділової зони; G – відходи (вершинка стовбура діаметром у нижньому торці < 2 см). Необхідно зауважити, що зони дров'яної деревини класу E було виявлено у невеликій кількості модельних дерев (із 307 зон дров'яної деревини лише 64 віднесено до класу E), вони мали середню довжину 1,2 м. Припускаючи, що вплив таких відрізків на загальний розподіл об'єму є незначним, їх у моделюванні не враховували.

Відповідно до мети дослідження задачу може бути спрощено так, щоб розглядати лише один клас якості ділової деревини – $T \in \{A, B, C, D\}$ і дров'яної деревини – F . Оскільки переходів із останньої у ділову не відбувається, можна вважати, що F – це поглинаючий (безповоротний) стан системи. Крім цього, розміщення на стовбурі точки переходу із зони F у зону G не має імовірнісного характеру і залежить лише від збігу конкретного стовбура. Враховуючи це, якісну структуру стовбура можна описати як випадковий процес, де клас якості зони (може мати значення T і F) – це стан процесу, а довжина зони – час його перебування у цьому стані. Тобто стани процесу змінюються дискретно, а час неперервно – від мінімального (для ділової деревини – 1,0 м, для

1. Статистична характеристика модельних дерев

Статистики	Діаметр на висоті 1,3 м, см	Висота, м	Протяжність ділової деревини	
			м	частка від висоти, %
Середнє значення	36,1	27,1	19,5	71,6
Мінімальне значення	20	18,7	7,1	27,7
Максимальне значення	53	37,4	27,1	88,6
Стандартне відхилення (σ)	7,0	2,6	12,4	1,0
Коефіцієнт варіації (v), %	19,4	9,6	63,6	1,4

дров – 0,5 м) до певного максимального значення.

Залежно від закону розподілу часу перебування у певному стані, процеси з дискретними станами та неперервним часом можна розглядати як марковські або напівмарковські процеси. Напівмарковські процеси є безпосереднім узагальненням ланцюгів і процесів Маркова та конструктивно можуть бути задані кількома способами (Koroliuk & Turbin, 1976).

У цій роботі ми обрали напівмарковську модель, яку визначають: 1) початковий розподіл вхідних імовірностей; 2) матриця функцій розподілу випадкового часу перебування в стані i за умови, що перехід відбудеться в стан j ; 3) матриця перехідних імовірностей вкладеного ланцюга Маркова. Такий підхід дає змогу прийняти, що функції розподілу випадкового часу перебування в стані i не залежать від наступного стану j , у який перейде система. В цьому випадку функції розподілу не пов'язані з матрицею перехідних імовірностей і можуть залежати лише від часу та/або інших показників системи. Крім того, можливо розглядати також зміну станів ii , врахувавши їх у матриці переходів. Іншими словами, довжина зони не залежить від якості наступної зони, а переходи можуть здійснюватись у той самий клас якості (із T у T).

За такої конструкції процесу, його еволюцію можна описати так: починаючи з деякого стану i , який задається вектором p початкового розподілу, система проводить у цьому стані час ζ_i з функцією розподілу $G_i(x)$; після закінчення часу ζ_i стан змінюється на j з імовірністю p_{ij} , яка задається перехідною матрицею P ; потрапивши у стан j , система проводить у цьому стані час ζ_j і т. д., доки процес перейде у поглинаючий стан.

Методика моделювання процесу:

1. Початковий розподіл вхідних імовірностей обчислювали на основі емпіричних даних. У загальному випадку – це вектор відносних частот появи певного класу якості на початку зрізаного стовбура (від пня):

$$p = \{p_i, i \in (1, 2 \dots n)\}.$$

Якщо класам якості, які можуть набувати 5 атрибутивних значень (A, B, C, D і E), надати числові значення, тоді $n = 5$, а випадкова величина $x_i \in (1, 2 \dots 5)$. Функція розподілу такого дискретного ряду матиме вигляд:

$$F(x) = \sum_{i: x_i < x} p_i, \quad (1)$$

де $F(x)$ – функція розподілу; x – аргумент функції; x_i – значення випадкової величини; p_i – імовірність появи i -го класу якості; i – індекси підсумовування, для яких виконується нерівність $x_i < x$.

Якщо прийняти спрощення, що ділова деревина становить один клас (T), тоді $n = 2$, а випадкова величина $x_i \in (1, 2)$.

Під час генерування випадкового процесу висота пня ($\tilde{h}_{\text{пня}}$) може бути прийнята фіксованою або як математична модель за біометричними показниками стовбура. Врахування висоти пня є необхідним тому, що переважна більшість математичних моделей твірної описує збіг стовбура, починаючи з нульової відмітки (від поверхні землі).

2. Закон розподілу часу (тобто довжин ділових зон) між точками зміни станів було визначено на основі дослідного матеріалу. Для цього абсолютні висоти точок початку кожної зони перераховані у відносні, за максимально можливою протяжністю ділової деревини для конкретної висоти стовбура та мінімальною довжиною ділової зони за формулою:

$$\hat{h}_i = \frac{h_i - h^{\text{пня}}}{\tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}} - h^{\text{пня}} - \hat{l}_{\text{min}}^{\text{діл}}}, \quad (2)$$

де \hat{h}_i – відносна висота початку зони; h_i – фактична висота початку зони, м; $\tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}}$ – математична модель максимальної висоти закінчення ділової деревини, м; $h^{\text{пня}}$ – фактична висота пня, м; $\hat{l}_{\text{min}}^{\text{діл}}$ – мінімальна довжина ділової зони, м.

Вибір такого відліку зумовлено тим, що початки ділових зон розташовані на стовбурі у діапазоні висот $h_i \in [h^{\text{пня}}; \tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}} - \hat{l}_{\text{min}}^{\text{діл}}]$, тобто вище точки $\tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}} - \hat{l}_{\text{min}}^{\text{діл}}$ процес з імовірністю 1 перейде у зону F дров'яної деревини і залишиться там аж до переходу в стан G .

Максимальну висоту закінчення ділової частини стовбурів сосни визначали на основі лінійної емпіричної моделі:

$$\tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}} = a_0 + a_1 \cdot h, \quad (3)$$

де $\tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}}$ – максимальна висота закінчення ділової частини, м; h – висота стовбура, м; a_0, a_1 – параметри рівняння.

Для отримання дослідних даних у зіставному вигляді, необхідно значення довжин зон представити також у відносних одиницях. Для цього їх перераховували за формулою;

$$\hat{l}^{\text{діл}} = \frac{l^{\text{діл}} - \hat{l}_{\text{min}}^{\text{діл}}}{\tilde{l}_{\text{max}}^{\text{діл}} - \hat{l}_{\text{min}}^{\text{діл}}}, \quad (4)$$

де $\hat{l}^{\text{діл}}$ – відносна довжина зони; $l^{\text{діл}}$ – фактична довжина зони, м; $\hat{l}_{\text{min}}^{\text{діл}}$ – мінімальна довжина зони, м; $\tilde{l}_{\text{max}}^{\text{діл}}$ – максимальна довжина зони, м.

У чисельнику цієї формули наведено випадкову складову довжини, а в знаменнику – розмах значень, тобто різницю між можливою максимальною та мінімальною довжиною.

Максимальна довжина зони обмежена максимально можливою висотою

закінчення ділової деревини, тому її обчислювали за рівнянням:

$$\hat{l}_{\text{max}}^{\text{діл}} = \tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}} - h_i, \quad (5)$$

де $\hat{l}_{\text{max}}^{\text{діл}}$ – максимальна довжина зони, м; $\tilde{h}_{\text{max}}^{\text{діл}}$ – математична модель максимальної висоти закінчення ділової деревини (3), м; h_i – фактична висота початку зони, м.

Моделювання розподілу довжин якісних зон виконували за наведеними відносними показниками із застосуванням функції бета-розподілу, яка описує неперервні випадкові величини, що мають область визначення на проміжку $[0-1]$:

$$f(x) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}, \quad (6)$$

де $B(\alpha, \beta)$ – бета-функція; x – незалежна змінна, м; α, β – параметри.

Параметри функції розподілу знаходили за допомогою пакета «Пошук рішення» в MS Excel. Критерієм оптимізації обрано мінімум суми квадратів різниць емпіричних даних та відгуку моделі. Далі параметри α та β вирівнювалися за відносною висотою за допомогою рівняння виду:

$$y = a_0 \cdot \exp(a_1 \cdot \hat{h}_i) + a_2, \quad (7)$$

де y – відповідний параметр рівняння (6); a_0, a_1, a_2 – параметри; \hat{h}_i – відносна висота.

Довжину дров'яної зони (F) може бути знайдено для конкретної реалізації випадкового процесу як різницю між висотою її закінчення (тобто переходу у зону відходів G) і висотою закінчення ділової частини:

$$\hat{l}^{\text{др}} = \tilde{h}^{\text{др}} - \tilde{h}^{\text{діл}}, \quad (8)$$

де $\hat{l}^{\text{др}}$ – довжина дров'яної зони, м; $\tilde{h}^{\text{др}}$ – висота закінчення дров'яної зони, м; $\tilde{h}^{\text{діл}}$ – висота закінчення ділової деревини, м.

Висоту $\tilde{h}^{дп}$ обчислюють за рівнянням твірної, яке опрацьоване в [10], для умови, що $f(h^{дп}) = 2$ см (мінімальний діаметр дров'яної деревини у верхньому відрізі). Висоту закінчення ділової деревини можна знайти за формулою:

$$\tilde{h}^{діл} = \tilde{h}^{пня} + \sum_1^i \tilde{l}_i^{діл}, \quad (9)$$

де $\tilde{h}^{діл}$ – висота закінчення ділової частини, м; $\tilde{h}^{пня}$ – висота пня, м; i – кількість згенерованих ділових відрізків, шт.; $\tilde{l}_i^{діл}$ – довжина i -го ділового відрізка, м.

3. Перехідні імовірності. Як зазначено раніше, клас якості зони може мати два значення – T та F . Звідси матриця перехідних імовірностей набуде вигляду:

$$P = \begin{Bmatrix} p_{TT} & p_{TF} \\ p_{FT} & p_{FF} \end{Bmatrix}, \quad (10)$$

де p_{ij} – імовірність переходу зі стану i в стан j .

Якщо прийняти, що p_{TF} – це значення деякої функції $F(x)$, тоді $p_{TT} = 1 - F(x)$, оскільки події TT і TF несумісні та становлять повну групу. Крім того, функція $F(x)$ неспадна, адже, рухаючись вгору по стовбуру, ймовірність переходу в дров'яну деревину збільшується. Якщо F – це поглинаючий стан, очевидно, що $p_{FT} =$

0, а $p_{FF} = 1$, тобто переходів FT у системі не відбувається. Звідси, для визначення елементів першого рядка матриці необхідно знайти $F(x)$. Для цього також застосовували функцію бета-розподілу (6).

Реалізація випадкового процесу.

Для отримання випадкового діаметра стовбура ($d_{1,3}$) та його висоти (h) прийнято, що ці величини мають рівномірний розподіл у межах ступеня товщини (градація 4,0 см) та розряду висот відповідно:

$$d_{1,3} \in [d^{ст} - 2,0; d^{ст} + 1,9]; \quad (11)$$

$$h \in [h_{min}^p; h_{max}^p], \quad (12)$$

де $d^{ст}$ – середній діаметр ступеня товщини, см; h_{min}^p , h_{max}^p – мінімальна та максимальна висота розряду висот відповідно.

Алгоритм генерування якісної структури стовбурів сосни за допомогою випадкового процесу можна подано у табл. 2. Реалізація алгоритму проводиться методом імітаційного моделювання за допомогою обернених функцій розподілу випадкових величин, де для кожного кроку (крім третього та двох останніх) як аргумент цих функцій генерується рівномірно розподілене випадкове число.

2. Алгоритм генерування якісної структури стовбура

№ з/п	Показник	Джерело	Посилання
1	$d_{1,3}$	границі ступеня товщини	(11)
2	h	границі розряду висот	(12)
3	$\tilde{h}^{пня}$	середнє значення або математична модель	–
4	клас якості зони	вхідні імовірності	(1)
5	довжина ділової зони	функція розподілу	(2–7)
6	клас якості зони	перехідні імовірності	(2, 6, 10)
7	довжина ділової зони	функція розподілу	(2–7)
...
$n-1$	довжина дров'яної зони	функція твірної	[10], (8, 9)
n	відходи	залишок до вершини	–

Результати дослідження та їх обговорення. У нашому дослідженні прийнято, що стовбур починається з ділової деревини, тобто початковий стан процесу – це клас якості T . За таких умов функція початкового розподілу вхідних імовірностей (1) для прийнятих класів якості зон (E, T) набуде значень: $P_E = 0; P_T = 1$, адже поява на стовбурі зони E не враховувалась.

Висота пня в дослідному матеріалі лежить у досить вузьких межах 0,10–0,15 м, тому для моделювання випадкового процесу прийнято її середнє значення ($\bar{h}^{пня} = 0,133$ м).

На рис. 1 наведено залежність абсолютних висот точок закінчення ділової частини модельних дерев від висоти стовбура, а також графік їхніх максимальних значень за математичною моделлю (3) та знайденими параметрами: $a_0 = -2,896; a_1 = 0,9851$.

Застосувавши рівняння (2–5) і враховуючи, що мінімальна довжина ділової зони не залежить від таксаційних показників стовбура та дорівнює $\bar{l}_{min}^{діл} = 1$, отримано масив дослідних

даних залежності відносної довжини зони від відносної висоти її початку (рис. 2). Аналізуючи цей графік, можна припустити, що розподіл відносної довжини зони на довільній відносній висоті залежить лише від цієї висоти та не залежить від висоти стовбура.

Для підтвердження такого припущення проведено аналіз масивів емпіричних даних для різних груп висот стовбурів за F -критерієм Фішера та t -критерієм Стюдента. Цей аналіз підтвердив гіпотезу, що групи належать до однієї генеральної сукупності (за рівня значущості $\alpha = 0,05$).

Надалі обраховано відносні частоти появи довжин зон для проміжків відносної висоти стовбура: $[0-0,1), [0,1-0,4), [0,4-0,7)$ та $[0,7-1,0]$. Графіки емпіричних функцій розподілу для зазначених проміжків наведено на рис. 3.

Із наведених графіків видно, що розподіли можуть бути відмінні від експотенційного, за нехарактерною для останнього формою у нижній частині та обмеженою областю визначення.



Рис. 1. Залежність висоти закінчення ділової частини стовбура від його висоти

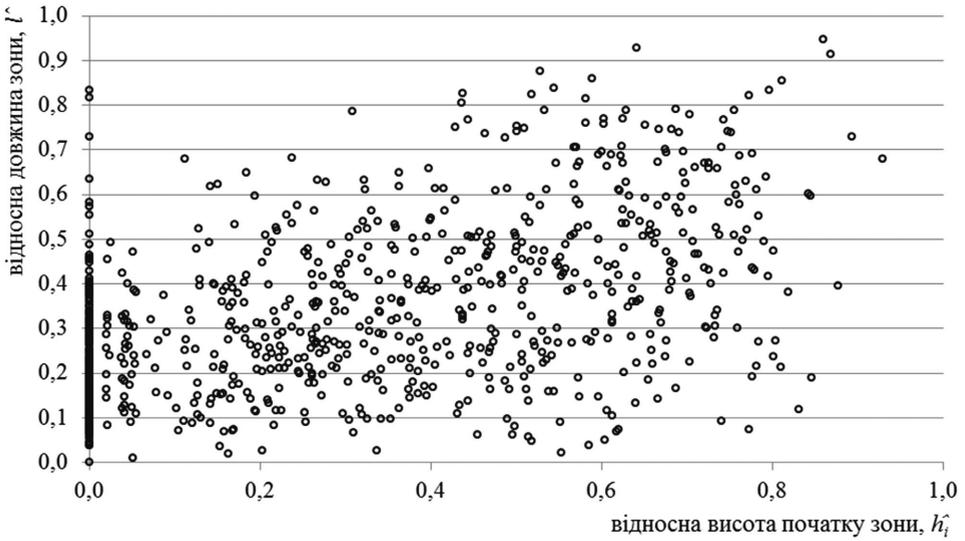


Рис. 2. Залежність відносних довжин зон ділової деревини від відносної висоти їхнього початку

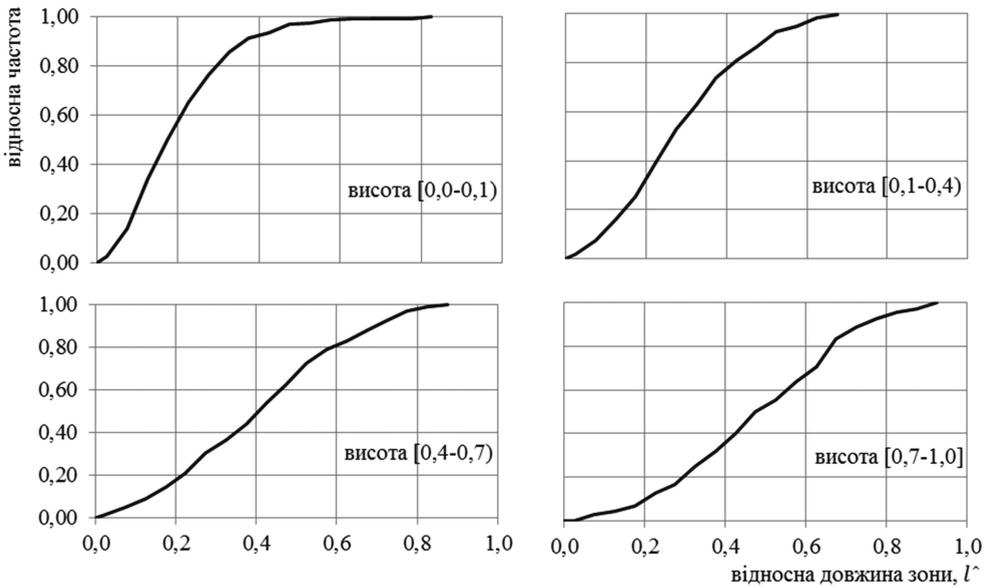


Рис. 3. Емпіричні функції розподілу відносних довжин зон ділової деревини за різних відносних висот їхнього початку

Тому можна класифікувати випадковий процес як напівмарковський.

Обчислені параметри α та β рівняння (6) для зображених на рис. 3 емпіричних розподілів наведено в табл. 3.

Наведені в табл. 3 ряди параметрів вирівнювали за допомогою рівняння (7). Графіки їхніх змодельованих значень подано на рис. 4, а параметри математичних моделей – у табл. 4.

3. Значення параметрів бета-розподілу (6) відносних довжин зон

Параметр	Проміжки відносної висоти стовбура			
	[0,0-0,1)	[0,1-0,4)	[0,4-0,7)	[0,7-1,0]
α	1,946	2,156	1,997	2,467
β	7,979	5,388	2,874	2,636

4. Значення параметрів рівняння (7)

Параметр рівняння (6)	Параметри рівняння (7)		
	a_0	a_1	a_2
α	$7,113 \cdot 10^{-5}$	8,395	2,300
β	7,113	-2,846	1,387

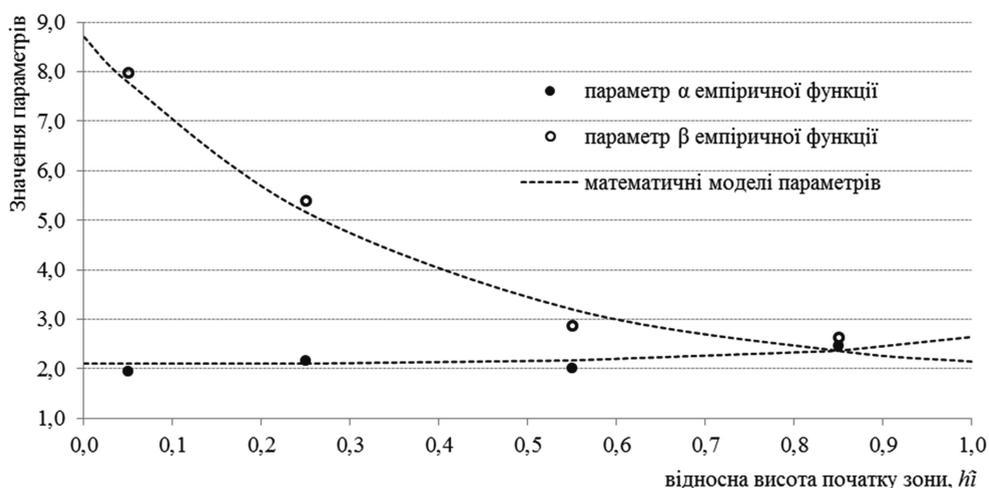


Рис. 4. Математичні моделі параметрів

Отже, застосувавши математичні моделі (2–7), у будь-якій точці на стовбурі можна отримати розподіл абсолютної довжини зони, параметри якого залежать від абсолютної висоти цієї точки та висоти стовбура (рис. 5).

Зображені на рис. 1 точки закінчення ділової деревини є точками переходу системи у поглинаючий стан. Якщо обчислити висоти цих точок у відносних одиницях за формулою (2), то можливо отримати зіставний масив дослідних даних (рис. 6).

Як видно з рис. 6, розподіл точок переходу слабо залежить від висоти стовбура. Крім того, проведений аналіз

масивів емпіричних даних для різних груп висот стовбурів за F -критерієм Фішера та t -критерієм Стьюдента підтвердив, що ці групи належать до однієї генеральної сукупності (за рівня значущості $\alpha = 0,05$). На рис. 6 видно, що деякі значення відносних висот більші за одиницю. Це точки переходу, що розташовані на стовбурі у проміжку $[\tilde{h}_{max}^{діл} - 1; \tilde{h}_{max}^{діл}]$. При потраплянні чергової точки на цей проміжок процес з імовірністю 1 перейде у поглинаючий стан, адже мінімальна довжина зони T не може бути меншою ніж 1 м. Зважаючи на це, функцію розподілу

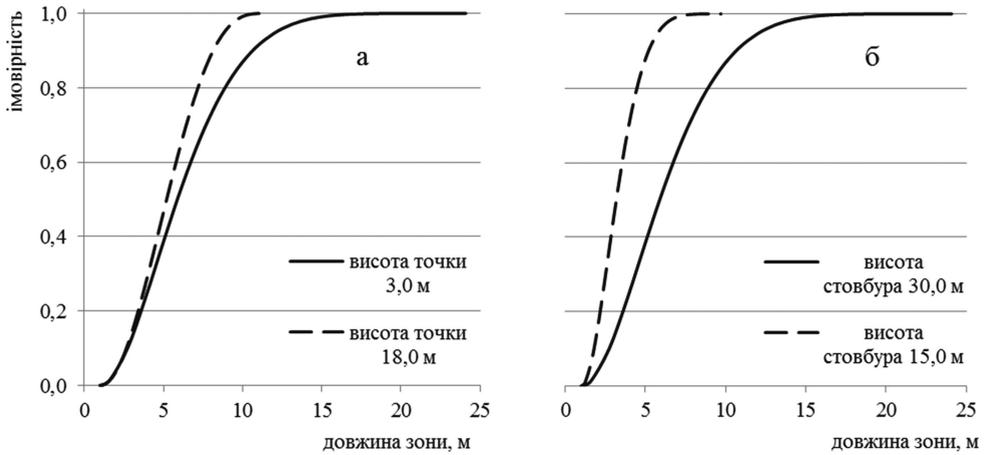


Рис. 5. Графіки змодельованих функцій розподілу довжини ділових зон (а – для стовбура висотою 30,0 м; б – для точки висотою 3,0 м)

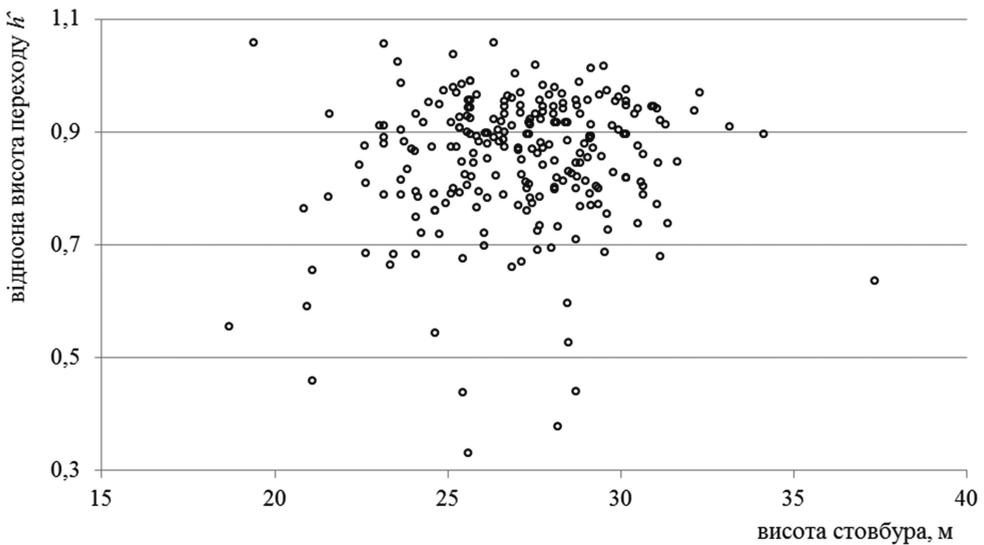


Рис. 6. Залежність висот точок переходу у поглинаючий стан від висоти стовбура

перехідних імовірностей можна представити у вигляді:

$$F(\tilde{h}_i) = \begin{cases} 0, & \tilde{h}_i < 0; \\ \int_0^{\tilde{h}_i} f(\tilde{h}_i) d\tilde{h}_i, & 0 \leq \tilde{h}_i \leq 1; \\ 1, & \tilde{h}_i > 1; \end{cases} \quad (13)$$

де $F(\tilde{h}_i)$ – функція розподілу; $f(\tilde{h}_i)$ – щільність розподілу; \tilde{h}_i – відносна висота.

Для визначення закону розподілу та його параметрів, стовбури модельних дерев було поділено на проміжки довжиною 0,05 відносної висоти (\tilde{h}). Надалі обраховано відносні накопичені частоти появи точок переходу в стан F , які потрапили у ці проміжки. Аналіз емпіричної функції розподілу відносних частот показав, що вона також із достатньою точністю апроксимується

функцією бета-розподілу (6) з параметрами: $\alpha = 10,75$; $\beta = 2,436$. На рис. 7 зображено графік функції розподілу (13) на фоні емпіричних даних.

Отже, для першого рядка матриці (10) для конкретної відносної висоти за допомогою рівняння (13) можна визначити перехідні імовірності.

Отримані математичні моделі характеристик випадкового процесу можуть бути оцінені статистичними методами. Для довжини зони проведено інтервальну оцінку середнього, яка більш обґрунтована та надійніша за точкову. Якщо математичне очікування моделі розподілу довжини зони лежить у довірчому інтервалі середнього значення для вибірки, тоді з певною імовірністю можна стверджувати, що похибка апроксимації не перевищить величину цього інтервалу.

Довірчі інтервали вибіркового середнього для ймовірності 0,99 ($\alpha = 0,01$) розраховані за проміжками відносної висоти початку зон (див. табл. 3) за формулою:

$$\bar{x}_B \pm \frac{\sigma_B \cdot 2,58}{\sqrt{n}}, \quad (14)$$

де \bar{x}_B – вибіркве середнє відносної довжини зони; σ_B – вибіркве серед-

ньоквадратичне відхилення; n – кількість зон.

Математичні очікування бета-розподілу відносних довжин зон для кожної точки емпіричних даних обчислені за формулою:

$$\bar{x}_M = \frac{\alpha}{\alpha + \beta}, \quad (15)$$

де \bar{x}_M – математичне очікування моделі; α , β – параметри рівняння (6) табл. 3.

Отримані дані подано на рис. 8.

Аналіз наведеного графіка засвідчує, що з імовірністю 99 % математичне очікування змодельованої середньої довжини зони буде перебувати у довірчому інтервалі, що вказує на прийнятну точність математичної моделі. У абсолютних показниках математичне очікування моделі усереднене за всіма точками модельних дерев (5,76 м) і наближається до середнього емпіричних даних (5,67 м), що також підтверджує цей висновок.

Точність математичної моделі розподілу перехідних імовірностей (13) виявилась прийнятною як за стандартною похибкою моделювання ($s_m = 0,0184$), так і за коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0,996$).

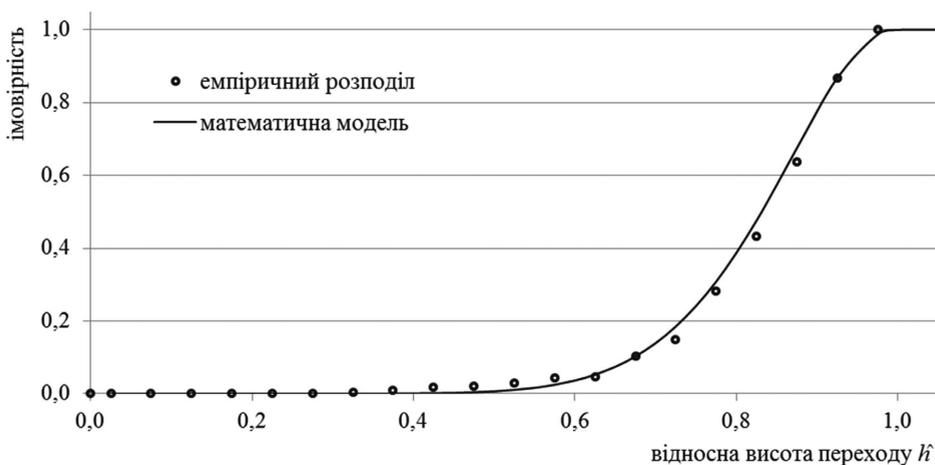


Рис. 7. Розподіл відносних висот точок переходу в поглинаючий стан

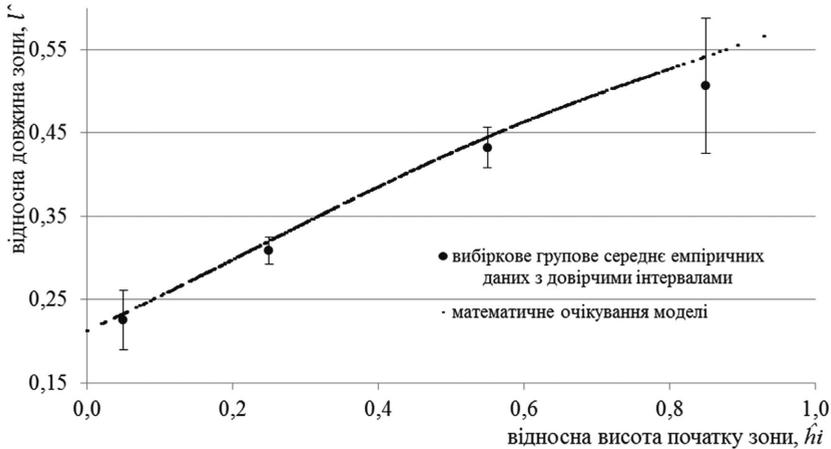


Рис. 8. Довірчі інтервали середньої довжини зон емпіричних даних та їхнє математичне очікування за математичною моделлю

Аналізуючи будову описаного випадкового процесу, можна виокремити два основні чинники, які суттєво впливають на кінцевий результат генерування якісної структури стовбура.

По-перше, це максимальна протяжність ділової деревини. Цей показник зумовлює розмах розподілу довжин ділових зон та їхню можливу максимальну довжину, а також розподіл висоти переходу ділових зон у дров'яні. На практиці висота закінчення ділової частини стовбура є підставою для поділу дерев на категорії технічної придатності. Тому, змодельовавши цей показник для напівділових і дров'яних стовбурів, без труднощів знайдемо інші характеристики випадкового процесу.

Другим чинником є форма (або закон) розподілу довжин ділових зон. Можливо, що для інших деревних видів апроксимація розподілів потребуватиме застосування інших випадкових функцій, ніж для сосни, що вказує на необхідність подальших досліджень.

Позитивною стороною випадкового процесу є властивість створювати на його основі реалізації, яких немає у вибірці, але які з певною імовірністю

можуть існувати у генеральній сукупності. Очевидно, що якщо в емпіричному матеріалі є два однакові стовбури, в яких на певній висоті починається зона протяжністю 3,0 м і 4,0 м відповідно, то можна стверджувати про існування в природі стовбурів з довжиною зони 3,1, 3,2 ... 3,9 м. Тому формування симуляційної вибірки на основі випадкового процесу враховує такі варіанти, а отже більш повно відображає об'єкт дослідження.

Опрацьована у цій роботі методика дає змогу отримати дослідну вибірку для подальшого розрахунку на її основі нормативів розмірно-якісної або товарної структури насаджень. Звісно, постає питання розміру такої вибірки. За даними попередніх досліджень (Poliakov & Poliakov, 1999, 2008, 2009) встановлено, що для кожного варіанта «діаметр–висота» стабілізація показників розподілу об'єму стовбура настає після 150 генерацій процесу.

Іншим питанням є знаходження показників розподілу об'єму стовбура за отриманими реалізаціями процесу. Найдосконаліші методи оцінки об'єму стовбура пов'язані з його твірною, яка дає змогу спрогнозувати діаметри від

окоренка до верхівки та обчислити серединний діаметр і об'єм будь-якого відрізка, знаючи висоту його початку та кінця. Тому отримання даних розподілу об'єму масиву згенерованих стовбурів потребує наявності адекватної математичної моделі збігу та алгоритму умовного розкряжування відповідно до виробничих специфікацій.

В останніх дослідженнях для десяти основних деревних видів України обґрунтовано математичну модель твірної у корі А. Kozak (2004), а також модель співвідношення діаметрів без кори та у корі. Параметри цих моделей опрацьовані та перевірені в межах науково-технічної роботи (Developing Reference Data, 2020). Алгоритм умовного розкряжування за наведеними моделями визначає діаметри згенерованого стовбура без кори в точках переходу якісних зон і «розкряжує» стовбур так, щоб одержати максимальний вихід лісоматеріалів вищих класів якості. Алгоритм дає змогу використовувати реальні специфікації круглих лісоматеріалів за серединним діаметром без кори та довжиною, а отже максимально наблизити результат моделювання до сучасних виробничих умов.

Висновки і перспективи. В дослідженні викладено методичні передумови використання випадкового процесу для моделювання розподілу протяжності ділової частини стовбурів дерев як основної характеристики, що

впливає на розмірну та якісну структуру запасу деревини. Запропонований підхід дає можливість спрогнозувати різноманітні комбінації біометричних показників дерев та підвищити рівень достовірності математичних моделей, покладених в основу об'ємних таблиць. Результати дослідження свідчать, що довжина відрізків ділової та дров'яної частин стовбура залежить передусім від відносної висоти зони стовбура, де вони спостерігаються. Для математичного узагальнення цього процесу в роботі визначено чотири зони, в межах яких розподіл протяжності ділової частини стовбура може описуватися єдиною функцією. Отже, розроблений алгоритм дає змогу дослідити закономірності черговості появи різних якісних зон стовбура та використати їх під час імітаційного моделювання якісної структури стовбурів дерев.

Незважаючи на те, що виконане дослідження стосується виключно ділових стовбурів, варто очікувати інших закономірностей розподілу якісних характеристик для стовбурів напівділових і дров'яних дерев. Загалом результати роботи вказують на шляхи удосконалення методики розроблення нормативів розмірно-якісної структури деревини за браком достатнього обсягу накопичених емпіричних даних, що стає особливо актуальним в умовах запровадження нових стандартів щодо класифікації деревини в Україні.

Список літератури

- Adamec, Z., Adolt, R., Drápela, K., & Závodský, J. (2019). Evaluation of Different Calibration Approaches for Merchantable Volume Predictions of Norway Spruce Using Nonlinear Mixed Effects Model. *Forests*, 10 (12), 1104. <https://doi.org/10.3390/f10121104>
- Banzhaf, G. M., Matney, T. G., Schultz, E. B., Meadows, J. S., Jeffreys, J. P., Booth, W. C., Li, G., Ezell, A. W., & Leininger, T. D. (2016). Log-Grade Volume Distribution Prediction Models for Tree Species in Red Oak-Sweetgum Stands on US Mid-South Minor Stream Bottoms. *Forest Science*, 62 (6), 671–678. <https://doi.org/10.5849/forsci.15-138>
- Bilous, A. M., Kashpor, S. M., Myroniuk, V. V., Svychnyk, V. A., & Lesnik, O. M. (Eds.). (2020). *Forest Inventory Handbook*. Dnipro: Lira LTD, 2020 [in Ukrainian].

- Developing Reference Data for Log Grading by Diameter Classes: Report* (p. 310). (2020). Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
- Developing Scientific Background for Optimization of Logging in Stands of Main Forest Forming Species in the Carpathians: Report* (p. 64). (1983). Kyiv: Ukrainian Agricultural Academy [in Ukrainian].
- Fonweban, J., Gardiner, B., & Auty, D. (2012). Variable-top merchantable volume equations for Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) in Northern Britain. *Forestry*, 85 (2), 237–253. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpr069>
- Fortin, M., Guillemette, F., & Bédard, S. (2009). Predicting volumes by log grades in standing sugar maple and yellow birch trees in southern Quebec, Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 39 (10), 1928–1938. <https://doi.org/10.1139/X09-108>
- Kashpor, S. M., & Strochynskiy, A. A. (Eds.). (2013). *Forest Inventory Handbook*. Kyiv: Vinichenko, 496 [in Ukrainian].
- Koroliuk, V. S., & Turbin, A. F. (1976). *Semi-Markov processes and their application*. Kyiv: Naukova Dumka [in Russian].
- Kozak, A. (2004). My last words on taper equations. *The Forestry Chronicle*, 80 (4), 507–515. <https://doi.org/10.5558/tfc80507-4>
- Nikitin, K. E., & Shvidenko, A. Z. (1972). *Timber Cruising Using Computers*. Kyiv: Urozhai, 200 [in Russian].
- Poliakov, O. V., & Poliakov, M. O. (1999). Adaptive Algorithm for Commercial Grading of Harvested Wood: Manual. *Scientific Bulletin of National Agricultural University*, 17, 345–348 [in Ukrainian].
- Poliakov, O. V., & Poliakov, M. O. (2008). Adaptive Commercial Grading of Harvested Wood: Reference Data. *Scientific Bulletin of National Agricultural University*, 122, 153–158 [in Ukrainian].
- Poliakov, O. V., & Poliakov, M. O. (2009). Adaptive Commercial Grading of Harvested Wood: A Simulation Algorithm. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 135, 201–205 [in Ukrainian].
- Schneider, R., Riopel, M., Pothier, D., & Côté, L. (2008). Predicting decay and round-wood end use volume in trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx.). *Annals of Forest Science*, 65 (6), 608–608. <https://doi.org/10.1051/forest:2008042>
- Yudytskyi, Ya. A. (1985). Description of Grades of Harvested Wood using scholastic Process. In *Trends in Growth and Productivity of Forest Stands: Proceedings, Kaunas, Lithuania, April 6–17, 1985* (pp. 297–299) [in Russian].

Bychenko V. B., Myroniuk V. V., Lakyda P. I., Burianchuk M. M. MODELING STRUCTURE OF SCOTS PINE STEMS VOLUME BY GRADE CATEGORIES USING STOCHASTIC PROCESS

The study highlights methodological aspects of predicting stem volume of merchantable Scots pine trees by grade categories using distribution models of different quality zones along stems. The study is based on empirical data collected in the mature stand during clear-cut harvesting. In total it includes measurements of 245 tree stems for which sequence and lengths of different quality categories were evaluated. A semi-Markov model was applied to characterize a random process of height-relevant co-occurrence and length of merchantable wood, firewood, and residues. The model was determined by the following parameters: 1) input occurrence probabilities of specific grade category in the butt section of tree stems (initial state of the system); 2) distribution matrix of grade categories by lengths; 3) matrix with transition probabilities between grade classes on different stem heights. In this study, we considered the process in which the initial state of the system was associated with merchantable wood which was true for most pine stems. We used beta-function to model lengths of grade categories which parameters were fitted using relative stems height. We also used empirical data to calculate probabilities of transition between merchantable wood, firewood, and residuals along pine stems. The analysis indicates that the length distribution of merchantable wood and firewood depends on the relative height where the grade is observed, and total tree stem height. Thus, we identified four zones where the function of beta-distribution was used to model lengths of each grade category with customized parameters depending on the relative height of their location on tree stem. As a result, we developed a methodology that can be used to simulate datasets with tree stem characteristics, and further to predict the distribution of volume by grade categories depending on their diameters, heights, and merchantability. It is worth noting that our study is focused merely on merchantable pine stems, and one should expect another relationship for stems of different tree species as well as for merchantable pulpwood trees. Given the new standard for merchantable wood classification adopted in Ukraine, the developed methodology is suitable for updating existing tables of distribution of tree stem volumes by wood grade categories.

Keywords: merchantable wood, distribution function, semi-Markov probability model, volume tables.

Отримано: 2021-08-01

НАСЛІДКИ КАТАСТРОФІЧНИХ ЛАНДШАФТНИХ ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ ДЛЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ ТА НАСЕЛЕННЯ

О. М. СОШЕНСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-3028-0723>, e-mail: soshenskyi@nubip.edu.ua

С. В. ЗІБЦЕВ, доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-0684-9024>, e-mail: sergiy.zibtsev@nubip.edu.ua

А. Ю. ТЕРЕНТЬЄВ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-9845-3638>, e-mail: andriy.terentyev@nubip.edu.ua

О. Г. ВОРОТИНСЬКИЙ, аспірант*

<https://orcid.org/0000-0001-7559-0381>, e-mail: o.vorotynskyi@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Згідно з останніми дослідженнями та публікаціями міжнародних організацій, з кінця ХХ ст. у світі збільшується кількість і частота катастрофічних лісових пожеж, які призводять до великих економічних та екологічних втрат, людських жертв. За прогнозами, на території України слід очікувати негативних змін погодних умов, з погляду пожежної небезпеки: підвищення температури повітря, зміщення сезонів, зростання тривалості вегетаційного і пожежонебезпечного періодів, зростання повторюваності та інтенсивності хвиль тепла та стихійних гідрометеорологічних явищ, зміну водних ресурсів місцевого стоку. В 2020 році на території України відбулося кілька катастрофічних пожеж у природних ландшафтах різних регіонів. Серед найбільших і найкатастрофічніших, які призвели до людських жертв, значних економічних, екологічних та соціальних наслідків, – пожежі в Житомирській, Луганській, Харківській і Київській областях. Основною передумовою таких великих пожеж були погодні умови, а саме тривалий період без опадів, висока температура повітря та пориви вітру 15–25 м·с⁻¹. В Україні існує два основні критичні періоди, з погляду частоти та небезпеки виникнення лісових пожеж: перший – весняний, після сходження снігового покриву й до утворення нової зелені; другий – наприкінці літа – у першій половині осені, коли з'являються сухі горючі матеріали на сільськогосподарських угіддях, а люди спалюють рослинні рештки на полях. Події 2020 р. засвідчили неготовність чинної системи ефективно протистояти великим лісовим пожегам та потребу в її постійному удосконаленні відповідно до нових викликів. У статті на основі доступної офіційної інформації, даних, отриманих за допомогою ДЗЗ та з геопорталу «Ландшафтні пожежі України» (wildfires.org.ua) подано інформацію про найбільш катастрофічні пожежі, які трапилися в природних ландшафтах України у 2020 р. Розглянуто компоненти системи охорони природних ландшафтів від пожеж, виокремлено основні недоліки та сформульовано ключові рекомендації з її удосконалення.

Ключові слова: лісові пожежі, надзвичайні ситуації, погодні умови, зміни клімату, збитки, людські жертви.

Актуальність. У 2020 році на території України відбулося кілька катастрофічних пожеж у природних ландшафтах різних регіонів країни. Серед найбільших і найкатастрофічніших, які призвели до людських жертв, значних економічних, екологічних та соціаль-

них наслідків, – пожежі в Житомирській, Луганській, Харківській і Київській областях. Основною передумовою таких великих пожеж були погодні умови, а саме тривалий період без опадів, висока температура повітря та пориви вітру 15–25 м·с⁻¹.

* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент О. В. Токарева.

Питання пожеж у природних ландшафтах на міжнародному рівні почали розглядати ще понад 30 років тому, що свідчить про глобальність цієї проблеми (Goldammer, 2021). Упродовж цього періоду відбулися сотні міжнародних конференцій, присвячених ландшафтним пожежам, серед яких найбільш значущі: 1st International Wildland Fire Conference (IWFC) (1989, Бостон, США) (U.S. Forest Service, 1990); «Пожежі в навколишньому середовищі: екологічне, атмосферне та кліматичне значення ландшафтних пожеж» (1992, Берлін, Німеччина) (Crutzen & Goldammer, 1993); «Згорання біомаси та глобальні зміни» (1995, Вільямсбург, Вірджинія, США) (Levine, 1996); 2nd IWFC (1997, Ванкувер, Канада) (Goldammer, 2021); 3rd IWFC (2003, Сідней, Австралія) (GFMC, 2003a); 4th IWFC (2007, Севілья, Іспанія) (GFMC, 2007); 5th IWFC (2011, Сан-Сіті, ПАП); 6th IWFC (2015, Пхенчхан, провінція Канвон, Корея) (Goldammer, 2021); 7th (2019, Кампо-Гранде, Бразилія) (Steil, 2020).

Україна приєдналася до світової спільноти та глобального діалогу для сприяння міжнародному співробітництву та формуванню нових підходів в управлінні пожежами у 2007 р. (4th IWFC). У 2013 році в Україні на базі Національного університету біоресурсів і природокористування України було відкрито Регіональний Східно-європейський центр моніторингу пожеж (<https://nubip.edu.ua/node/9083/1>), який є частиною світової мережі із центральним органом – Глобальним центром моніторингу пожеж (GFMC, <https://gfmc.online>). Нині в Україні питання пожеж у природних ландшафтах набуло великого значення і обговорюється виробничниками, управлінцями та науковцями на всіх рівнях – локальному, місцевому та національному: Перша Національна ко-

ординаційна нарада з удосконалення попередження та гасіння лісових пожеж у зоні відчуження (2016, Київ, <https://nubip.edu.ua/node/30993>); Національний круглий стіл «Пожежі у природних та культурних ландшафтах України: розбудова національної політики управління природними пожежами» (2017, Київ, <https://nubip.edu.ua/node/38179>); V Національна координаційна нарада з удосконалення попередження і безпечного гасіння лісових пожеж у зоні відчуження (2019, Київ, <https://nubip.edu.ua/node/42818>); білорусько-українські штабні навчання щодо спільного гасіння великих транскордонних пожеж (2018, Гомель, Білорусь, <https://nubip.edu.ua/node/48594>); II Національний круглий стіл «Пожежі в природних та культурних ландшафтах України: розбудова цілісної системи охорони від пожеж у лісах, на сільськогосподарських землях та в інших природних екосистемах» (2019, Київ, <https://nubip.edu.ua/node/59286>) та інші.

Фахівці прогнозують, що з погляду пожежної небезпеки на території України слід очікувати негативних змін, як-от підвищення температури повітря, зміна сезонів, зростання тривалості пожежонебезпечного періоду, зростання повторюваності та інтенсивності хвиль тепла та стихійних гідрометеорологічних явищ, зміна водних ресурсів місцевого стоку (Balabukh et al., 2016; Shevchenko et al., 2014).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згідно з останніми дослідженнями (Williams et al., 2011; Dowdy et al., 2019) та публікаціями міжнародних організацій (FAO, 2005, 2006, 2015; Goldammer, 2021; Tedim, 2015; Zibtsev & Goldammer, 2019; San-Miguel-Ayanz et al., 2020, 2021), з кінця XX століття у світі збільшується кількість і частота катастрофічних лісових пожеж, які призводять до вели-

ких економічних та екологічних втрат, людських жертв (San-Miguel-Ayanz et al., 2013, 2020). Ці великі лісові пожежі вирізняються надзвичайними масштабами та катастрофічними наслідками. За даними Williams (2013), 0,1 % лісових пожеж становлять близько 95 % загальної площі пройденої вогнем та 85 % загальних витрат на їх гасіння. Зокрема, такою була пожежа в Китаї в 1987 р., яка знищила приблизно 1,2 млн га лісів і в якій загинули понад 200 людей (Salisbury, 1989). У республіці Ботсвана у 2008 р. пожежами було пройдено загальну площу 3,6 млн га (Williams et al., 2010). Під час «Чорної суботи» в лютому 2009 р. відбулися пожежі на площі близько 2 млн га, які знищили цілі міста, загинули 173 людини (Nolan et al., 2020). В Російській Федерації 2010 р. внаслідок пожеж згоріло близько 2,3 млн га, загинули 62 людини та знищено сотні будинків (Williams et al., 2011). У 2018 р. в США, штат Каліфорнія, під час пожежі, яка охопила 92,9 тис. га, загинули восьмеро людей (Wikipedia, 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).

Динаміка лісових пожеж в Україні характеризується певною періодичністю, зокрема упродовж 1990–2020 рр. у середньому в кожному десятилітті стаються 3–4 катастрофічні пожежі (Soshenskyi et al., 2021; Zibtsev et al., 2019). 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) (Zibtsev et al., 2020). За офіційними даними, за період 1990–2019 рр. в Україні траплялося в середньому

3 тис. лісових пожеж на площі близько 4 тис. га щорічно (Zibtsev et al., 2019; Soshenskyi et al., 2021). Нова ера зміни клімату збільшила середні статистичні показники. Враховуючи екстремальний 2020 рік, за період 1990–2020 рр. середньорічна площа пожеж збільшилася до 7 тис. га (Soshenskyi et al., 2021). Катастрофічні масштаби лісових пожеж в Україні, які трапилися в 2020 р., буде висвітлено у цій статті.

Матеріали і методи дослідження.

Із метою відображення пожеж 2020 р. та їх наслідків було використано дані офіційних звітів організацій та підприємств, місцевих органів влади й Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Для аналізу кліматичних показників, які передували катастрофічним пожежам, було використано інформацію про основні кліматичні показники, отримані із місцевих метеостанцій. Для аналізу просторової інформації про пожежі було залучено інформацію з геопорталу «Ландшафтні пожежі України» (wildfires.org.ua), який було розроблено в межах виконання Національним університетом біоресурсів і природокористування України науково-дослідної роботи № 110/9-пр-2018 «Науково-методичне забезпечення створення геопорталу для оцінювання ризику, прогнозування та попередження природних пожеж у Поліссі України». В геопорталі використовують дані системи MODIS (earthdata.nasa.gov), які доступні в растровому форматі в репозиторіях «хмарної» платформи Google Earth Engine (GEE), та продукти MOD14/MYD14 та MCD64A1 (NUBIP of Ukraine, 2020).

Результати дослідження та їх обговорення. В 2020 році на території України відбулося кілька катастрофічних пожеж у природних ландшафтах різних регіонів. Серед найбільших і найкатастрофічніших, які призвели до

людських жертв, значних економічних, екологічних та соціальних наслідків, – пожежі в Житомирській, Луганській, Харківській і Київській областях.

У Житомирській області в квітні 2020 р. виникли дві надзвичайні ситуації регіонального рівня через лісові пожежі на території Народицького та Овруцького районів. Перша масштабна пожежа сталася 3 квітня поблизу с. Звіздаль Народицького району на території Народицького та Кліщівського лісництв ДП «Народицький спецлісгосп» із подальшим поширенням вогню територією Народицького, Давидківського, Кліщівського лісництв Народицького району Житомирської області та на територію Зони відчуження і безумовного (обов'язкового) відселення (ЗВ і ЗБ(О)В). Пожежа розвивалася упродовж 9 днів і досягла площі 7 тис. га, її було ліквідовано 14 квітня. В ніч із 16 на 17 квітня 2020 р. на території Бережестького лісництва ДП «Овруцьке ЛГ» Житомирської області виникла друга надзвичайна ситуація через лісові пожежі, які внаслідок складних погодних умов (сильного вітру $20\text{--}25\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) поширилися на територію восьми лісових господарств області (ДП «Білокоровицький лісгосп», ДП «Лугинський лісгосп», ДП «Народицький спецлісгосп», ДП «Олевський лісгосп», ДП «Овруцький лісгосп», ДП «Овруцький спецлісгосп», ДП «Словечанський лісгосп» та ДП «Словечанський лісгосп АПК»). Пожежа розвинулася із семи осередків займання: 1 – східна околиця с. Рудня (займання від пошкодженої лінії електромереж); 2 – в районі сіл Верхня Рудня, Середня Рудня, Нижня Рудня (осередок уздовж проїжджої частини); 3 – лісовий масив між селами Острови, Козулі, Мацки (осередок займання поблизу тліючих торф'яників); 4 – лісовий масив Повчанського лісництва; 5 – південно-східна околиця смт Першотрав-

неве; 6 – лісовий масив між населеними пунктами Піщаниця, Мочульня; 7 – Слобідське лісництво між населеними пунктами Возничі та Лучанки (тліючі торф'яники). Загальна площа пожеж «другої хвилі» сягнула 35 тис. га. До гасіння пожеж щодня залучали понад 1 тис. осіб та 150 одиниць техніки, зокрема три літаки ДСНС. За інформацією Житомирської ОДА пожежами (під час другої надзвичайної ситуації) завдано збитків на суму понад 700 млн гривень (SES of Ukraine, 2021b). Пожежу було ліквідовано 4 травня. Внаслідок пожеж постраждали сім населених пунктів – с. Личмани, с. Магдин, с. Виступовичі, с. Берківське, с. Середня Рудня, с. Нижня Рудня, с. Острови, в яких знищено та пошкоджено 82 домоволодіння, у тому числі 42 житлові будинки, одну будівлю церкви та одну пилоарму. Контури та просторове розташування пожеж, отримані на основі даних дистанційного зондування землі й із використанням інструментів геопорталу «Ландшафтні пожежі України», зображено на рис. 1.

Основною причиною розвитку пожеж до таких катастрофічних масштабів стали погодні умови, зокрема брак опадів упродовж тривалого часу (близько одного місяця без опадів), пориви вітру $20\text{--}25\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ у період розвитку пожежі та висока температура повітря. Динаміку середньої температури повітря та кількості опадів за період формування пожежної небезпеки погоди та у період розвитку пожеж проілюстровано на рис. 2.

У Київській області на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника (далі – Заповідник) 3 квітня розпочалася лісова пожежа, яка поширилася із південного заходу із території Древланського заповідника, 7 квітня досягнула заплави річки Уж, в наступні дні поширю-

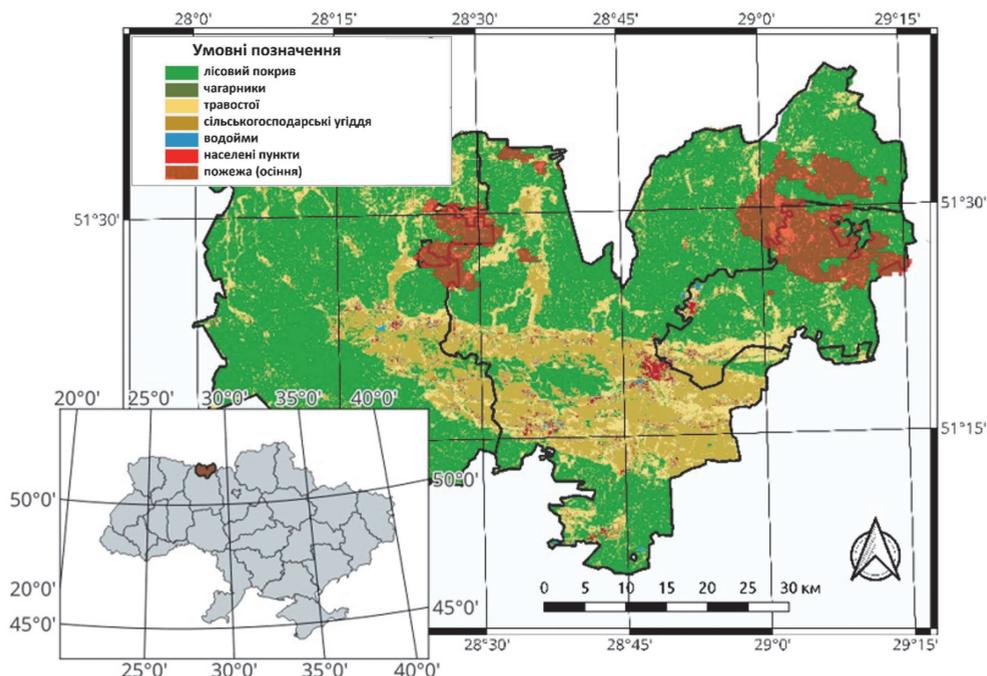


Рис. 1. Лісові пожежі на території Овруцького та Народицького районів Житомирської області, які виникли 3 і 16–17 квітня 2020 р.

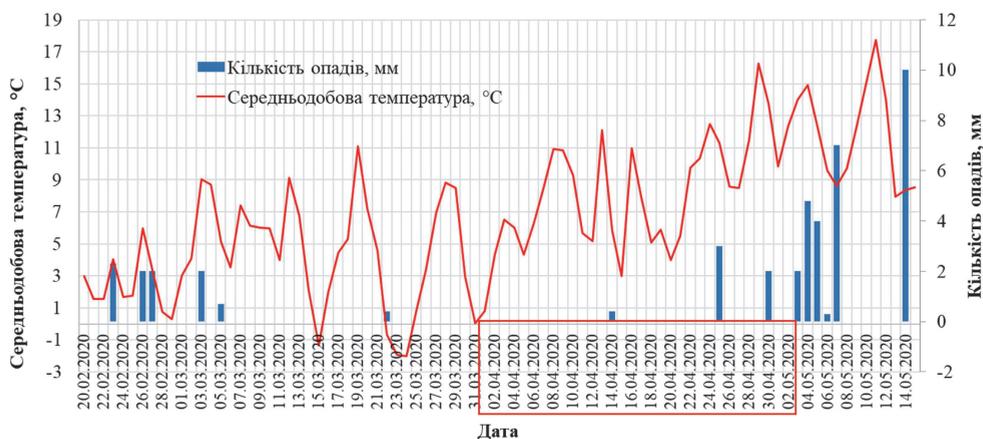


Рис. 2. Динаміка середньодобової температури повітря та кількості опадів за аналізований період (метеостанція м. Овруч, <https://tr5.ua>)

валась у північному та східному напрямках. В іншому осередку займання 8 квітня розпочалася пожежа в центральній частині Заповідника, поблизу с. Чистогалівка, яка 10 квітня набли-

зилась до м. Чорнобиль, а 13 квітня підійшла до Чорнобильської атомної електростанції (ЧАЕС), де була зупинена. 16 квітня пожежа розгорілася з новою силою через значні пориви



Рис. 3. Залишки с. Крива Гора після пожежі у квітні 2020 р. (дата знімання – 23 квітня 2020 р., фото Дениса Вишневського)

вітру і поширилася на прилеглі села у південно-східному напрямку. Пожежу було локалізовано 21 квітня. Ще в одному осередку займання, в південній частині Заповідника поблизу сіл Івниця та Розсоха 13 квітня розпочалася пожежа, яка розвивалася у східному та південному напрямках; її було локалізовано 24 квітня. Четвертим осередком загорання стала пожежа, яка виникла 16 квітня у східній частині Заповідника, поблизу с. Крива Гора і розвивалась у східному та південно-східному напрямках; її було локалізовано 30 квітня (рис. 3).

Згідно з офіційними даними, загальна площа, пройдена вогнем за період із 3 квітня до 7 травня, становила 67,4 тис. га, зокрема: на території Заповідника – 51,8 тис. га; лісовий фонд та екосистема – 15,6 тис. га. Внаслідок пожежі на території Заповідника пройдено вогнем: 32 413,1 га – лісів (23 %

загальної площі лісів); 10 721,8 га – перелогів; 3530,5 га – боліт; 5200 га – інша територія (прибережна смуга річок, луки тощо). Шкода, завдана вогнем, на території Заповідника орієнтовно становить 8523,677 млн грн, серед них – від пошкодження лісів 8075,114 млн грн, пошкодження природного поновлення – 441,874 млн грн, пошкодження і знищення боліт – 4,975 млн грн, знищення гнізд птахів – 1,714 млн грн (SAUEZM, 2021). Пожежами було значно пошкоджено низку рідкісних біотопів, які занесені до Бернської конвенції, рослинні угруповання, які занесені до Зеленої книги України, сосново-ялівцеві ліси зеленомохові й шейхцерієво-сфагнові болота (SAUEZM, 2020). До гасіння пожежі щодня залучали понад 1300 осіб і 300 одиниць техніки, зокрема три літаки і три вертольоти ДСНС України. В загарщених лісових масивах важкою

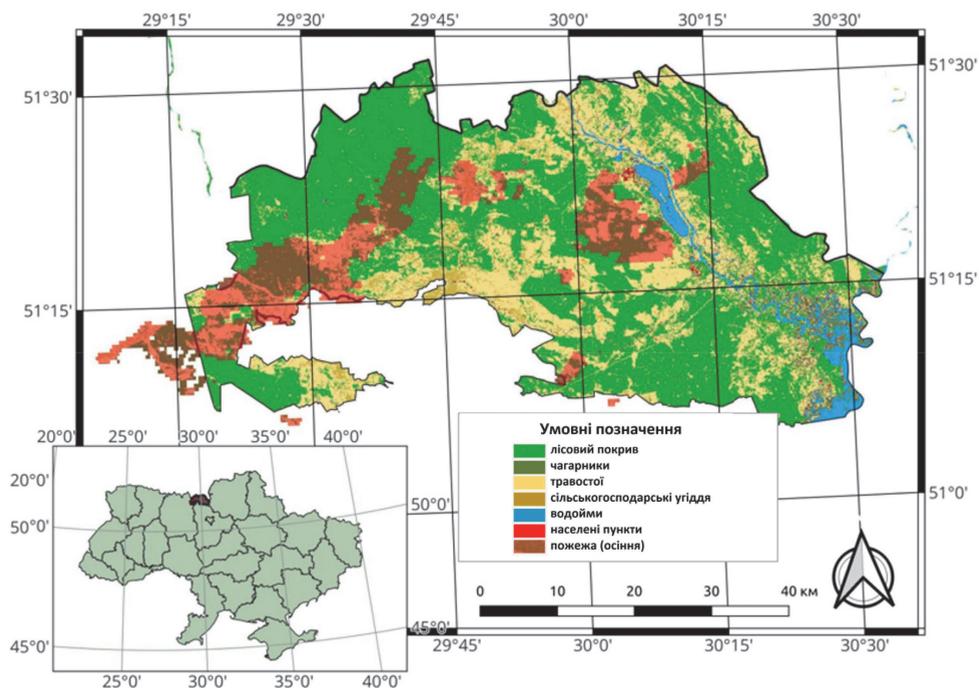


Рис. 4. Пожежі на території ЗВ і Б(О)В, які трапилися у квітні 2020 р.

інженерною технікою ДСНС України, Збройних Сил та Національної гвардії України створено понад 1 тис. км мінералізованих смуг і доріг (SES of Ukraine, 2021b).

Контури та просторове розташування пожеж, отримані на основі даних дистанційного зондування землі і з використанням інструментів геопорталу «Ландшафтні пожежі України», зображено на рис. 4.

Аналізуючи кліматичні показники, отримані з метеостанції міста Чорнобиль, можна спостерігати тривалий бездошовий період – із 12 березня до 3 квітня випало 2 мм опадів, що сформувало високі ризики виникнення та розвитку пожежі (рис. 5). Окрім того, 3–4 квітня, на початковому етапі розвитку пожежі, спостерігалися значні пориви вітру – понад $10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Як видно на рис. 5, 14 квітня випало 6,4 мм опадів, проте це не зупи-

нило пожежу, яка розвивалася аж до 30 квітня, коли випало 16,7 мм опадів.

У Харківській області 2 вересня на території Дворічанського лісництва ДП «Куп'янське лісове господарство» між населеними пунктами Гороб'івка та Гряниківка Дворічанського району виникла лісова пожежа, яка внаслідок сильних поривів вітру (до $15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) змінних напрямків швидко поширилася на територію сусідніх населених пунктів – Гороб'івка та Гряниківка, що межують із лісовим масивом. Погодні умови, які сформувалися в цей період на території, де відбулася пожежа, сприяли формуванню високих ризиків виникнення пожеж та їх розвитку: майже місяць без опадів (за винятком 28 серпня – 3 мм опадів) та середньодобова температура повітря $15\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 6).

Унаслідок пожежі було знищено 22 приватні домоволодіння, припинено

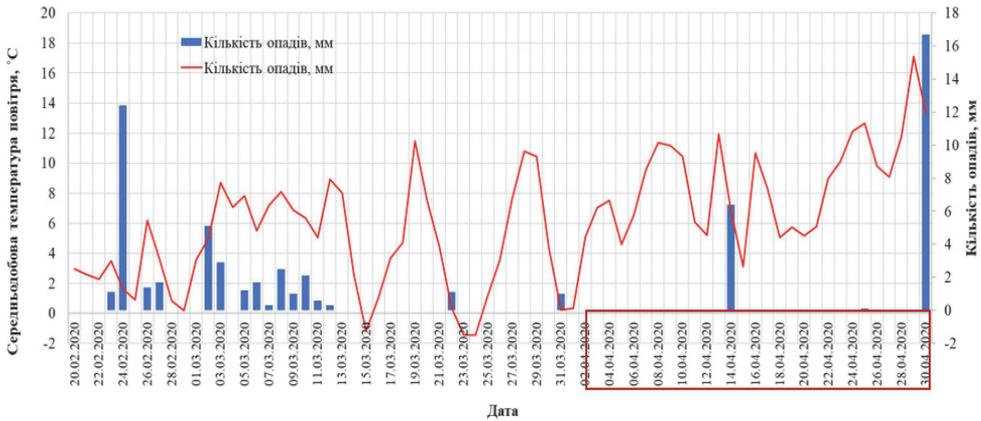


Рис. 5. Динаміка середньодобової температури повітря та кількості опадів за аналізований період (метеостанція м. Чорнобиль)

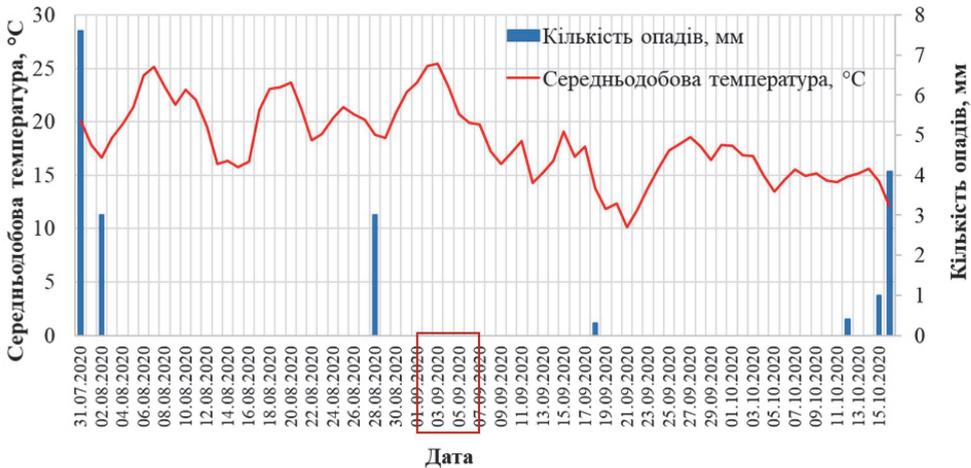


Рис. 6. Динаміка середньодобової температури повітря та кількості опадів за аналізований період (метеостанція м. Великий Бурлук, <https://rp5.ua>)

газопостачання чотирьох населених пунктів (села Гороб'ївка, Гряниківка, Кутьківка, Касянівка), евакуйовано 52 особи та одна особа постраждала. До гасіння залучали понад 479 осіб і 78 одиниць техніки, у тому числі два пожежні літаки, один вертоліт і два пожежні потяги залізничних станцій «Куп'янськ вузловий» та «Основа». Сума завданих збитків перевищує 75 млн грн (SES of Ukraine, 2021b, 2020). Пожежу було ліквідовано 5 ве-

ресня. Загальна площа пожежі склала 500 га, з яких 100 га було пройдено верховою пожежею (Kharkiv OULMG, 2020).

У Луганській області в Новоайдарському районі на території Борівського та Охтирського лісництв ДП «Северодонецьке ЛМГ» 6 липня 2020 р. виникла лісова пожежа, яка внаслідок сильного поривчастого вітру (до $25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) змінних напрямків і високої температури повітря ($+38^\circ\text{C}$) (рис. 7)

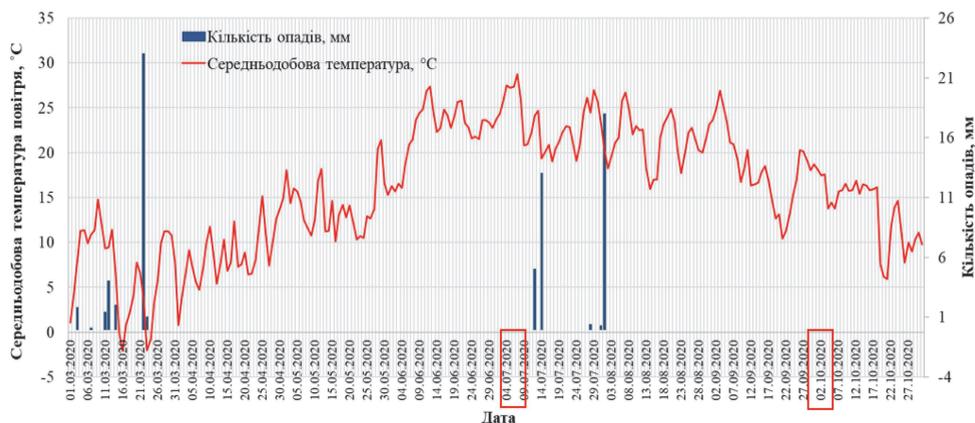


Рис. 7. Динаміка середньодобової температури повітря та кількості опадів за аналізований період (метеостанція м. Бахмут, <https://tr5.ua>)

поширилася на хвойні лісові масиви поблизу сіл Капітанове та Воронове, а також на територію села Смолянинове.

За офіційними даними, загальна площа пожежі становила близько 5 тис. га, внаслідок пожежі вогнем знищено 35 і пошкоджено 24 житлові будинки в с. Смолянинове (рис. 8),

а також повністю знищено 49 дачних будинків садовничого товариства «Озеро вовче» Новоайдарського району (SES of Ukraine, 2021b). Внаслідок надзвичайної ситуації загинуло п'ять осіб і 471 особа постраждала. До гасіння пожежі було залучено понад 1,4 тис. осіб і 250 одиниць техніки,

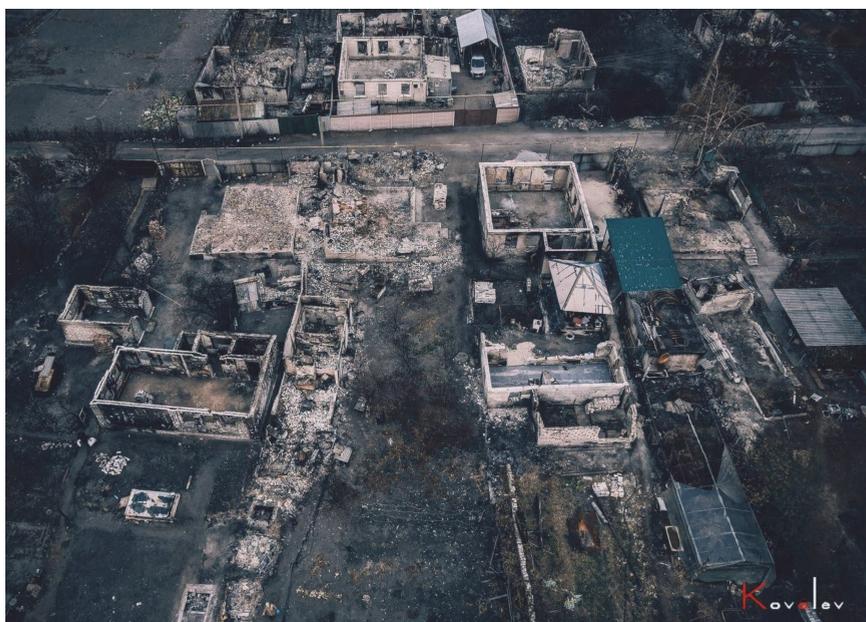


Рис. 8. Знищення житлових будинків у с. Смолянинове внаслідок лісової пожежі (фото Олексія Ковальова)

зокрема два літаки АН-32П (SES of Ukraine, 2021b). За інформацією Луганської обласної державної адміністрації, лісовому господарству області завдано збитків на суму близько 5,304 млн грн.

Після липневих катастрофічних пожеж, які трапилися на Луганщині, восени відбулася друга серія великих пожеж: 30 вересня – 1 жовтня на території Станично-Луганського, Северодонецького та Новоайдарського лісомисливських господарств Луганської області виникло 146 пожеж в екосистемах. Унаслідок надзвичайно складних погодних умов (вітер з ураганними поривами до $25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, тривалий засушливий період) пожежі швидко поширилися на площу понад 20 тис. га і набули загрозового характеру для населених пунктів. Найскладнішою була ситуація вздовж лінії розмежування на території Станично-Луганського, Новоайдарського, Северодонецького районів, де постраждало 32 населені пункти. За даними Луганської ОДА, внаслідок пожежі загинули 12 осіб і 390 осіб постраждали, вогнем знищено 573 та пошкоджено 60 житлових будинків. Від пожежі постраждали 22 населені пункти. Орієнтовний розмір збитків становив близько 12 228,375 млн грн. До гасіння пожежі залучали понад 2,5 тис. осіб і більше ніж 250 одиниць техніки, у тому числі три пожежні літаки АН-32П і два вертольоти (SES of Ukraine, 2021a).

На основі просторово-часової інформації, отриманої з геопорталу «Ліси України», та методів ДЗЗ було обчислено сумарну площу лісових пожеж, яка склала 39,5 тис. га (Mugoniuk et al., 2021). Просторове розташування лісових пожеж зображено на рис. 9.

В останні десятиліття кількість, розмір та інтенсивність лісових пожеж значно зросли в багатьох частинах сві-

ту, і очікують, що вони й надалі збільшуватимуться в майбутні десятиліття через прогнозовану зміну клімату (Moritz et al., 2012; Stephens et al., 2013). У Сполучених Штатах лише 1–2 % усіх пожеж стають катастрофічними, але на них припадає близько 85 % загальних витрат, пов'язаних з гасінням, і більше ніж 95 % загальної площі пожеж (Williams and Hyde, 2009).

Ключовим чинником, який сприяє збільшенню частоти і розміру пожеж, є клімат, зокрема підвищення температури, нерівномірний розподіл опадів та більш тривалі пожежонебезпечні сезони. За прогнозами, на території України слід очікувати негативних змін погодних умов з погляду пожежної небезпеки (Balabukh et al., 2016; Shevchenko et al., 2014).

Пожежі 2020 р. в Україні стали пожежами нового типу. Внаслідок зміни клімату, зміни ландшафтів, економічних причин, зокрема через брак належного фінансування лісового господарства, відбуваються пожежі, які важко контролювати. Події 2020 р. засвідчили неготовність чинної системи ефективно протистояти великим лісовим пожежам. ДСНС України найкраще укомплектована пожежною технікою, проте охорону лісів від пожеж та гасіння на ранніх стадіях забезпечують лісівники, які напряму залежать від господарської діяльності, тобто матеріальне забезпечення та ресурсний потенціал кожного підприємства різний – менший у малолісистих районах та більший у районах із великою часткою лісів, зокрема експлуатаційних лісів. Нині лісгосподарські підприємства відчувають дефіцит фінансування на охорону лісів від пожеж, тому обмежені у впровадженні проактивних заходів та реагуванні за допомогою сучасних технологій. Тільки економічно розвинені лісгосподар-

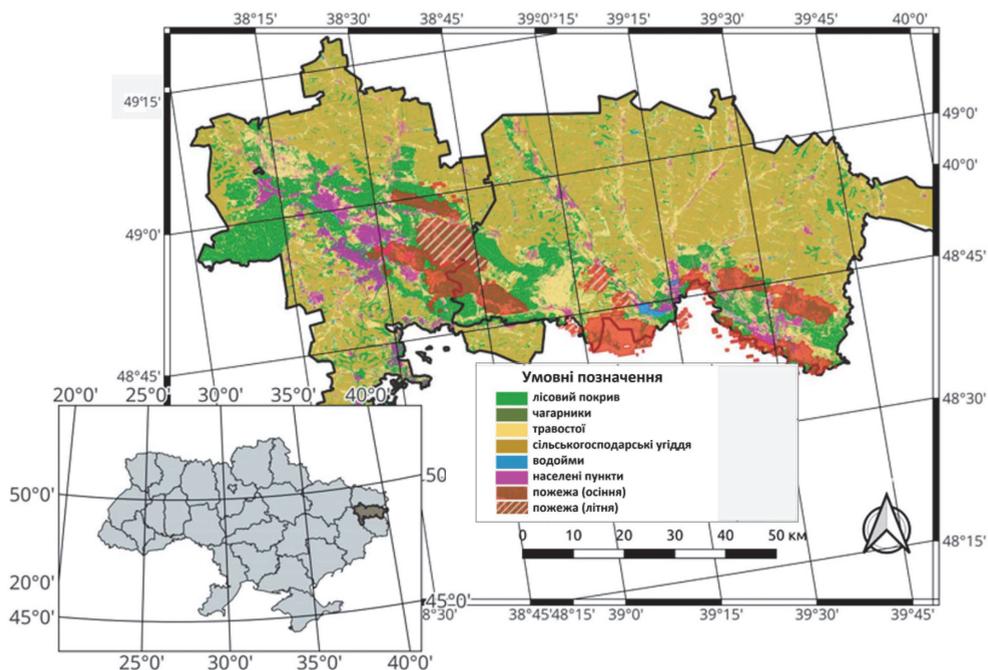


Рис. 9. Пожежі, які трапилися в Луганській області, на території ДП «Сєвєродонецьке ЛМГ», ДП «Новоайдарське ЛМГ», ДП «Станично-луганське ДЛМГ» та ДП «Кремінське ЛМГ»

ські підприємства здатні встановлювати системи відеоспостереження для виявлення пожеж і формування мобільних бригад для раннього реагування на пожежі. Переважна більшість лісових пожежних станцій сьогодні оснащена автомобілями 1980-х і 1990-х рр. (здебільшого ГАЗи та ЗІЛи). В сучасних умовах одним із основних етапів успішної боротьби з пожежами є використання пожежних модулів, які забезпечують максимально швидке реагування і за допомогою яких можна ефективно протистояти розвитку пожежі на ранніх етапах (Soshenskyi et al., 2021). В системі охорони лісів від пожеж потрібно застосовувати і легкі пожежні модулі, і великі пожежні автомобілі (автоцистерни). За умов високої пожежної небезпеки погоди та високих ризиків розвитку пожежі потрібно чи-

нити агресивну атаку, коли в максимально стислі строки застосовують максимальну кількість техніки. Важливо не лише оновити техніку, а й замінити застарілі ручні інструменти на нові сучасні, використовувати лісівничі методи підвищення пожежостійкості лісів, а також навчитися використовувати технології контрольованих палів, які дають змогу запобігти масштабним пожежам у майбутньому.

Кількість і площа пожеж у відкритих ландшафтах є значно більшими, ніж у лісах, і вони часто є причиною великих лісових пожеж. Системи протипожежного захисту сільськогосподарських угідь, власне, немає, і землекористувачі не зацікавлені захищати землі від пожеж. Як правило, у таких районах пожежі гасять підрозділи ДСНС України.

Висновки і перспективи. Аналіз динаміки лісових пожеж за багаторічний період вказує на підвищення частоти великих пожеж на території України. Лісові пожежі 2020 р., які відбулися в Житомирській, Київській, Харківській та Луганській областях і призвели до значних економічних, екологічних та соціальних наслідків, знищення житлових будинків, об'єктів інфраструктури, людських жертв, свідчать про неготовність чинної системи протистояти великим пожежам. З огляду на нові кліматичні умови, зміни в суспільстві та землекористуванні, потрібно розробити нову національну систему управління пожежами та вжи-

ти невідкладних законодавчих, організаційних, наукових та освітніх заходів на державному рівні. Одним з основних елементів ефективного управління пожежами є управління горючими матеріалами, зокрема використання контрольованого випалювання для зменшення ризиків пожеж. Систему управління лісовими пожежами потрібно істотно оновити й удосконалити з огляду на поточний та перспективний сценарій пожежної небезпеки. Дуже різноманітні та складні причини пожеж вказують на необхідність враховувати не лише природну пожежну небезпеку та небезпеку погоди, а й соціальні та культурні аспекти населення.

Список літератури

- Balabukh, V. O., & Zibtsev, S. V. (2016). Climate change impact on number and area of forest fires in northern Black sea region. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 18, 60–71 [in Ukrainian].
- Crutzen, P. J., & Goldammer, J. G. (1993). *Fire in the environment: the ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires: report of the Dahlem Workshop, held in Berlin, 15–20 March 1992*. Chichester, England; New York: Wiley.
- Dowdy, A. J., Ye, H., Pepler, A., et al. (2019). Future changes in extreme weather and pyroconvection risk factors for Australian wild-fires. *Sci Rep* 9, 10073. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46362-x>
- FAO. (2005). *Global Forest Assessment 2005 - Global Fire Management Assessment*. GFMC and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at https://gfmc.online/programmes/un/fao/fao_5.html.
- FAO. (2006). *Global Forest Resources Assessment 2005*. Main Report. Progress Towards Sustainable Forest Management FAO Forestry paper 147, Rome. Available at <http://www.fao.org/3/a0400e/a0400e00.htm>.
- FAO. (2015). *Global Forest Resources Assessment 2015*. Desk reference. Rome: FAO forestry paper. Available at <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf>.
- GFMC. (2007). Wildfire 2007 – 4th International Wildland Fire Conference. Available at <https://gfmc.online/iwfc/sevilla-2007.html>.
- Goldammer, J. G. (2021). Thirty Years International Wildland Fire Conferences: Review and Achievements of a Circumglobal Journey from Boston to Campo Grande. *Biodiversidade Brasileira*, 11 (2), 6–52.
- Kharkiv OULMG. (2020). Website of the Kharkiv Regional Department of Forestry and Hunting. Available at <https://bit.ly/3Aanvfx>.
- Levine, JS. (Ed.) (1996). *Biomass burning and global change* (Vol. 1). The MIT Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Moritz, M. A., Parisien, M.-A., Batllori, E., Krawchuk, M. A., Van Dorn, J., Ganz, D. J., & Hayhoe, K. (2012). Climate change and disruptions to global fire activity. *Ecosphere*, 3 (6), 49. <http://dx.doi.org/10.1890/ES11-00345.1>
- 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>.
- Myroniuk, V., Soshenskyi, O., & Gumeniuk V. (2021). *Methodology for mapping fire intensity and soil burn severity*. Project USAID “Economical support of Eastern Ukraine”.
- 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. <https://doi.org/10.1111/gcb.14987>.
- NUBIP of Ukraine. (2020). Research report. Scientific and methodological support for the creation of geoport for risk assessment, forecasting and prevention of Wildfire in the

- Polissya of Ukraine. Ministry of Education and Science of Ukraine. State registration number: 0118U000312 [in Ukrainian].
- Salisbury, H. (1989). *The Great Black Dragon Fire*. A Chinese inferno. Little, Brown and Company. Boston.
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Libertá, G., Artés Vivancos, T., ... & Leray, T. (2020). *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2019*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020. <https://doi.org/10.2760/893>
- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Libertá, G., Artés-Vivancos, T., ... & Onida, M. (2021). *Advance EFFIS Report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2020*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021. <https://doi.org/10.2760/344684>
- San-Miguel-Ayanz, Jesús, Durrant, Tracy, & Boca, Roberto, et al. (2019). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2018. *EUR 29856 EN*. <https://doi.org/10.2760/1128>
- SAUEZM. (2020). Report of the commission on the assessment of the consequences of the fire in the ecosystems of the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve during April 2020. State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management. The Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve [in Ukrainian].
- SAUEZM. (2021). The public report of the State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management on the activities in 2020. Available at <https://dazv.gov.ua/images/materials/2021/02.17-anons/zvit2020.pdf> [in Ukrainian].
- SES of Ukraine. (2020). Dvorichansky region: large forest fire suppression is being. State Emergency Service of Ukraine in Kharkiv Oblast (Region). Available at <https://kh.dsns.gov.ua/ua/Nadzvichayni-podiyi/14725.html> [in Ukrainian].
- SES of Ukraine. (2021a). Analytical information on the emergencies in Ukraine in 2020. State Emergency Service of Ukraine. Available at <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/119288.html> [in Ukrainian].
- SES of Ukraine. (2021b). Report on the main results of the State Emergency Service of Ukraine in 2020. Available at <https://bit.ly/2VCPp55> [in Ukrainian].
- Shevchenko, O., Vlasiuk, 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. Myflaer. Kyiv. Available at: <https://climateforumeast.org/uploads/other/0/708.pdf> [in Ukrainian].
- Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Gumeniuk, V., Gollammer, J. G., Vasylyshyn, R., & Blyshchyk, V. (2021). The current landscape fire management in Ukraine and strategy for its improvement. *Environmental & Socio-economic Studies*, 9 (2), 39–51. <https://doi.org/10.2478/enviro-2021-0009>
- Steil, L. (2020). 7th International Wildland Fire Conference. *BioBrasil*, 1. *Special Issue*. <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v10i1.1612>
- Stephens, S. L., et al. (2013). Managing forests and fire in changing climates. *Science*, 342, 41–42. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1240294>
- Tedim, F., Xanthopoulos G., & Leone V. (2015). Chapter 5 – Forest Fires in Europe: Facts and Challenges. *Wildfire Hazards, Risks and Disasters*, 77–99.
- U.S. Forest Service. (1990). International Wildland Fire Conference: "Meeting Global Wildland Fire Challenges: The People, The Land, The Resources". July 23–26, 1989, Boston, Massachusetts, USA. Available at <https://gfmco.online/wp-content/uploads/First-Int-Wildland-Fire-Conference-Boston-1989-Proceedings.pdf>.
- Wikipedia. (2020). Carr Fire. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia contributors. Available at https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Carr_Fire&oldid=936156109.
- Williams, J. (2013). Exploring the Onset of High-Impact Mega-Fires through a Forest Land Management Prism. *Forest Ecology and Management*, 294, 4–10. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.06.030>
- 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.prevention-web.net/publications/view/20529>.
- Williams, J., & Hyde, A. (2009). The mega-fire phenomenon: observations from a coarse-scale assessment with implications for foresters, land managers, and policy-makers. In *Proceedings of the Society of American Foresters 89th National Convention, Orlando, FL (September 30–October 4, 2009)*. Society of American Foresters, Bethesda, MD.
- Williams, J., Albright, D., Hoffmann, A., et al. (2011). Findings and implications from a coarse-scale global assessment of recent selected mega-fires. In *5th International Wildland Fire Conference. Sun city, South Africa, 9-13 may 2011*. 19 p. Available at <http://foris.fao.org/static/pdf/fm/5thIWFConference2011.pdf>
- 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 [in

- Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/forest2020.02.015>
- Zibtsev, S., & Goldammer, J. G. (2019). Challenges in managing landscape fires in Eastern Europe. *Fire Management Today*, 77 (1), 48–61.
- 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]. <https://doi.org/10.31548/forest2019.03.027>
- 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].

Soshenskyi O. M., Zibtsev S. V., Terentiev A. Yu., Vorotynskyi O. G.
SOCIAL AND ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES
OF CATASTROPHIC FOREST FIRES IN UKRAINE

Recent studies show an increase in the number and frequency of catastrophic forest fires in the world since the end of the XX century. Such forest fires often will cause essential economic and environmental losses, human casualties. According to forecasts, in Ukraine due to climate change fire weather danger will steadily grow: temperatures rising, changing seasons duration, prolongation of the vegetative and fire season, increasing the frequency and intensity of heat waves and natural hydrometeorological phenomenon, change of local water patterns. Several catastrophic fires in the natural landscapes of Ukraine occurred in 2020 in different regions of the country. Wildfires in Zhytomyr, Luhansk, Kharkiv and Kyiv regions were the largest and most catastrophic in Ukrainian history, with human casualties, large economic losses, environmental and social negative consequences. The main parameters of such catastrophic fires weather conditions, long period without precipitation, high air temperature and wind gusts of 15-25 m/s. There are two main critical periods in Ukraine, in terms of frequency and risk of forest fires. The first, spring, from the melting snow to the regeneration of a new green cover. The second period lasts from the last month of summer into the autumn rainy season when agricultural vegetation dries up and people and farmers use fires for remnants of vegetation clearing in the fields. The catastrophic landscape fires of 2020 indicate the gaps of the current fire management system on natural and cultural landscapes in Ukraine to effectively respond to large fires. The current system needs enhancement in accordance with new conditions and challenges. The manuscript presented information about catastrophic fires that occurred in the natural landscapes of Ukraine in 2020 based on available official information, remote sensing data and data from the geoportal “Landscape Fires of Ukraine” (wildfires.org.ua). 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: forest fires, emergencies, weather conditions, climate change, damage, human casualties.

Отримано: 2021-08-04

ОЦІНКА СТАНУ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ ПАРКУ-ПАМ'ЯТКИ САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНОГО ЗНАЧЕННЯ «СКАЛА-ПОДІЛЬСЬКИЙ ПАРК»

Д. І. БІДОЛАХ, доктор сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0003-0248-3731>, e-mail: dimbid@ukr.net

В. С. КУЗЬОВИЧ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
e-mail: vasyl.kuzovych@gmail.com

Ю. Г. ГРИНЮК, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
e-mail: hrynyuk@ukr.net

С. М. ПІДХОВНА, кандидат сільськогосподарських наук
e-mail: pidkhovna_s@ukr.net

О. Б. ТИМАНСЬКА, старший викладач
e-mail: oksanaburak@ukr.net

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Зелені насадження старовинних парків є не тільки важливим екологічним компонентом середовища проживання людей, а й культурно-історичним фактором національної ідентичності. Історія садово-паркового мистецтва Тернопілля демонструє тісні зв'язки української культури з польською, литовською та західноєвропейською. Галичина багата на архітектурні пам'ятки минулого: фортеці, замки, оборонні вали, двори, фортифікаційні споруди, укріплені монастирі і храми, маєтки і садиби місцевої шляхти. Біля таких споруд було заведено закладати декоративні парки, фруктові сади, колекції лікарських рослин. Більшість старовинних парків через буремні історичні події у ХХ столітті зазнали значних негативних змін, однак деякі об'єкти, нехай у занедбаному стані, збереглися і потребують відновлення та догляду.

Скала-Подільський парк-пам'ятку садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення було закладено наприкінці ХVІІІ ст. В подальшому парк неодноразово реконструювали. За цей час тут було акліматизовано багато декоративних і плодово-ягідних дерев та чагарників, зокрема екзотичних. За період незалежності України не проводили належний догляд за насадженнями, що призвело до руйнування інфраструктури парку та зменшення кількості цінних таксонів.

Із метою організації території та реконструкції парку-пам'ятки проведено таксаційну інвентаризацію його дендрофлори, визначено життєвий і фітосанітарний стан дерев і кущів за шкалою Алексєєва. Виявлено 63 таксони дерев, кущів і ліан. Встановлено, що загальний показник відносного життєвого стану насаджень парку становить 57,7 % і відповідає категорії «ослаблений». Серед деревних насаджень парку виявлено 800 дерев із фаутистєю (20 % усіх дерев). За оцінкою фітосанітарного стану дерев і кущів 41 % належить до категорії «задовільний», 34 % – «добрий», 25 % – «незадовільний». Отже, четверта частина облікованих дерев потребує проведення оздоровчих заходів або видалення з насаджень.

Отримані матеріали свідчать про необхідність проведення обліку і інвентаризації усіх старовинних парків України та розроблення системи їх геоінформаційного моніторингу з метою впорядкування ревіталізації.

Ключові слова: інвентаризація дендрофлори, фітоландшафт, санітарний стан дерев, раритетні дерева.

Актуальність. Основним призначенням парків-пам'яток садово-паркового мистецтва є збереження, підтримання та відновлення паркових ландшафтних композицій, збереження об'єктів культурної спадщини, а також проведення екскурсій і масового відпочинку населення. Їх використовують для проведення наукових досліджень, екологічної освіти та виховання молоді тощо. Такі парки створювали за участю найкращих зодчих, творча майстерність яких назавжди залишила важливий спадок в історії українського паркобудування та значно збагатила його композиційними і планувальними прийомами.

Старовинні парки є важливою складовою нашої культурної спадщини. Сучасний вигляд парків значно відрізняється від того, який вони мали у період розквіту, як через буремні історичні події ХХ ст., так і внаслідок природного старіння насаджень, значна частина яких досягла граничного віку. Тому надзвичайно важливим є збереження старих парків та їх ревіталізація.

Скала-Подільський парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення розташований на території селища Скала-Подільська Борщівського району Тернопільської області. В 1960 році парк віднесено до найбільш визначних парків-пам'яток садово-паркової архітектури.

Загальна площа парку за результатами затвердженого проекту землеустрою щодо організації та встановлення меж територій парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загально-

державного значення «Скала-Подільський парк» від 14 лютого 2017 р. становить 26 га. Згідно з Положенням про парк-пам'ятку, основна частина земельної ділянки парку площею 25,6 га перебуває у користуванні дитячого оздоровчого комплексу «Збруч» (нині – дитячий заклад оздоровлення та відпочинку «Збруч») – філії Тернопільського обласного закритого акціонерного товариства по туризму та екскурсіях «Тернопільтурист», ділянка площею 0,40 га – Скала-Подільської міської комунальної поліклініки Борщівського району (нині – комунальне некомерційне підприємство «Скала-Подільське територіальне медичне об'єднання» Скала-Подільської селищної ради).

Особливістю цього парку є те, що він поєднує декілька функцій, залишаючись при цьому в системі зелених насаджень загального користування. Таке використання потребує впровадження ефективного менеджменту, одним із інструментів якого є проекти утримання та реконструкції. Через недостатній догляд зелені насадження Скала-Подільського парку втрачають свої декоративні й санітарно-гігієнічні властивості та вже не виконують належним чином екологічні й науково-освітні функції. Для утримання парку в належному стані потрібно здійснювати постійний догляд за насадженнями: проводити санітарні та реконструктивні рубки, заходи щодо запобігання дикорослого самосіву, збереження рослинних композицій, тому актуальним є розроблення науково-обґрунтованих проектних заходів

щодо організації території та реконструкції Скала-Подільського парку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження історичних парків у різних регіонах України висвітлено в низці наукових публікацій, а саме: фітоценотичну структуру старовинних парків та шляхи її регулювання досліджував Р. Б. Дудін (Dudin, 2013); Н. В. Гатальська вивчала інтродуценти старовинних парків-пам'яток садово-паркового мистецтва Центральнопридніпровської височинної області (Hatal'ska, 2011); Г. В. Денисова здійснила комплексну оцінку декоративності палацово-паркових ансамблів Західного Лісостепу (Denisova, 2018); Н. О. Олексійченко та С. М. Підховна провели ретроспективний і комплексний аналіз парків-пам'яток садово-паркового мистецтва Тернопільщини (Oleksiyuchenko & Pidhovna, 2019); парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва Східного Поділля вивчали Ю. О. Клименко (Klimenko, 1999, 2006), Ю. А. Єлісавенко (Elisavenko et al., 2018).

Метою дослідження є проведення натурного обстеження території Скала-Подільського парку, інвентаризація дендрофлори, аналіз її таксономічної, якісної та вікової структури, оцінка життєвого та фітосанітарного стану, запровадження геоінформаційного моніторингу зелених насаджень парку.

Матеріали і методи дослідження. Об'єктом дослідження є зелені насадження на території парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Скала-Подільський парк» у смт Скала-Подільська Борщівського району Тернопільської області. Інвентаризацію дендрофлори проводили улітку 2018 р. відповідно до чинної «Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України» (Instruction, 2001). Зважа-

ючи на те, що площа парку-пам'ятки становить 26 га, інвентаризацію деревно-чагарникової рослинності проводили двома способами: у центральній і північно-східній частині парку – шляхом індивідуальної або подеревної інвентаризації; на решті території – повидільним способом. Для аналізу та опису стану рослин визначали біометричні показники: діаметр та висоту дерев, а також стан їх життєвості, встановлений за методикою «Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України».

Види деревних і кущових рослин встановлено за визначником Н. М. Андронова (Andronov, 1974) та довідниками М. А. Кохна (Kohn, 2001, 2002). Таксономічний склад дендроценозів визначено методом маршрутних обстежень.

Фітосанітарний стан деревних і кущових видів рослин оцінено за зовнішніми морфологічними ознаками. Для діагностики життєвого стану насаджень використано шкалу категорій за В. А. Алексєєвим (Alekseiev, 1989) і таксаційні показники дерев: вік, діаметр і висоту. Ми застосували дещо спрощену методику оцінки, поділивши дерева на три категорії стану, як це вимагає «Інструкція з інвентаризації...» (Instruction, 2001): «добрий», «задовільний» або «незадовільний». Окремо визначали фаутні дерева з наявністю видимих або прихованих вад стовбура (фаутів): дупел, обдертостей, тріщин, розщеплень, напливів деревини, механічних пошкоджень, гнилей тощо.

Використовували як традиційне інструментальне забезпечення – висотомір оптичний ВА, мірну вилку Haglof, рулетку, так і сучасне – пристрій глобального позиціонування (GPS), геоінформаційні системи (ГІС) та засоби дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) (Kuziovich et al., 2021). Коорди-

нати кожного дерева отримували за допомогою GPS Garmin Etrex 20 з прив'язкою до опорних точок на місцевості та наступним її коригуванням за матеріалами ДЗЗ Landsat у ГІС QGIS 3. Таким способом було створено геоінформаційну базу даних деревної та кущової рослинності, у якій координати її розташування поєднували з інформацією за видовими, фітосанітарними та основними біометричними показниками (Lakida, Bidolakh & Kuzyovich, 2020). Це дало змогу зберегти її у цифровому форматі, автоматизовано опрацьовувати дані та відображати їх на карті. На підставі такого підходу організовано сталий моніторинг стану зелених насаджень парку та створено 3-D візуалізацію території парку у спеціалізованій програмі Realtime Landscaping Architect 16.

Результати дослідження та їх обговорення. У результаті проведених досліджень визначено та проаналізовано таксономічний склад паркових насаджень, виконано його якісну оцінку та визначено фітосанітарний стан, а також розроблено проектні пропозиції з реконструкції парку у вигляді пояснювальної записки, картографічного матеріалу і тривимірної моделі території.

У результаті проведеної таксаційної інвентаризації зелених насаджень Скала-Подільського парку виявлено 63 види і культивари (табл. 1), з яких 8 – це шпилькові рослини, 16 – листяні кущі, а 2 – ліани. Серед основних видів дендрофлори є ясен звичайний, клен гостролистий, липа серцелиста, гіркокаштан звичайний, робінія псевдоакація, в'яз шорсткий, клен польовий, граб звичайний, вишня пташина (черешня). У період розквіту в парку було створено живоплоти з самшиту вічнозеленого та туї західної, за якими проводили регулярний догляд. Їх де-

формовані фрагменти збереглися дотепер. Парк заснований на залишках природних лісових насаджень, доказами чого є вікові ясени, липи, тополі та дуби. Зі шпилькових видів збереглися штучно висаджені куртини сосни чорної і звичайної, поодинокі дерева сосни Веймутової, солітерні та групові посадки ялини європейської і туї західної в задовільному стані. Виявлено одне дерево ялиці білої, яка перебуває в дуже доброму стані далеко за межами ареалу, що вказує на перспективність її ширшого використання в озелененні Поділля.

У парку виявлено значну кількість самосівного підросту, а саме: кленів гостролистого, польового та ясенелистого, черешні, черемхи звичайної, аличі, ясена звичайного, бузини чорної, гордовини звичайної, калини звичайної, ліщини звичайної тощо. Тут зростають акліматизовані екзотичні таксони, серед яких: платан кленолистий, клен цукристий, черемха пізня, магонія падуболиста, бундук дводомний, гіркокаштан м'ясо-червоний, катальпа бігніонієподібна, гледичія колюча, дуб північний, горіх чорний тощо. Виявлено пурпурнолисті форми явора і бука, червонокнижний вид – березу темну, бузину чорну розсіченолистої форми, жасмин садовий, спірею верболисту тощо.

Другий ярус паркових насаджень представлений горобиною звичайною, грабом звичайним, кленами гостролистим, польовим і ясенелистим, аличою, туєю західною та іншими видами. Загалом повнота і зімкнутість паркового деревостану високі, що обумовлює перевагу лісового типу ландшафту у Скала-Подільському парку. Через це й трав'яний покрив розвинутий під наметом слабо, відносно мало також чагарників. Виявлено дві ліани: плющ звичайний і дівочий виноград п'ятилисточковий.

1. Видовий склад дендрофлори Скала-Подільського парку та її якісний стан

№ з/п	Деревна порода	Усього дерев	Якісний стан		
			Добрий	Задо-вільний	Незадо-вільний
1	2	3	4	5	6
1	Алича (<i>Prunus cerasifera</i> або <i>Prunus divaricata</i> Ledeb.)	25	8	11	6
2	Береза повисла (<i>Betula pendula</i> Roth.)	6	1	1	4
3	Береза темна (<i>Betula obscura</i> A.Kotula)	6	-	1	5
4	Бирючина звичайна (<i>Ligustrum vulgare</i> L.)	1	-	1	-
5	Бруслина бородавчата (<i>Euonymus verrucosus</i> Scop.)	1	1	-	-
6	Бруслина європейська (<i>Euonymus europaeus</i> L.)	2	1	1	-
7	Бузина чорна (<i>Sambucus nigra</i> L.)	9	9	-	-
8	Бузина чорна ф. розсіченолиста (<i>Sambucus nigra</i> 'Plumosa' L.)	1	1	-	-
9	Бук лісовий (<i>Fagus sylvatica</i> L.), форма пурпурилиста	1	-	1	-
10	Бундук дводомний (<i>Gymnocladus dioicus</i> (L.) K. Koch.)	2	1	1	-
11	Верба біла (<i>Salix alba</i> L.)	8	3	3	2
12	Верба козяча (<i>Salix caprea</i> L.)	5	-	-	5
13	В'яз шорсткий (<i>Ulmus glabra</i> Huds.)	127	66	37	24
14	Гіркокаштан звичайний (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	92	26	46	20
15	Гіркокаштан криваво-м'ясний 'Бріоті' (<i>Aesculus</i> × <i>carnea</i> Zeyh.)	2	-	2	-
16	Гледичія триколючкова (<i>Gleditsia triacanthos</i> L.)	3	1	2	-
17	Глід колючий (<i>Crataegus oxyacantha</i> L.)	3	3	-	-
18	Глід одноматочковий (<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.)	7	2	4	1
19	Горіх грецький (<i>Juglans regia</i> L.)	41	23	11	7
20	Горіх чорний (<i>Juglans nigra</i> L.)	6	3	3	-
21	Горобина звичайна (<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	5	3	2	-
22	Граб звичайний (<i>Carpinus betulus</i> L.)	245	120	81	44
23	Груша лісова (<i>Pyrus communis</i> L.)	14	3	7	4
24	Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)	10	7	2	1
25	Дуб північний (<i>Quercus rubra</i> L.)	2	1	1	-
26	Дівочий виноград п'ятилисточковий (<i>Parthenocissus quinquefolia</i> (L.) Planch)	17	17	-	-
27	Жасмин садовий дрібнолистий (<i>Philadelphus microphyllus</i> Gray.)	4	4	-	-
28	Калина гордовина вічнозелена (<i>Viburnum lantana</i> L.)	1	1	-	-
29	Калина звичайна (<i>Viburnum opulus</i> L.)	5	5	-	-
30	Катальпа бігніонієподібна (<i>Catalpa bignonioides</i> Walt.)	2	-	2	-
31	Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.)	660	319	236	105
32	Клен польовий (<i>Acer campestre</i> L.)	440	128	196	116
33	Клен ясенелистий (<i>Acer negundo</i> L.)	5	2	3	-
34	Клен-явір (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)	44	23	9	12
35	Клен-явір пурпурилистий (<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Atropurpureum' L.)	5	-	4	1
36	Клен цукристий (сріблястий) (<i>Acer saccharinum</i> L.)	4	2	2	-

№ з/п	Деревна порода	Усього дерев	Якісний стан		
			Добрий	Задо-вільний	Незадо-вільний
1	2	3	4	5	6
37	Липа серцелиста (Липа дрібнолиста) (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	235	61	135	39
38	Липа широколиста (Липа крупнолиста) (<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.)	32	11	17	4
39	Ліщина звичайна (<i>Corylus avellana</i> L.)	7	4	3	-
40	Магонія падуболиста (<i>Mahonia aquifolium</i> (Pursh) Nutt.)	1	1	-	-
41	Модрина польська (<i>Larix decidua</i> Miller ssp. <i>Polonica</i> (Raciborski & Wóycicki) Domin)	20	-	12	8
42	Платан кленолистий (<i>Platanus orientalis</i> L.)	2	-	2	-
43	Плющ звичайний (<i>Hedera helix</i> L.)	-	-	-	-
44	Робінія псевдоакація (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	544	58	214	272
45	Самшит вічнозелений (<i>Buxus sempervirens</i> L.)	171	30	139	2
46	Сніжногідник (<i>Symphoricarpos albus</i> Blake)	15	10	5	-
47	Сосна Веймутова (<i>Pinus strobus</i> L.)	9	1	3	5
48	Сосна чорна (<i>Pinus nigra</i> Arn.)	31	1	26	4
49	Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	12	4	3	5
50	Спірея верболиста, або Таволга верболиста (<i>Spiraea salicifolia</i> L.)	1	1	-	-
51	Тополя біла (<i>Populus álba</i> L.)	70	17	28	25
52	Тополя канадська (<i>Populus deltoids</i> W.Bartram ex Marshall)	7	-	-	7
53	Тополя чорна, або Осокір (<i>Populus nigra</i> L.)	6	-	2	4
54	Туя західна (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	62	18	18	26
55	Туя західна ф. колоноподібна (<i>Thuja occidentalis</i> L. "Columna")	4	4	-	-
56	Черемха звичайна (<i>Padus racemosa</i> Gilib.)	4	1	2	1
57	Черемха пізня (<i>Prunus serotina</i> Ehrh.)	5	1	3	1
58	Черешня (<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench)	80	34	30	16
59.	Шипшина звичайна або собача (<i>Rosa canina</i> L.)	2	2	-	-
60	Яблуня домашня (<i>Malus domestica</i> Borkh.)	60	3	27	30
61	Ялина європейська (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)	39	1	16	22
62	Ялиця біла (<i>Abies alba</i> Mill.)	1	-	1	-
63	Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	722	309	250	163
Всього		3953	1356	1606	991

У парку зростають старі дерева, віком у понад сто років і старше й діаметром на висоті грудей близько 1 метра і навіть більше. Такі дерева становлять фонд для визначення так званих дерев-патріархів, або ботанічних пам'яток природи із охоронним

статусом. Вікові дерева потрібно також оберігати як маточні для отримання цінного насіння. На надання природоохоронного статусу заслуговує унікальний екземпляр липи серцелистої, який вирізняється значними розмірами (229 см у діаметрі) та багатостовбур-

2. Раритетні дерева Скала-Подільського парку

№ з/п	Вид дерева	Діаметр (см)	Висота (м)	Вік (р.)	Необхідні оздоровчі заходи
1	3	4	5	6	7
1	Бук лісовий (<i>Fagus sylvatica</i> L.)	122	32	160	очищення крони
2	Бук лісовий (<i>Fagus sylvatica</i> L.), ф. пурпурилиста	98	29	110	очищення крони
3	Верба біла (<i>Salix alba</i> L.)	86	20	80	очищення крони
4	В'яз шорсткий (<i>Ulmus glabra</i> Huds.)	80	29	100	
5		104	26	160	очищення крони
6	Гіркокаштан звичайний (<i>Aesculus hippocastanum</i> L.)	120	24	160	очищення крони
7		120	26	160	очищення крони, консервація
8		122	27	160	очищення крони, консервація
9		Гледичія триколючкова (<i>Gleditsia triacanthos</i> L.)	72	28	80
10	Граб звичайний (<i>Carpinus betulus</i> L.)	88	25	140	очищення крони, консервація
11	Дуб звичайний (<i>Quercus robur</i> L.)	140	34	180	очищення крони
12	Дуб північний (<i>Quercus rubra</i> L.)	110	32	100	
13	Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.)	84	30	90	обрізування сухих гілок
14		86	30	90	обрізування сухих гілок
15	Клен польовий (<i>Acer campestre</i> L.)	82	27	110	очищення крони
16	Липа серцелиста (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	156	31	180	консервація
17		229	22	240	лікування і консервація
18		84	31	120	очищення крони
19	Модрина польська (<i>Larix decidua</i> Miller ssp. Polonica)	84	31	120	очищення крони
20		84	31	120	очищення крони
21		86	31	120	очищення крони
22		Робінія псевдоакація (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	54/84	27	120
23	Сосна Веймутова (<i>Pinus strobus</i> L.)	120	33	140	
24	Сосна чорна (<i>Pinus nigra</i> Arn.)	105	28	120	
25	Тополя біла (<i>Pópulus álba</i> L.)	196	37	160	обрізування сухих гілок
26		178	36	150	обрізування сухих гілок
27		152	34	160	консервація
28	Ясен звичайний (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	122	32	140	очищення крони
29		132	34	140	очищення крони
30		126	32	140	очищення крони

ною формою крони. Дерево потребує санітарного догляду та консервації.

Найбільш цікаві екземпляри вікових дерев парку подано в табл. 2.

Частка життєздатних дерев Скала-Подільського парку складає 75 %, але це усереднений результат. Якщо ж взяти окремі види, виявляється, що різні

дерева і кущі по-різному почувають себе в подібних умовах.

Загальний показник відносного життєвого стану насаджень парку, розрахований за методикою Алексєєва (Alekseiev, 1989), становить 57,7 % і відповідає категорії «ослаблений».

За критеріями фітосанітарного стану дерев встановлено, що до категорії «задовільний» належить 41 % загальної кількості рослин, до категорії «добрий» – 34 %, а до «незадовільного» – 25 %.

Отже, четверта частина облікованих дерев потребує застосування оздоровчих заходів або вирубки. Найгіршим станом характеризуються такі види: тополя канадська – всі виявлені в парку дерева перебувають у нежиттєздатному стані і призначені до вилучення, тополя чорна – 66 % дерев у незадовільному стані, а тополя біла – 36 %. У берези повислої і темної – відповідно 66 % і 80 % дерев перебувають у стадії відмирання. Багато відпаду у гіркогоштану звичайного – 22 % незадовільного стану, граб – 19 % незадовільного стану. Великі показники незадовільного стану у кленів можна пояснити старим віком цих видів і надмірною загущеністю насаджень парку, що викликає високу внутрішньовидову конкуренцію і, як наслідок, високий відпад серед молодих і пристигаючих дерев. Те саме можна стверджувати про стан насаджень робінії псевдоакації, які через перестиглий вік масово відмирають. Водночас ця порода представлена великою кількістю життєздатного молодого поновлення і підросту.

Добрим станом вирізняються виявлені в парку дуби, як місцевий звичайний, так і інтродукований північний (червоний), горіхи – грецький і чорний. Переважальним видом дендрофлори парку є ясен звичайний, вікові дерева якого перебувають у хорошому життєвому стані й часто формують естетично привабливу ажурну крону. Дерев ясен звичайного, незважаючи на старий вік і періодичні посухи, твердо утримують панівні позиції (43 % дерев перебувають у доброму, а 35 % – у задовільному життєвому стані) та фор-

мують стійкий життєздатний підріст по всій території парку.

Обстеженнями встановлено, що стан шпилькових видів є незадовільним: висаджені понад сто років тому дерева сосни звичайної, чорної, веймутової перебувають в ослабленому стані. Добрий стан виявлено тільки у одного дерева сосни чорної, 13 % – у незадовільному стані, решта, хоч і виглядають задовільно, але високої життєздатності не демонструють. Також у парку виявлено дерева ялини європейської, які перебувають у доброму стані.

Найкращий життєвий стан в умовах Скала-Подільського парку засвідчують такі породи, як ясен звичайний, дуби звичайний і північний, липи дрібнолиста і широколиста, клени цукристий, гостролистий і польовий, туя західна, горіхи чорний і грецький, акація біла, черешня. Найнижчим станом життєвості характеризуються тополі усіх видів, що можна пояснити їхнім віковим станом і завершенням життєвого циклу, та плодові дерева, які не витримують конкуренції з боку сусідніх дикорослих дерев.

Для комплексного оцінювання деревних насаджень парку вивчали також зміни зовнішнього вигляду дерев, зокрема їхніх стовбурів. Відхилення від нормальної форми стовбура у лісогосподарській практиці вважають вадою (фаутністю). Наявність фаута свідчить про зниження стійкості, довговічності або наявність захворювань рослин, що негативно впливає на стан насаджень. Серед деревних насаджень парку виявлено 800 дерев із фаутністю (20 % усіх дерев). Фаутність представлена такими видами змін: викривлення стовбура (8 % загальної кількості фаутних дерев), багатoverхівковість (дві та більше, 62 %), дула і стовбурова гниль (21 %), обдертість або опіки кори (1 %), інші відхилення від норми

3. Реєстр причин видалення дерев із насаджень Скала-Подільського парку

№ з/п	Причина видалення дерева	Кількість, шт.	%
1	Сухостій	192	20
2	Стовбурова гниль	181	19
3	Пригніченість	165	17
4	Загущеність деревостану	99	10
5	Всихання крони	84	9
6	Нахил стовбура (загроза падіння)	79	8
7	Суха вершина	80	8
8	Зламана вершина	45	4
9	Стовбуровий рак	27	3
10	Пошкодження кори	17	2
	Разом	969	100

(8 %). Деякі дерева мають декілька видів фаунів.

Головною причиною відведення в рубку дерев у Скала-Подільському парку є сухостій, на другому місці – стовбурова гниль, що спричинена діяльністю патогенних грибів (табл. 3).

Майже в 10 % загальної кількості дерев є суха верхівка, що суттєво впливає на зниження життєздатності й декоративності цих екземплярів. Найпоширеніші породи дерев із суховерхинністю – це тополі, в'язи, ялини, ясени і клени.

Висновки і перспективи. Результати дослідження зелених насаджень Скала-Подільського парку засвідчили наявність у ньому 63 таксонів дерев, кущів і ліан. Аналіз життєвого стану фітоландшафтів об'єкта дослідження дав змогу встановити, що загальний показник відносного життєвого стану насаджень становить 57,7 % і відповідає категорії «ослаблений». Серед деревних рослин парку виявлено

800 дерев із фаунністю (20 % усіх дерев). За оцінкою фітосанітарного стану дерев і кущів 41 % належить до категорії «задовільний», 34 % – «добрий», 25 % – «незадовільний». Отже, четверта частина облікованих дерев потребує проведення оздоровчих заходів або видалення з насаджень і вимагають невідкладних регулятивних заходів з покращення віталітету і декоративності.

Для покращення загального стану парку доцільно провести роботи щодо відновлення його естетики, виконання екологічних і соціальних функцій, створення стійких і художньо привабливих ландшафтних композицій тощо.

Загалом проведені дослідження дають підстави робити висновки щодо важливості систематичного проведення обліку, обстеження та інвентаризації старовинних парків України і запровадження системи їх геоінформаційного моніторингу з метою впорядкування і ревіталізації.

Список літератури

- Alekseev, V. A. (1989). Diagnosis of the trees and stands living condition. *Lesovedenie*, 4, 51–57 [in Russian].
- Andronov, N. M., & Bohdanov, P. L. (1974). *Determinant of woody plants by leaves*. Leningrad: Leningrad University Press [in Russian].
- Denisova, G. V. (2018). Comprehensive assessment of the Western Forest-Steppe palace and park complexes picturesque. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 28 (5), 23–26 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40280504>

- Dudin, R. B. (2013). Taxonomic degradation of plantations of Lviv region ancient parks. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 23(5), 213–219 [in Ukrainian].
- Elisavenko, Yu. A., Smashnyuk, L. V., & Vasyl-evsky, O. G. (2018). Parks-monuments of garden and park art of Eastern Podillya as biocenters of the regional ecological network. *Bulletin of NUVGP of Ukraine*, 1 (81), 142–149 [in Ukrainian].
- Hatal'ska, N. V. (2011). *Phytocoenotic structure of ancient parks and ways of its regulation*. Kyiv [in Ukrainian].
- Instruction on inventory of green plantations in settlements of Ukraine, № 226. (2001) [in Ukrainian].
- Klimenko, Yu. O. (1999). Historical development, current situation and the problem of ancient parks of the Ukraine Right-Bank Forest-Steppe revival. *Introduction of plants*, 1, 85–89 [in Ukrainian].
- Klimenko, Yu. O. (2006). Tree plantations of Ternopil region ancient parks. *Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University by Vladimir Hnatiuk*, 3–4 (30), 3–10 [in Ukrainian].
- Kohno, M. A., Gordienko, G. S., & Zakharenko, G. S. (2001). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms. Handbook*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
- Kohno, M. A., & Trofymenko, N. M. (2002). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms. Handbook*. Kyiv: Fitosociocentr [in Ukrainian].
- Kuziovich, V. S., Bidolakh, D. I., Pidkhovna, S. M., Timanska, O. B., & Grinyuk, Yu. G. (2021). Analysis of the state of plantations in the forest park zone in the city of Halych and prospects for its development. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 31 (2), 9–15 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.36930/40310201>
- Lakida, P. I., Bidolakh, D. I., & Kuzyovych, V. S. (2020). Spatial database of urban landscapes on the example of greenery in the city of Brzezany. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 30 (4), 51–56 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.36930/40300409>
- Oleksiychenko, N. O., & Pidhovna, S. M. (2019). Retrospective analysis of the parks-monuments formation of Ternopil region horticultures. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 29 (5), 17–21 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40290503>

Bidolakh D. I., Kuziovych V. S., Hrynyuk Yu. G., Pidkhovna S. M., Tymanska O. B.
ASSESSMENT OF THE NATIONAL SIGNIFICANCE
«SKALA-PODILSKY PARK» PARK-MEMORIES AND LANDSCAPING ART
GREEN PLANTATIONS CONDITIONS

Green plantations of ancient park not just only an important ecological component of human habitat, but also a cultural and historical factor of national identity. The history of Ternopil landscape art demonstrates the close links of Ukrainian culture with Polish, Lithuanian and Western European. Galicia is rich in architectural monuments of the past: fortresses, castles, defensive ramparts, courtyards, fortifications, fortified monasteries and temples, estates and manors of the local nobility. Decorative parks, orchards, and collections of medicinal plants were established near such buildings. Most of the ancient parks have undergone significant negative changes due to turbulent historical events in the twentieth century. But some objects, although in a state of disrepair, have been preserved and need to be restored and maintained. Skala-Podilsky Park, a monument of landscape art of national importance, was founded at the end of the 18th century. In the future, this park was repeatedly reconstructed. During that time, many ornamental, fruit, berry trees and shrubs, including exotic ones, have been acclimatized here. During the period of Ukraine's independence, proper care of plantations was not carried out. Such way brings the destruction of the park's infrastructure and a reduction in the number of valuable taxes. A tax inventory of dendroflora was carried out to organize the territory and reconstruct the park-monument. The vital and phytosanitary condition of trees and bushes was determined there according to the Alekseev scale. 63 species of trees, bushes and vines were found during this research. It is established that the general indicator of relative living condition of park plantings makes 57,7 % and corresponds to a category "weakened". According to the phytosanitary condition of trees and shrubs, 41 % belong to the category of "satisfactory", 34 % – "good", 25 % – "unsatisfactory". Thus, a quarter of the registered trees need to be rehabilitated or removed from the stand. The received materials testify to the need to conduct counting and inventory of all ancient parks of Ukraine and to develop a system of their geoinformation monitoring in order to streamline revitalization.

Keywords: dendroflora inventory, phytolandscape, sanitary condition of trees, rare trees.

Отримано: 2021-08-16

ТЕАТР ТА АМФІТЕАТР ЯК СТРУКТУРНІ ЕЛЕМЕНТИ ІСТОРИЧНИХ ПАРКІВ, САДІВ, САДОВО-ПАРКОВИХ АНСАМБЛІВ XVII–XX ст.

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

Театр як місце для видовищ є формою вияву суспільної свідомості, засобом ідейного і естетичного виховання населення. Театр відображає особливості розвитку суспільства та пов'язаний із його культурою. У різні періоди люди прагнули гармонійно поєднувати природу і культуру, тож зелені театри та інші подібні сцени завжди відображали смаки та моду певної епохи. Розглянуто історію розвитку садових театрів у європейських країнах, зокрема в Україні. Досліджено види театрів на території історичних садів, парків, садиб, палацово-паркових комплексів, садово-паркових ансамблів Європи та Північної Америки XVII–XX ст. Охарактеризовано історію, еволюцію розвитку та відмінності основних видів таких театральних споруд. З'ясовано передумови виникнення та популяризації театрів на відкритому просторі. На основі проведених досліджень запропоновано типологічну систематизацію та визначення садового театру (амфітеатру). Садові театри – це різновиди театрів (лісовий, ландшафтний, зелений, повітряний, водний, літній, кам'яний, механічний, палацовий) та амфітеатрів (кам'яний, газонний), що розміщені на території садів, парків, садово-паркових ансамблів. Вони можуть бути відкритими (здебільшого літніми, що діють тимчасово), закритими (які діють постійно), комбінованими (мають риси відкритих і закритих театрів). На території садів, парків, садово-паркових ансамблів можуть розміщуватись декілька різновидів театрів, театр та амфітеатр; амфітеатр може бути частиною театру. Наведено порівняльний аналіз зелених, водних та інших театрів. Виявлено характерні особливості розташування зелених, водних, повітряних тощо театрів у планувальній структурі досліджених об'єктів, зокрема елементів топіарного мистецтва та асортименту рослин.

Ключові слова: водний театр, зелений театр, садовий театр, відкритий театр, літній театр, повітряний театр.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Садово-паркове мистецтво відображає культурні та соціальні потреби суспільства (Semenova-Prozorovskaia, 1998). Наприкінці XVIII – на початку XIX ст. театр стає частиною соціокультурного процесу у різноманітних формах і способах освоєння його аудиторією, у театральному репертуарі відображаються ідеологічна і етична спрямованість, політичний і духовний зміст епохи. Театральне мистецтво як форма багаторівневої синтетичної художньої комунікації підніма-

ється на високий щабель розвитку, підвищується цінність мистецтва (Kireeva, 2015). Обов'язковою складовою театральної споруди, що гармонійно поєднує в одне ціле природу, архітектуру будівель та сценічно-глядацький простір створеного об'єкта, є навколишнє середовище, урбанізований або історичний ландшафтний простір (Proskuriakov & Humeniuk, 2018).

У XVII–XVIII ст. з'являються садові театри як театральний зал із природною сценою із земляного насипу та кулісами (сади Боболі в Італії, сади

Версалью у Франції, сади на острові в Лазенках у Польща та інші), що розташовувались у бічних частинах саду всередині боскетів. Глядацька зала складалась із широких сходинок, переважно у формі півкола. Інтер'єр сцени та глядацької зали, куліси, сходинки та кабінети були влаштовані зі формованих живоплотів і шпалер або трельяжів, зі скульптурами та фонтанами (Polish Encyclopedia, 2021). Садові театри, боскети, садові зали, партери, шпалери, алеї, буленґріни, лабіринти, садова скульптура, басейни і фонтани були характерними елементами садово-паркових композицій бароко (Kucheriavui, 2008).

До середини XVII ст. у Росії садиба слугувала утилітарним цілям, церковні будівлі були художніми акцентами, що задовольняли естетичні потреби. Розвиток міжнародних зв'язків та активне світське життя призвели до зміни характеру використання садиб та їхнього планування. Театри як розважальний елемент на території парків почали влаштовувати з 1660-х рр. (Semenova-Prozorovskaia, 1998).

Із XVIII ст. зелений театр (*teatro di verzuca*) стає типовим елементом італійських садів. Будували справжні театри під відкритим небом (у період моди на театральні вистави як розваги при дворах), які влаштовували із рослин (крила та інші театральні елементи були створені з формованих живоплотів із *Buxus sempervirens* L., сцена – з піднятого газону та прикрашена статуями, які, можливо, відсилали до тем комедії і трагедії, зокрема комедії дель арте (Theater of greenery, 2021)).

В Україні на Волині перші згадки про театр припадають на XVI ст. (Proskuriakov & Sinkevych, 2013). На початку XVIII ст. на теренах Речі Посполитої спостерігалось збільшення кількості архітекторів із західноєвро-

пейських країн, переважно із Франції, які вплинули на формування палацово-паркової архітектури (Rychkov, 2019). У XVIII ст. князі Любомирські (власники Рівного) заклали у місті парк із південного боку палацу, на території якого були алеї, кам'яні статуї, альтанки, імітації руїн готичних споруд, діяв манеж і тимчасовий театр (акторська трупа складалась з обдарованих кріпаків) (Proskuriakov & Sinkevych, 2013). Rychkov (2019) зазначає, що на даху «невизначеної будівлі» (*Vue de la Meterie*), вздовж фасадного периметра були облаштовані металеві поручні, тож, можливо, князівська родина та їхні гості збирались нагорі театралізованих вистав та інших розваг під відкритим небом. Вистави відбувалися у напівкруглому курдонері.

У Латвії перший відкритий театр масової пісні було споруджено у м. Ризи у 1880 р. Поширення будівництва великих відкритих театрів масової самодіяльності розпочалось у 1920–1930-х рр. у парках культури і відпочинку (ПКіВ). Це був новий соціалістичний тип парку, міський або районний, культурно-освітня установа на відкритому повітрі серед насаджень; призначення – масовий відпочинок, проведення політико-виховних заходів, обмін досвідом, культурні розваги. Деякі ПКіВ були створені на базі садибних та інших історичних парків (Verhunov & Horokhov, 1987). Відкриті театри вдало поєднували з природним оточенням (рельєф, рослинність, водні простори використовували для створення архітектурних ансамблів) (Вуков, 1954).

Літні, відкриті, ландшафтні театри мають переваги порівняно зі звичайними театральними спорудами закритого типу: дають можливість поєднати «видовище» з відпочинком у природному оточенні (Proskuriakov &

Humeniuk, 2013). На думку Shyrochkova (2018), амфітеатри набули популярності у громадських просторах міст Росії (насадження загального користування) в останні 20 років.

У XX – на початку XXI ст. інтерес до відкритих театрів у парках, садах та інших публічних місцях не зникав, за цей час було проведено дослідження різних видів театрів у європейських країнах та Північній Америці. На початку XX ст. Waugh (1917) дослідив застосування та дизайн відкритих театрів у парках Північної Америки та Європи. У 1950-х рр. Вуков (1954) проаналізував архітектуру відкритих театрів у парках, склад приміщень, організацію сцени, влаштування амфітеатру, розробив класифікацію відкритих театрів. У 1990-х рр. Fagiolo, Giusti & Cazzato (1997) розглянули особливості водних театрів у стилі бароко, розвиток і поширення зелених театрів. На початку XXI ст. Humeniuk (2019) дослідила розвиток архітектурної типології ландшафтних театрів в умовах сучасної України. Нею висвітлено генезу відкритих театрів від античної пори до сучасності; досліджено та систематизовано фактори, що впливають на формування архітектури театрів цього типу. Вдосконалено архітектурну типологію ландшафтних театрів; визначено сучасні принципи і засоби архітектури відкритих театрів. Grant (2007) вивчила найстаріші садові театри Італії на прикладі садів поблизу м. Лукка. Deguen & Thuillier (2015) провели інвентаризацію зелених і водних театрів, розглянули генезис та еволюцію зелених театрів, виявили різницю між зеленим театром, театром просто неба та садовим театром на прикладі парків Франції та у світі загалом.

Proskuriakov & Humeniuk (2013) зазначають, що створення театральних

видовищних споруд (відкритих театрів у ландшафті) нового архітектурного та суспільного рівня можливе за умови врахування досвіду минулого та проблем проектування сьогодення. Амфітеатри з'являються у проектах нових громадських просторів не лише внаслідок утилітарних потреб, а й як символ сучасного суспільного простору (Shyrochkov, 2018).

Отже, нині є необхідність з'ясувати, які саме види театрів та амфітеатрів зосереджені на території садів і парків XVII–XX ст., уточнити термінологію з метою їхньої типологічної систематизації.

Мета дослідження – проаналізувати види театрів і амфітеатрів на території історичних садів, парків, садибних, палацово-паркових комплексів, садово-паркових ансамблів Європи та Північної Америки XVII–XX ст.; розробити типологію садових театрів.

Матеріал і методи дослідження. Застосовано теоретичні методи дослідження, аналіз, синтез, порівняння та узагальнення отриманої інформації на основі фахової літератури й теоретичних публікацій. Узагальнено теоретичний матеріал, ідентифіковано та проаналізовано різновиди театрів та амфітеатрів упродовж трьох століть, проведено порівняння та встановлено спільні та відмінні риси садових театрів і амфітеатрів. Розроблено типологію садових театрів і систематизовано відповідну термінологію.

Результати дослідження та їх обговорення. Театр (у перекладі з грецької – місце для видовищ) як явище є невід'ємною складовою національного розвитку (Proskuriakov & Sinkevych, 2013). Він є формою суспільної свідомості, засобом ідейного і естетичного виховання мас. Театр відображає особливості розвитку, ідеали і суперечності суспільства, тісно пов'язаний із його

культурою (Ukrainian Soviet Encyclopedia, 1983).

Із середини XVII ст. з розвитком сценографії та театральної архітектури у садах почали створювати сцени просто неба, зелені театри та амфітеатри, місця для видовищ (Deguen & Thuillier, 2015). Протягом тривалого історичного періоду у європейських країнах було сформовано ансамблі (просторово і функціонально зв'язана сукупність архітектурних споруд, рельєфу, рослинності, водойм та інших елементів ландшафту, що становить цілісну архітектурно-художню композицію), шляхом поступового розвитку і доповнення або у процесі одноразового будівництва. Основними принципами ансамблю є наявність ідейно-художнього задуму, узгодження пропорцій, ритму, субпідрядних головних і другорядних елементів, використання естетичних якостей місцевого ландшафту, а також можливість глядацького сприйняття загальної об'ємно-просторової композиції. Палацово-паркові комплекси – великі, історично сформовані ансамблі, що мають палац, парк, господарські та культові споруди (Verhunov & Horokhov, 1987). Парки – великі (зазвичай більше ніж 10–15 га) озеленені території, упорядковані й художньо оформлені для відпочинку під відкритим небом. У XVIII ст. парком називали природний гай або ділянку лісу з мальовничими алеями, галявинами, ставками вільних обрисів, альтанками, скульптурою. Verhunov & Horokhov (1987, 2007) зауважують, що нині парки розглядають як важливіший елемент загальноміської системи озеленення та рекреації; вони виконують оздоровчі, культурно-виховні, естетичні, природоохоронні функції.

Виокремлюють старовинні парки (парки-пам'ятники), що мають меморіально-історичне, архітектурно-ху-

дожне, наукове значення і підлягають охороні й відновленню методами консервації, реставрації або реконструкції, та садибні парки, що історично сформовані при міській або замиській садибі. Ансамбль останніх зазвичай складається із головного будинку, житлових флігелів, господарських будівель, ставків, плодового саду та ін.; вони мають порівняно з палацово-парковим комплексом менші розміри. Історичний парк як зразок культури паркобудівництва минулого (до середини XX ст.) охороняється державою навіть за умови часткового збереження (Verhunov & Horokhov, 1987, 2007). Театр та амфітеатр є складовими частинами ансамблю паркових, видовищних і розважальних споруд, що гармонійно поєднуються з природними елементами ландшафту (Kucheriavui, 2008).

Сад – ділянка із культивованими рослинами, об'єкт озеленення площею не менше ніж 5–10 га, зайнятою насадженнями з дерев та чагарників, алеями, галявинами, квітниками, малими архітектурними формами. Зазвичай має естраду, ігрові майданчики, дитячий сектор, водойми; являє собою певну планувальну композицію. Сад призначений для короткочасного відпочинку. Ландшафт саду має зазвичай рукотворний, антропогенний характер. Для історично сформованих садів типовими є прямі алеї, партери, тераси, безпосередній зв'язок із будинком (палацом, садибою) (Verhunov & Horokhov, 1987, 2007).

Для італійців сад був продовженням житла. У французів сад перетворювався на «місто» (як-от у Версалі) з вулицями і провулками, зіркоподібними алеями, галереями, театрами, боскетами, залами, кабінетами. У зелених залах проводили музичні концерти, театральні вистави, танці, ігри (Kucheriavui, 2008). У неповних бос-

кетах (формовані стіни з газоном усередині) влаштовували зелений театр, лабіринт, водойми, фонтани, квітники (Verhunov & Horokhov, 1987; Кучерявий, 2008).

У Росії у XVIII ст. зелений театр, розвиваючись, формував навколо себе енергетичне поле духовного спілкування, діалогу публіки і сцени, самостійне художнє комунікативне поле. Також сформувалися типи театральних приміщення (Kireyeva, 2015). В Україні на Волині у XIX – на початку XX ст. була найбільша кількість приватновласницьких містечок, у яких магнати влаштовували спектаклі у приватних літніх садах. Наприклад, у м. Житомирі (Житомирське Полісся) театральні вистави відбувались у літньому театрі Хорошанського (Proskuriakov & Sinkevych, 2013). У м. Тучин (Волинське Полісся) у Тучинському парку (нині – парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва) на початку XIX ст. воевода М. Валєвський збудував невеликий театр у саду, де проводили вистави та концерти, переважно з нагоди іменин членів родини та інших ювілеїв (Andrzejowski, 1861; Aftanazy, 1994). Наприкінці XIX ст. – у першій половині XX ст. більшість повітових міст мали по одному спеціалізованому театральному і декілька пристосованих приміщень, а також літні театральні майданчики (розміщувалися у парках та приватних садибах) (Proskuriakov & Sinkevych, 2013). Зокрема, у с. Копиліві (Київське Полісся) на території садиби барона М. фон Мекка (нині – парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва «Копилівський») наприкінці XIX ст. було влаштовано спеціальний театр у саду (Meck, 1973; Dzyba & Shcheguniaieva, 2017). У м. Луцьк у 1916 р. у самому замку збудували дерев'яний літній театр «Замок Любарта», де показували «живі картини»

(прототип електротеатрів) (Proskuriakov & Sinkevych, 2013).

Бажання гармонійно поєднувати природу і культуру було притаманне усім історичним періодам. Зелені театри завжди відображали смаки та моду певної епохи. Це були затишні кабінети і величезні амфітеатри, грандіозні та мінімальні, прості декорації, вишукані майданчики для виступів із використанням новітніх технологій (Deguen & Thuillier, 2015).

Отже, у садах, парках, палацово-паркових комплексах і ансамблях упродовж 300 років влаштовували театри, які залежно від періоду створення мали різні функції та значення. Садовий театр спочатку був характерним елементом барокових садів Італії (про що розповідають трактати «Dezaillier d'Argenville» та енциклопедія «Diderot and d'Alembert») і з часом поширився у різних формах у садах Франції, Німеччини, Англії та інших країн (Grant, 2007).

На думку Kucheriavui (2008), Majdecki (2010), бароковий садовий театр на відкритому повітрі нагадував більше палацовий театр, аніж античний амфітеатр. Сцена була дещо піднятою і мала вигляд широкого півкола, відокремленого від глядачів рампою. За сценою, відгородженою високими стриженими кулісами, розміщували кабінети акторів. Стіни прикрашали фігурними шпалерами, у нішах встановлювали скульптури (Kucheriavui, 2008).

Сад епохи Відродження та бароко опосередковує деякі елементи театральних типологій античності особливою формою театру, а саме зеленим театром. Сценічна метафора та топіарна віртуозність застосовуються для інтерпретації рослин як архітектури театру (The theaters of greenery, 2021).

Концепція зеленого театру з'являється в XVII ст. (Deguen, 2013).

Джованні Баттіста Алеотті у 1606 р. вперше запропонував таку версію театральної структури (Grant, 2007). Термін «зелений театр» у словниках та архітектурних посібниках з'явився лише у XIX ст. (The theaters of greenery, 2021). Згідно з визначенням, наведеним у Методологічному словнику саду Марі-Елен Бенетсьєр, зелений театр – це архітектура, повністю або частково створена з рослин, що має партер або трибуни перед сценою у парку, саду, лісі; зазвичай відкрите місце, яке використовують протягом літнього сезону. У словнику давньої та сучасної архітектури Авілера (1782–1832) зазначено, що садовий театр – це підвищена тераса, окрасою якої є перспектива з алейних посадок дерев або альтанок для гри пасторалі; амфітеатр, який розташований навпроти тераси і має сходи із газону або каменю; найнижчий простір між театром та амфітеатром займає партер (Deguen, 2013).

Зелений театр – споруда, призначена для вистав на відкритому повітрі, яку влаштовують у парках і садах із використанням природного рельєфу місцевості. Як стіни застосовують огорожу з живоплоту або витких рослин на спеціальних опорах або каркасах (Verhunov & Horokhov, 1987; Yakovlieva-Nosar, 2009; Terms and concepts used in landscape architecture, 2021). Театри з живоплоту різняться розмірами, однак здебільшого незмінні за формою: це піднята ділянка газону з плоскими крилами, з прямолінійних куліс із формованої живої огорожі (Grant, 2007). Нуменюк (2015) доповнює, що зелений (парковий) театр – це комплекс театральних будівель, де зелені насадження або декоративну рослинність використовують як конструктивні та об'ємно-планувальні складові всієї споруди (культурно-видовищного комплексу). За ще одним

визначенням, зелений театр (Theatre de verdure) – ландшафт, художньо оформлений за допомогою рослин, що дає змогу відвідувати вистави під відкритим небом (комедійні, танцювальні, музичні тощо) (National Center for Textual, 2012). Влаштування зелених театрів у багатьох містах країн Європи набуло поширення у 1920–1930-ті та 1950-ті рр. (Deguen, 2013).

Зелені театри в Італії концентрувались навколо театральних академій. Одними із перших були театри з живої огорожі у садах навколо м. Лукка, які влаштовували як зали для вистав представників літературних академій (Grant, 2007). У зеленому театрі простір і дія театральної діалектики перевернуті. Простір візуалізовано ефемерно, він створений із живих рослин, які змінюються з часом, тоді як театральна дія увічнена у скульптурах міфічних героїв, розташованих по боках сцени, розміщених у нішах на задньому тлі (вілли Марлія, Гарцоні) або в пропілеях-кіосках (вілла Б'янкі Бандіnellі, Джеджано). Шоу не є необхідною подією. Такий театр насамперед є об'єктом Arts Topiary. Крила є елементом, який ставить його у тісний взаємозв'язок із театральним ілюзіонізмом, який, однак, саме завдяки динамічності, що властива субстанції живої матерії, не реагує на реальні рухи сценічного мистецтва (The theaters of greenery, 2021).

У саду Гарцоні в Колоді (Італія) невеликий зелений театр на краю є своєрідним синтезом простору саду в цілому. У нижній частині саду – змішане лінійне планування, що може бути пов'язано з еволюцією театральних залів. Між нижньою ділянкою та підвищеною частиною є взаємозв'язок, як між партером та сценою. Наявність двох сатирів, які зображені як стовпи ілюзорної арки з водним театром у

центрі, на якому домінує Слава, підтверджує характер сцени як сатиричної у вітрувіанському стилі (The theaters of greenery, 2021).

Парк Вілла Реале – найдавніший ансамбль із єдиною еліптичною системою залів, що обмежена зеленим коридором (The theaters of greenery, 2021). Парк розділено на три сади різних епох: сад бароко (друга половина XVII ст., стиль Giardino all'italiana), романтичний парк і сад деко, побудований у 1920-х рр. (Villa Reale di Marlia, 2021). Наприкінці XVII ст. у парку було створено грот, водний і зелений театри.

Зелені театри характерні і для Росії. Зокрема, у 1830 р. у Нескучному саду було влаштовано зелений театр на 1500 глядачів. Сценою була галявина, кулісами – дерева та чагарники (Pluzhnikov, 1995; Verhunov & Horokhov, 2007). Театр проіснував до 1835 р. (Semenova-Prozorovskaia, 1998).

Одним із різновидів зеленого театру є, на нашу думку, вертугаден – терасоване паркове підвищення з напівкруглими сходами (на зразок амфітеатру) і формованою зеленою стіною (Pluzhnikov, 1995; Tymofiienko, 2002; Verhunov & Horokhov, 2007; Kurbatov, 2008). Використовували для огляду паркових перспектив, розмежування і акцентування простору (партеру, басейну), а також як зелений театр для вистав, що розігрувались на тлі формованої зеленої стіни; був прикрашений скульптурами, топіаріями (Tymofiienko, 2002, Verhunov & Horokhov, 2007, Kurbatov, 2008).

Зелений театр у садах Геренгаузена (Німеччина) створено у 1689–1692 рр. Він має прямокутну сцену (розмір 62×58 м²), яка поступово звужується і піднімається у дальній частині, створюючи ефект перспективи. З двох боків сцени для фону та роздягальні

створено живі огорожі з *Carpinus betulus* L., перед якими розміщені позолочені свинцеві фігури і формовані піраміди з *Taxus baccata* L. Глядацький зал (на 500 відвідувачів) сформовано у вигляді амфітеатру (рис. 1). Театр слугує місцем театральних і танцювальних вистав.

Зелений театр у палацово-парковому ансамблі «Сади Мірабель» (Австрія) розташований уздовж західної сторони Малого партеру. Він побудований протягом 1704 і 1718 рр. Стіни та куліси сформовані з *Carpinus betulus* L. Тут проводять вистави, концерти, фестивалі (рис. 1).

Зелений театр у Ляшках Мурованих в Україні було створено у 1734 р. у південній частині парку за межами замку (рис. 1), проте він донині не зберегся.

Зелений театр Рундальського палацово-паркового ансамблю в Латвії (архітектор Ф. Растреллі) мав форму амфітеатру. Після проведеної реконструкції місця для сидіння 600 глядачів розміщуються як підвищення рядами у вигляді сходів, що вкриті газоном. Куліси сформовано із *Carpinus betulus* L., вздовж периметра театру зростає формована жива огорожа з *Carpinus betulus* L. та вільнорослі *Picea abies* (L.) H.Karst., що створюють добру акустику. На території театру побудовано два павільйони.

Зелений театр у саду палацу Файтсгехайм (Німеччина) було створено як декорацію у 1767–1768 рр. Авансцена розміщується на підвищенні в оточенні шести пар куліс, що сформовані із *Carpinus betulus* L. (рис. 1). На сцені перед кожною кулісою стояли різнобарвні, яскраві фігури «акторів» із піщанику. Це була імпрровізація італійської «вистави-комедії» дель арте. У західній частині театр відмежовують шпалери із *Picea abies* (L.) H.Karst.

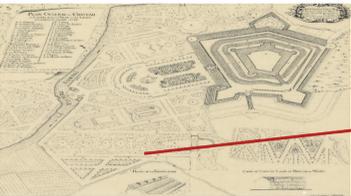
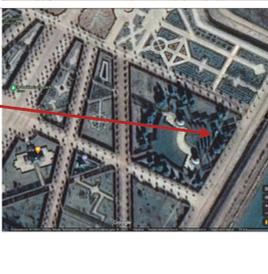
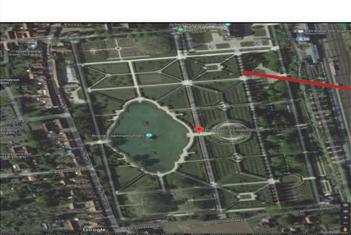
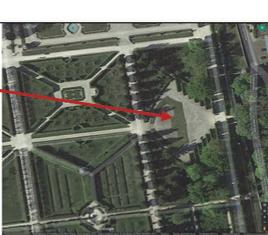
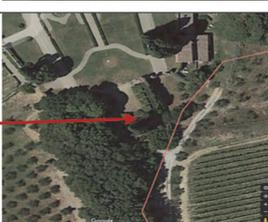
Назва та період створення театру	План саду, парку, садово-паркового ансамблю (за Google Maps)	План або зображення театру
Зелений театр та амфітеатр-сцена, сади Геренгаузена, Німеччина. Архітектор М. Вестерман, 1689–1692 рр., реконструкція 1974 р.		
Зелений театр, палацово-парковий ансамбль «Сади Мірабель», Австрія. Архітектор Л. фон Гільдебрандт, реконструкція – архітектор П. де Нобіле, 1704–1718 рр.		
Зелений театр. Парк замку Ляшки Муровані, Україна. Архітектор Г. Кляйн, 1734 р.		
Зелений театр та амфітеатр із газону. Рундальський палацово-парковий ансамбль, Латвія. Архітектор Ф. Растреллі, садівники К. і М. Вейланді, 1736–1740 рр. Реконструкція 1985–2004 рр. Проект реконструкції – інститут Гіпротеатр, 1977 р.		
Зелений театр, сад палацу Файтсгехгайм, Німеччина, 1767–1768 рр.		
Зелений театр, сади Вілли ді Джеджано, Італія, 1768 р.		

Рис. 1. Види театрів на території садів, парків, садово-паркових ансамблів XVII–XIX ст.

Зелений театр у садах Вілли ді Джеджано було створено у 1768 р. для вистав. Він розташовується у південній частині саду в кінці площі П'яццоне, яка розміщена паралельно передній частині будівлі, де є партер, облямований бордюром із *Buxus sempervirens* L. та *Citrus limon* (L.) Osbeck. у контейнерах. Театр трохи піднятий, куліси сформовано із високих формованих живоплотів із *Laurus nobilis* L. на передньому плані та формованої живої стіни із *Cupressus sempervirens* L. – на дальньому. Авансцена складається з двох пізньобарокових просценіумів, які представлені подвійними арками, що увінчані триумфальними фронтонами з гербами родин Бандіnellі та Зондадарі. У нішах арок встановлено статуї Трагедії та Комедії мальтійського скульптора Босіо. Паралельно зеленому театру є довга алея з *Cupressus sempervirens* L. та *Quercus ilex* L., яка веде до вхідних воріт (Villa di Geggiano, 2021).

Малопоширеними є види театрів, що розміщуються в історичних садах, парках, палацово-паркових ансамблях та комплексах: механічний, кам'яний, водний, палацовий, повітряний, сільванський, ландшафтний. Grant (2007) вважає, що водний (teatro d'acqua), зелений (teatro di verzura) (сформовані із живоплотів) і палацовий (teatro avanti il palazzo) театри є різновидами садового театру, з чим ми також погоджуємось.

У 1750–1753 рр. у парку Хельбруннської резиденції (околиця Зальцбурга, Австрія) за вказівкою архієпископа Андреаса Якоба фон Дітріха з метою розваги гостей було створено механічний театр (рис. 2). Це кам'яний вертеп, де 256 дерев'яних фігур рухаються за допомогою гідравлічного приводу, зображають побутові сценки середньовічного міста під звуки водян-

ного органу. Навколо театру багато химерних гротів і фонтанів-вертушок (Helbourne, 2021). Це найстаріша сцена під відкритим небом у Європі, на якій і нині проводять концерти й театральні вистави (The Stone Theater, 2021).

Китайський театр «Кам'яна опера» розташований у боскеті Олександрійського парку (Державний музей-заповідник Царське Село). Проект розробив у 1778 р. архітектор А. Рінальдї, будівництво відбувалось під керівництвом І. В. Неслова. Споруда мала європейські риси; архітектурні форми і зовнішній декор театру були доволі простими. Внутрішнє оздоблення вирізнялося пишністю. Центральна ложа, портал сцени, плафон були прикрашені зображеннями китайців, драконів, щитами зі знаками зодіаку та іншими елементами східного декору. У центральній імператорській і двох бічних великокнязівських ложах розміщувалися справжні твори китайського мистецтва: декоративні лакові панно, фарфор, меблі. У 1902 р. у театрі влаштували електричне освітлення. У 1908–1909 рр. було проведено капітальний ремонт будівлі (архітектор С. А. Даніні), реконструкцію сцени XVIII ст. для постановки великих оперних і балетних вистав. Покращена система опалення дала змогу використовувати літній театр упродовж року. У 1941 р. театр частково згорів (Chinese Theater, 2021).

Водний театр – це гібридна форма зеленого театру (Deguen & Thuillier, 2015). Зазвичай у ньому є фонтани, статуї, водоспади, мозаїка та кінцева вісь екседри із туфу (National Center, 2012), одна або декілька водних алей, прикрашених скульптурами, вазами, щоб сформувати різні декоровані перспективи для вистав, концертів, вечірок, балів.

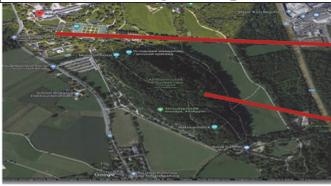
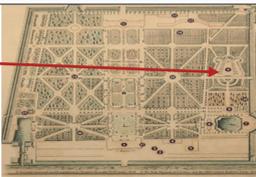
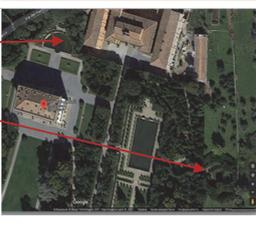
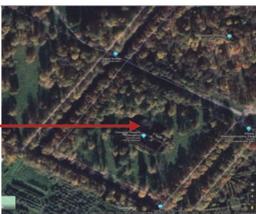
Назва та період влаштування театру	План саду, парку, садово-паркового ансамблю (за Google Maps)	План або зображення театру
Механічний і кам'яний театри, Хельбруннський палацовий комплекс, Австрія, 1752 р.		
Повітряний театр, архітектурно-парковий ансамбль, музей-садиба Кусково, Росія, 1760 р.		
Водний і зелений театри, Вілла Марлія, Італія, XVII ст.		
Китайський театр у боскеті. Державний музей-заповідник Царське Село, Олександрійський парк, 1778 р. Архітектори А. Рінальдї, І. В. Неслов		

Рис. 2. Види театрів у садах, парках, садово-паркових ансамблях XVII–XIX ст.

Один із перших водних театрів було влаштовано на віллі Альдобрандіні в Італії. Він був головним композиційним вузлом саду. Має напівкруглу стіну з туфовими гротами та статуями, над стіною зростають живі стіни з *Cupressus sempervirens* L. За стіною пагорб різко піднімається вгору, згори між двома колонами ллється каскад, який починається в алеї із *Cupressus sempervirens* L. і через дві туфові греблі спадає до театру. Тобто верхню частину саду зв'язують каскади, а нижню – алеї, спрямовані до декоративного фасаду палацу (Kurbatov, 2008).

Водний театр у формі екседри є частиною архітектури XVII ст. парку Вілла Реале ді Марлія (Італія). Основний водоспад розміщений усередині штучної печери, створеної з каменів та вапнякових відкладень. Високо з двох сторін, між струменями води, встановлено дві зооморфні скульптури: лев і пантера. Вся композиція огорожена високими живоплотами з *Quercus ilex* L., *Laurus nobilis* L. Внизу вода тече через п'ять кам'яних масок і виливається у невеликі трилопатеві чаші. Потім впадає у великий напівкруглий басейн, звідки розтікається у фонтани та канали, за допомогою сили граві-

тації спускаючись до озера в парку (Villa Reale di Marlia, 2021).

Повітряний театр було влаштовано у 1760 р. у східній частині парку архітектурно-паркового ансамблю «Музей-садиба Кусково» (Росія). Театр складався з дернового амфітеатру (три напівкруглі лави з проходом у центрі) для 80–100 глядачів і сценічного майданчика з газону. Амфітеатр розташовувався на південь від сцени, тож майданчик для вистав мав достатнє сонячне освітлення. Сцена, розташована на насипному підвищенні заввишки 1,5 м, була облямована боскетом із *Betula pendula* Roth. Навколо боскету було сформовано живу стіну з *Berberis vulgaris* L. Шістьма парними кулісами слугували шпалери з *Picea abies* (L.) H. Karst., які забезпечували чудову акустику. Під час вистав сцену накривали дерев'яним настилом. Музиканти розміщувались в оркестровій ямі, яку з боку глядацької зали було приховано клумбою. Роздягальнями для акторів слугували дві круглі вежі з формованих живих стін (рис. 2) (Air theater, 2021).

Повітряний театр також діяв у Павловському парку у передмісті Санкт-Петербурга з 1811 р. (архітектор А. Н. Вороніхін). Театр був відкритий, сцена – невелике підвищення із газону серед вільнорослих дерев. Куліси було створено із формованих живоплотів із *Caragana arborescens* Lam. на тлі дерев'яних трельяжів. Місця для глядачів, розташовані амфітеатром, – із земляних сходів, покритих дереном. Як перспектива загальний верхній контур дерев у групі або масиві (чітко окреслений, порізаний, розпливчастий тощо) був повітряною лінією (Verhunov & Horokhov, 1987; Pluzhnikov, 1995).

Сильванський (лісовий) театр – це відкритий тип театру, розташований у лісі, часто прикрашений класичними

колонами, статуями. Вбудовані лави можуть бути вкриті газоном, є складні композиції з чагарників і трав'яних рослин (Waugh, 1917). Лісовий театр у місті Кармел-бай-те-Сі (Каліфорнія, США) було засновано у 1910 р., це найстаріший відкритий театр на захід від Скелястих гір. Ініціатором його створення був письменник Г. Герон. Театр влаштували на увігнутому схилі пагорба, що виходив назовні, в оточенні сосново-дубових насаджень. Сцена та лави для сидіння були дерев'яними. Театр створено для вистав, де акторами були місцеві жителі громади (Forest Theater, 2021). Відомим є також зелений театр у Шекспірівському саду у Булонському лісі (Франція), навколо якого зростають види рослин, згадані у творах драматурга (Deguen, 2013).

Ландшафтний театр – театральна споруда, яка гармонійно поєднана з рельєфом і ландшафтними особливостями прилеглої території (Humeniuk, 2015, 2019). Може бути розташованим «на суші» або «на воді»; за театралізованим дійством (великими оркестровими концертами, фольклорними та музичними фестивалями, масовими хоровими виступами) можуть спостерігати багато глядачів (Proskuriakov & Humeniuk, 2014).

Літній театр – театральна споруда сезонного типу, що функціонує лише у теплий період року (переважно влітку) (Proskuriakov & Humeniuk, 2013, Humeniuk, 2015). Такі театри здебільшого призначені для гастрольних вистав, а також концертів, спеціально поставлених у природному і архітектурному оточенні (Вуков, 1954; Humennyuk, 2015). Можуть розміщуватись у парках, садах, лісистій місцевості. Розрізняють літні концертно-театральні (1000–1500 місць), природні (2000–3000 місць) та історико-архітектурні театри. Також можливим є по-

еднання літнього театру з театром цілорічної дії (відкритий амфітеатр із театром цілорічної дії; відкритий амфітеатр на даху міського залу; відкритий амфітеатр із закритим танцювальним залом; кілька амфітеатрів). Розміщують такі театри в зеленій зоні. За ступенем відкритості літні театри поділяють на відкриті, криті й закриті (Losieva, 1990).

Палацовий театр – театр закритого типу, що діє упродовж року на території палацо-паркових комплексів та ансамблів, переважно у вхідній їхній частині (театр маріонеток палацу Шенбрунн, Австрія (Schönbrunn Palace, 2021); театр у східній частині Брюсельського парку, створений у 1782 р., та ін.).

Амфітеатр у давній римській архітектурі – видовищна споруда у формі еліпса зі східчасто розташованими рядами сидінь. Для садів італійського Відродження характерне влаштування амфітеатрів як завершення плоскої частини саду напівкруглою стіною із каменю чи формованих рослин, що зазвичай закінчувалася ступінчасто оформленим відкосом. Кам'яні стіни оздоблювали нішами зі скульптурами і балюстрадаю (Bohovaia & Fursova, 1988). У XVII–XVIII ст. амфітеатри почали будувати в парках як декоративні споруди для проведення видовищних заходів (Verhunov & Horokhov, 1987; Kurbatov, 2008; Terms and concepts, 2021). Levshyn (1805–1808) зазначив, що амфітеатр – це споруда для видовища, що розташовується на схилах пагорбів невеликої крутизни, виступи створюють у кілька рядів півколом, що вигинаються зовні або всередину, які зміцнюють брусом та вкривають деревом, прикрашають формованими деревами, зеленими стінами, вазами; сходи створюють із каменю, дерева або газону. Наприкінці XVIII ст. у вигляді ам-

фітеатру висаджували дерева («Китайський гайок» у садибі Шереметьєвих у м. Москві) (Verhunov & Horokhov, 1987; Pluzhnikov, 1995). У парках бароко амфітеатром називали напівкругле закінчення площі, що розміщувалась напроти палацу (Kurbatov, 2008).

Регулярний сад-амфітеатр у садах Боболі (Італія) у 1612–1631 рр. було трансформовано у відкриту площу для театральних вистав. У центрі амфітеатру у 1790 р. було встановлено єгипетський обеліск, який у 1840 р. був поєднаний із монолітною чашею із сірого граніту (Boboli's Garden, n.d., Boboli's Garden, 2021). Амфітеатр став схожий на половину римського іподрому, обрамлений кам'яною кладкою у вигляді сходів із шести рядів сидінь і балюстрадаю з нішами. У амфітеатрі проходили перші в Італії оперні вистави. У XIX ст. амфітеатр втратив свою театральну функцію (Boboli's Garden, 2021).

Амфітеатр у Версальських садах (Франція) було споруджено А. Ленотром у 1680 р. у Бальній залі. З одного боку амфітеатру були сходи з газону, з іншого – сходи з вапняку, вкритого черепашками. По сходах спускалась вода, утворюючи каскад. Амфітеатр створено для вистав, які відбувались на арені, музиканти розміщувались над каскадом (Peruz de Monclo, 2006).

Амфітеатр у парку Клермонт (Англія) спроектовано Ч. Брідгеманом в 1716 р., побудовано у 1720–1722 рр. – вирізано на схилі пагорба з увігнутими та опуклими терасами. Верхня тераса була облямована алеєю з дерев півколом, за якою зростав ліс. Внизу амфітеатру було створено ставок округлої форми (рис. 3). У 1738 р. В. Кент розширив ставок, щоб створити велике озеро неправильної форми. Озеро стало центром саду Клермон, а амфітеатр

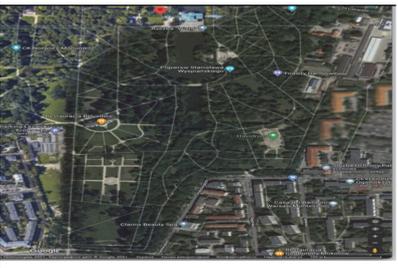
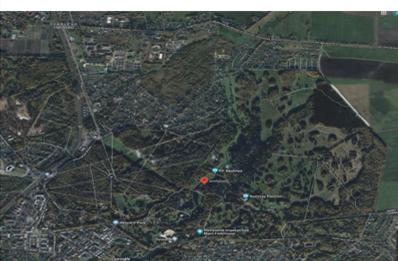
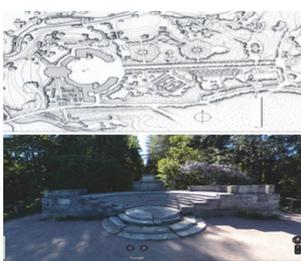
Назва та період влаштування амфітеатру	План (за Google Maps)	Історичний план або зображення театру
Амфітеатр із газону, парк Клермонт, Англія (1720–1738 рр.). Архітектори Ч. Брідгеман, В. Кент		
Амфітеатр на воді. Палацово-парковий комплекс «Королівські Лазенки», Польща (1785–1790 р.). Архітектор Я. К. Камзетцер		
Античний амфітеатр. Садово-паркове королівство Дессау-Верліц, Німеччина (1792 р.). Архітектор Ф. Ердсмандорф, садівник І. Айзербек		
Амфітеатр. Павловський парк, Росія (1793 р.). Архітектор В. Бренне		

Рис. 3. Види амфітеатрів на території садів, парків, садово-паркових ансамблів XVII–XIX ст.

був більше декорацією і модним елементом того часу. Після проведеної реконструкції наприкінці XX ст. амфітеатр закрили для публіки (Claremont Landscape Garden, 2018).

Амфітеатр під відкритим небом у палацово-парковому комплексі «Королівські Лазенки» (Польща) побудовано в 1785 р., у 1790 р. перебудовано за проєктом Я. К. Камзетцера (рис. 3). Складається з двох частин: аудиторії

на 950 глядачів та сцени, розділених каналом із водою. Амфітеатр було створено за зразком театру в Геркуланумі. Напівкругла аудиторія базується на аркадах. Має кам'яні скульптури, що зображують Есхіла, Евріпіда, Софокла, Арістофана, Сенеку, Шекспіра, Кальдерона, Расіна, Мольєра, Лессінга та ін. Сцена, розташована на штучному острові, оточена штучними руїнами за зразком архітектури Римського фо-

руму, як зразок стилю кінця XVIII ст. Зліва, за сценою, є одноповерховий павільйон із гримерками акторів. Між сценою та каналом є місце для оркестру. Під час вистав також використовували ров (Amphitheater in the Royal Łazienki, 2021). Слугує місцем для вистав донині.

Античний амфітеатр (руїни) створено як декорацію у ландшафтному парку на Кам'яному острові озера Верліц у Садово-парковому королівстві Дессау-Верліц (Німеччина) у 1792 р. (Kucheriavui, 2008).

Під час другого етапу розбудови Павловського парку (Росія) (Державний музей-заповідник Павловськ) у 1793 р. архітектор В. Ф. Бренна влаштував два амфітеатри – кам'яний (модель грецького) на правому березі р. Слов'янка та зелений (ряди терас і сходів) на лівому березі річки, як декорацію. Кам'яний амфітеатр було прикрашено білою мармуровою статуєю богині Церера, що займала чільне місце у всій панорамі правого берега (State Museum-reserve Pavlovsk, 2021).

Лонгвудський садовий театр (США) (за приклад взято дизайн театру під відкритим небом вілли Горі поблизу Сієни, Італія) створив П'єр С. дю Пон у 1914 р. у південно-західній частині садиби у Лонгвуді для проведення концертів і вистав. Театр являв собою амфітеатр і глядацький зал на 1550 місць, розміщений на галявині. Сцена двоярусна і влаштована на пагорбі. Під сценою є гардеробні кімнати. Куліси навколо авансцени сформовані у вигляді колон із *Thuja occidentalis* L. Після реконструкції у 1927 р. для театральних ефектів під знімним покриттям авансцени встановлено сім круглих чаш і форсунок, які утворюють десятифутову водяну завісу; на верхньому рівні – дві центральні чаші та покривельні фонтани на крилах. Фонтани

мають різнокольорову підсвітку. Театр оточують насадження із *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch., *Magnolia × soulangeana* Soul.-Bod., *Taxodium distichum* (L.) Rich., *Tsuga canadensis* (L.) Carrière (Loongwood Gardens Theater, 2021).

Отже, амфітеатр у історичних садах, парках, садибних, палацово-паркових комплексах, садово-паркових ансамблях – це видовищна споруда у формі еліпсу або півкола, зі ступінчасто розміщеними рядами сидінь для глядачів, що рівномірно піднімаються уступами навколо сцени, арени, за партером або збоку від нього. Зона для глядачів може починатись одразу від сцени чи оркестрової ями, а також на балконах. У парках амфітеатри часто займають криті природні або штучно сформовані схили на пагорбах, що прикрашені скульптурами, формованими деревами, стінами із каменю (Pluzhnikov, 1995; Verhunov & Horokhov, 2007; SBS N.2.2.-16: 2019; Humennyuk, 2019). Функції сучасних амфітеатрів дещо розширилися у міському середовищі. Міський амфітеатр – це споруда, що складається з великих сходів (пряма, ламана, вигнута, змішана конфігурація), призначена для проведення часу на відкритому повітрі. Для зручного сидіння висота сідців має становити 45–50 см. Амфітеатр також може бути частиною будівлі або комплексу будівель (Shyrchkov, 2018). Shyrchkov (2018) виокремлює три функції міського амфітеатру: міська трибуна (місця для спостереження за ландшафтом або вуличної активністю); місце відпочинку (окрім основних об'єктів спостереження, як-от масові заходи, окреслено новий об'єкт, характерний для сучасних розвинених міст, – неформальна вуличне життя); сучасний суспільний простір, орієнтований на значущі прототипи.

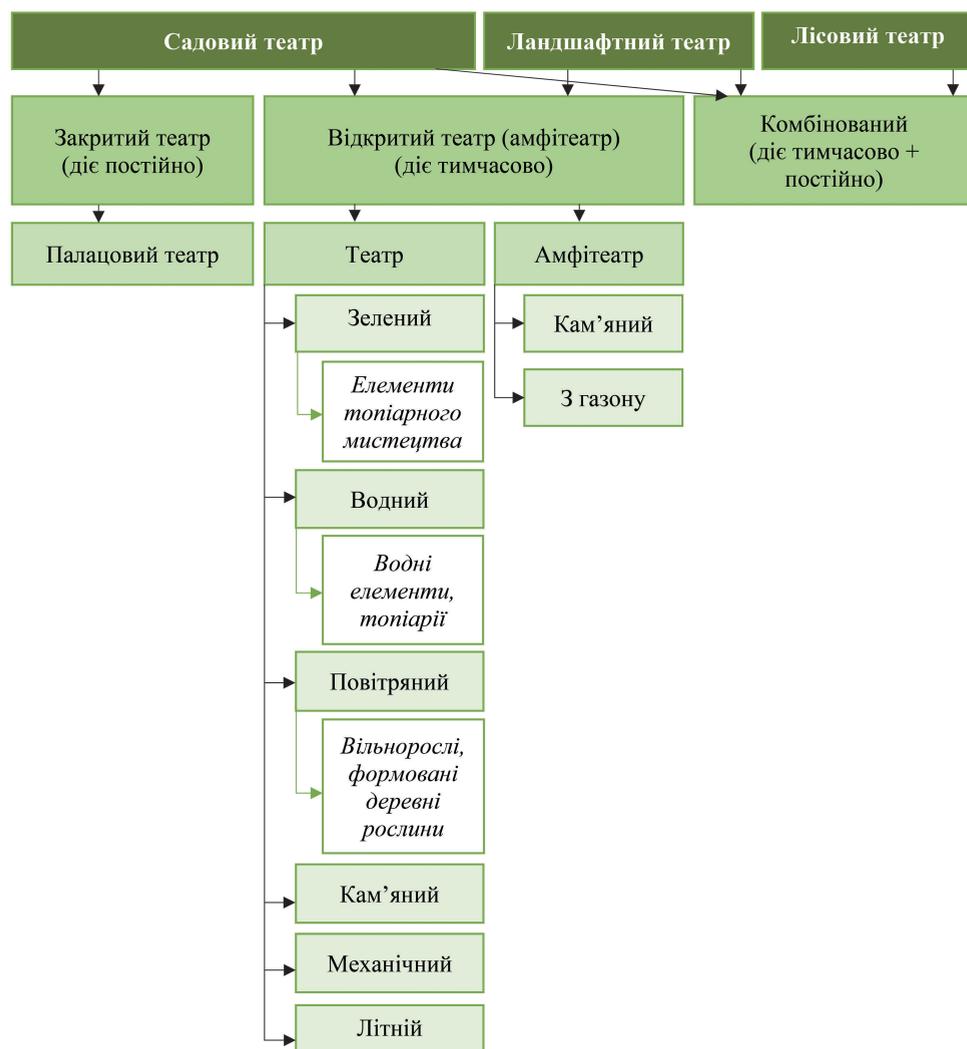


Рис. 4. Типологія садових театрів

На основі проведеного аналізу пропонуємо вважати *садовим театром (амфітеатром)* усі види та різновиди театрів (зелений (створено з елементів топіарного мистецтва), повітряний (комбінування вільнорослих деревних рослин з елементами топіарного мистецтва), водний (комбінування водних елементів з елементами топіарного мистецтва), літній, кам'яний, механічний, палацовий) та амфітеатрів (кам'яний, газонний), що розміщені на

території садів, парків, садово-паркових ансамблів. Вони можуть бути відкритими (такими, що діють тимчасово), закритими (діють постійно), комбінованими (поєднання відкритих і закритих театрів). Окремо розглядаємо лісовий театр (створений у масиві лісових насаджень) і ландшафтний театр (просто неба), які можуть бути як у складі садових театрів, так і окремими театрами. Розроблену типологію садових театрів, що розташовані на тери-

торії історичних садів, парків, садибних, палацово-паркових комплексів, садово-паркових ансамблів, подано на рис. 4.

Висновки і перспективи. На території садів, парків, садово-паркових ансамблів розрізняють такі види театрів: садовий, лісовий, ландшафтний. Різновидами садового театру є зелений, повітряний, водний, літній, кам'яний, механічний, палацовий. На одній території може розміщуватись декілька різновидів театрів (Хельбруннський палацовий комплекс і парк палацу Шенбрунн, Австрія; Вілла Марлія, Італія) або театр та амфітеатр (Рундальський палацово-парковий ансамбль, Латвія), амфітеатр може бути частиною театру (сади Геренгаузена, Німеччина).

Театри мають різне призначення: місце для проведення вистав, концертів, фестивалів, як декорація (імпровазіція вистав). Для влаштування зелених театрів, складової частини водного, повітряного та літнього театрів використовують такі елементи топіарного мистецтва: зелені стіни, власне живоплоти, бордюри, формовані рослини, шпалери, боскети, зали.

Для формування елементів топіарного мистецтва використовують види деревних рослин залежно від кліматичних умов країни. Найбільш поширені: *Picea abies* (L.) Н.Карст., *Carpinus betulus* L., *Caragana arborescens* Lam., *Betula pendula* Roth., *Berberis vulgaris* L., *Taxus baccata* L., *Quercus ilex* L., *Laurus nobilis* L., *Cupressus sempervirens* L.

Список літератури

- Aftanazy, R. (1994). The history of the residence in the former borderlands of the Polish-Lithuanian Commonwealth. In *Volyn Province* (Vol. 5). Wrocław: Wroclawska Drukarnia Naukowa.
- Air theater. (2021). Available at http://kuskovo.ru/eto_interesno/arhitekurno-parkovyj_ansambl_kuskovo/vozdushnyj_teatr/ [in Russian].
- Amphitheater in the Royal Łazienki. (2021). Available at <https://www.lazienki-krolewskie.pl/pl/architektura/amfiteatr>.
- Andrzejowski, A. (1861). *Old Detiuk's Ramoty about Volhynia* (T. 1). Vilnius: Naklad and printed by A. H. Kirkor [in Polish].
- Bazhan, M. P. (Ed.). (1984). *Ukrainian Soviet Encyclopedia* (Vol. 11, P. 1). Kiev: Main version USE [in Ukrainian].
- Boboli's Garden (n.d.). Available at https://www.gardenrouteitalia.it/gr_offers/giardino-di-boboli/.
- Boboli's Garden. (2021). Available at <http://landscape.totalarch.com/boboli> [in Russian].
- Boboli's Garden. (2021). Available at https://it.wikipedia.org/wiki/Giardino_di_Boboli.
- Bohovaia, I. O., & Fursova, L. M. (1988). *Landscape architecture*. Moscow: VO "Agropromizdat" [in Russian].
- Bykov, V. Ye. (1954). *Architecture of open-air theaters*. Moscow: State publishing house of literature on construction and architecture [in Russian].
- Chinese Theater on the website of the Museum of the Tsarskoe Village. (2021). Available at https://web.archive.org/web/20100702140939/http://www.tzar.ru/museums/palaces/alexander_park/new_garden/theater [in Russian].
- Claremont Landscape Garden. (2018). Available at <https://alchetron.com/Claremont-Landscape-Garden> [in English].
- Deguen, N. (2013). Friends of the Theaters of Verdure. *Boxwood and Topiaries, Charming Leaf Buis et Topiaires*, 16, 47–50.
- Deguen, N., & Thuillier, M.-C. (2015). *Théâtres de verdure*. French: Editions Gourcuff-Gradenigo.
- Deguen, N., & Thuillier, M.-C. (2013). Verdure Theaters. *Bimonthly*, 16, 44–49.
- Dzyba, A. A., & Shcheguninaeva, O. V. (2017). Value and functional zoning of the park-monument of landscape art "Kopylovskiy" (Kiev region). *Forestry and gardening*, 12, 24–43 [in Ukrainian].
- Fagiolo, M., Giusti, M. A., & Cazzato, V. (1997). *The mirror of Heaven. Garden and theater from the ancient to the twentieth century*. Milan: Silvana editorial.
- Forest Theater. (2021). Available at https://en.wikipedia.org/wiki/Forest_Theater.
- Garden theater. *Encyclopedia*. (2021). Available at <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/teatr-ogrodowy;3985893.html>.

- Grant, K. (2007). Teatri di Verzura: Hedge Theatres in Baroque Lucca. Art, site and spectacle: studies in early modern visual culture. *Series Melburn art journal*, 9–10 (11), 162–175. Melbourne: Fine Arts Network. <http://dx.doi.org/10.17613/M6FZ97>
- Humennyk, I. V. (2014). Evolution of the typology of open-type and "landscape" theatrical facilities in the conditions of urban environment from antiquity to the present days. *Czasopismo "Srodowisko Mieszkaniowe / Housing Environment"*, 13, 54–59.
- Humennyk, I. V. (2015). The latest trends in the architectural typology of theatrical structures of an open type. *Architectural Bulletin of KNUBA*, 5, 240–250 [in Ukrainian].
- Humennyk, I. V. (2019). *Development of architectural typology of landscape theaters in Ukraine (Doctoral dissertation)*. Lviv Polytechnic National University, Lviv Available at <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/45462> [in Ukrainian].
- Kireyeva, N. Yu. (2015). The development of musical and theatrical performances in Russia in the 18th – 20th centuries: communicative and axiological aspects. *Arts education*, 2 (5), 40–46 [in Russian].
- Kucheriavyi, V. P. (2008). *Landscaping of populated cities*. Lviv: Svit [in Ukrainian].
- Kurbatov, V. Ya. (2008). General history of landscape art. Gardens and parks of the world. Moscow: Eksmo [in Russian].
- Levshyn, V. A. (1805–1808). *Complete Gardening*. Moscow: University Typography, Lovey, Gary and Popov [in Russian].
- Loongwood Gardens Theater. (2021). Available at <https://tclf.org/landscapes/loongwood-gardens-theater>.
- Losieva, N. V. (Eds.). (1990). Design of theaters. Moskva: Stroizdat [in Russian].
- Majdecki, L. (2010). *The history of gardens from antiquity to baroque* (T. 1). Warsaw: Polish Scientific Publishers PWN.
- Masson, G. (2011). *Italian Gardens*. Italy: Garden Art Press.
- Mechanical Theatr. (2021). Available at <https://www.hellbrunn.at/en/trick-fountains#c328>.
- Meck, G. N. (1973). *As I remember them*. London: Dobson.
- National Center for Textual and Lexical Theater Resources. (2012). Available at <https://www.cnrtl.fr/definition/théâtre>.
- Peruz de Monclo, J. M. (2006). *Versailles*. Moscow: SLOVO [in Russian].
- Pluzhnikov, V. I. (1995). *Terms of Russian Architectural Heritage: Dictionary-Glossary*. Moscow: Iskusstvo [in Russian].
- Proskuriakov, V. I., & Humeniuk, I. V. (2013). Coverage of the relevance of the formation and development of a modern architectural typology of "open-air theaters" and, in particular, "landscape theaters". *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic"*, 757, 155–161 [in Ukrainian].
- Proskuriakov, V. I., & Humeniuk, I. V. (2014). Preliminary proposal of the principles of architectural typology of open-air and "landscape" theaters. *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic"*, 793, 94–101 [in Ukrainian].
- Proskuriakov, V. I., & Humeniuk, I. V. (2018). Development of landscape theaters of Ukraine in the future. *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic"*, 895, 32–37 [in Ukrainian].
- Proskuriakov, V. I., & Sinkevych, O. V. (2013). Ideological and aesthetic features of theatrical architecture in the Volyn ethnocultural region of Ukraine. *Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic"*, 757, 162–167 [in Ukrainian].
- Rychkov, P. A. (2019). *Architect Yang Yakub Burgignon: creative heritage*. Rivne: U Farveteri Istyn [in Ukrainian].
- SBS N.2.2.-16: 2019 Cultural, spectacular and leisure facilities (2019). *News bulletin 7*. Available at <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-9> [in Ukrainian].
- Schloss Schonbrun. Theater. (2021). Available at <https://www.schoenbrunn.at/veranstaltungen/theater>.
- Semenova-Prozorovskaia, E. A. (1998). The historical characteristic of the formation of Neskuchny Garden. *Forest Bulletin*, 4, 51–61 [in Russian].
- Shirchov, E. V. (2018). Urban amphitheater in the public space of modern Russian cities. *Privolzhsky journal*, 1, 131–139 [in Russian].
- State Museum-reserve Pavlovsk. The park. (2021). Available at <http://www.pavlovskmuseum.ru/about/park/> [in Russian].
- Terms and concepts used in landscape architecture. (2021). Available at <https://olymp.in/news/terminy-i-ponyatiya-ispolzuemye-v-landshaftnoj-arxitekture/699> [in Russian].
- The Stone Theater Hellbrunn. Available at <https://www.hellbrunn.at/en/park#c424>.
- The theaters of greenery. A plant 'transcription' of the architecture of modern theater (2021). Available at <https://www.gardenrouteitalia.it/arte/i-teatri-di-verzura/>.
- Theater design. *Reference manual for building regulations 2.08.02-89*. (1990). Moscow: Stroyizdat [in Russian].
- Theater of greenery. (2021). Available at https://it.wikipedia.org/wiki/Teatro_di_verzura.
- Tymofiienko, V. I. (2002). *Architecture and Monumental art: terms and concepts of contemporary art*. Kyiv: Publishing House of Modern Art Research Institute [in Ukrainian].
- Verhunov, A. P., & Horokhov, V. A. (1987). *Russian gardens and parks*. Moscow: Nauka [in Russian].

- Verhunov, A. P., & Horokhov, V. A. (2007). *Gardening art of Russia from the origins to the beginning of the twentieth century*. Moscow: Belyiy gorod [in Russian].
- Villa di Geggiano. (2021). Available at <http://www.travelingintuscany.com/gardens/geg-giano.htm>.
- Villa Garzoni. (2021). Available at https://www.gardenrouteitalia.it/gr_offers/storico-giardino-garzoni/.
- Villa Reale di Marlia. (2021). Available at https://www.gardenrouteitalia.it/gr_offers/villa-reale-di-marlia/.
- Waugh, F. A. (1917). *Outdoor Theaters: The Design, Construction and Use of Open-air Auditoriums*. Boston, USA: The Gorham Press.
- Yakovlieva-Nosar, S. O. (2009). *Landscape architecture: A dictionary-reference for independent work*. Zaporizhzhia: ZNU [in Ukrainian].
-

Dzyba A. A.
**THEATER AND AMPHITHEATER AS STRUCTURAL ELEMENTS OF PARKS,
GARDENS, GARDEN AND PARK ENSEMBLES OF THE 17th-20th CENTURIES**

Theater as a place for spectacles is a form of social consciousness, a means of ideological and aesthetic education of the population. Theater reflects the peculiarities of the development of society and is related to its culture. The desire in different periods to harmoniously combine nature and culture, green theaters, and other green scenes has always reflected the tastes and fashions of a certain era. The history of the development of garden theaters in the European countries, including Ukraine, is considered. The types of theaters on the territory of historical gardens, parks, estates, palace and park complexes, and garden and park ensembles of Europe and North America of the XVII-XX centuries are studied. The history and evolution of the development of the main types of theater buildings are characterized and their differences are given. The preconditions for the emergence and popularization of open-air theaters have been clarified. The terms - garden, green, air, summer theaters - are analyzed and generalized. Based on the research, the classification and definition of a garden theater (amphitheater) are proposed. Garden theaters are types and varieties of theaters (forest, landscape, green, air, water, summer, stone, mechanical, palace) and amphitheaters (stone, lawn), located on the territory of gardens, parks, garden and park ensembles. They can be open-air (temporary), closed (permanent), combined (cooperation of temporary and permanent theaters). On the territory of gardens, parks, garden and park ensembles, several types or varieties of theaters or a theater and an amphitheater can be located, the amphitheater can be part of a theater. A comparative analysis of green, water theaters and other theaters is given. The characteristic features of the location of theaters in the planning structure of the studied objects, including elements of topiary art and an assortment of plants for green, water, air, and summer theaters, are revealed.

Keywords: water, green, garden, open-air, summer, air, theater.

Отримано: 2021-05-27

ОРГАНІЧНИЙ ВУГЛЕЦЬ У РОСЛИННІЙ БІОМАСІ ЛІСІВ КИЇВЩИНИ

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

І. П. ЛАКИДА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-1565-8329>, e-mail: ivan.lakyda@nubip.edu.ua

О. М. МЕЛЬНИК, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-3967-4710>, e-mail: oleksandr_melnyk22@ukr.net

М. О. ЛАКИДА, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0001-9973-9849>, e-mail: maryna.lakyda@nubip.edu.ua

Ю. П. РИМАРЕНКО, аспірант*
<https://orcid.org/0000-0002-3760-9659>, e-mail: r_yura_88@ukr.net
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Вуглецедепонувальна здатність лісових фітоценозів слугує одним із базових критеріїв потенційних можливостей забезпечення низьковуглецевого розвитку країни та виконання міжнародних зобов'язань у контексті Паризької кліматичної угоди. Інформаційною базою дослідження слугувала інформація з бази даних ВО «Укрдержліспроєкт», що містить повидільну таксаційну характеристику деревостанів Київщини, а також система математичних моделей для кількісного оцінювання фітомаси й мормаси лісів.

У результаті встановлено кількісні значення обсягів органічного вуглецю у фітомасі та мортмасі лісів Київської області та м. Києва. Загальний обсяг вуглецю, акумульований у рослинній біомасі лісів регіону, становить 61,8 млн т, з яких 60 % припадає на соснові деревостани. Частка вуглецю, накопиченого у мортмасі лісів Київщини, складає 10,5 %. Найвищою щільністю депонованого вуглецю на одиниці площі характеризуються ясеневі та дубові насадження з показниками 10,08 і 9,921 кг·(м²)⁻¹ відповідно. Понад 40 % органічного вуглецю акумульовано у рослинній біомасі деревостанів I класу бонітету, які переважно ростуть у порівняно бідних лісорослинних умовах (суборах). Рекреаційно-оздоровчі та захисні ліси регіону мають найвищі показники щільності органічного вуглецю на одиниці площі – 10,53 та 10,49 кг·(м²)⁻¹ відповідно. Серед об'єктів природно-заповідного фонду домінують позиції за обсягами досліджуваного показника належать заказникам – 82,7 %, ще близько 8 % припадає на національні природні парки. У загальній структурі вуглецемісткості мормаси (6,5 млн т) понад 60 % становить лісова підстилка. Водночас вуглецемісткість мормаси насаджень хвойних деревних видів складає 4,1 млн т, або 62,9 %.

Одержані в процесі дослідження результати слугуватимуть інформаційною основою для формування стратегії регіонального низьковуглецевого розвитку.

Ключові слова: біомаса, вуглець, депонування, екологічний моніторинг, мортмаса, насадження, фітомаса.

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

Актуальність. Одним із ключових критеріїв забезпечення національного низьковуглецевого розвитку (Strategy, 2018) та дотримання міжнародних зобов'язань у контексті Паризької кліматичної угоди (The Paris agreement, 2016) слугує вуглецедепонувальна здатність лісових фітоценозів. Нині ліси являють собою найефективніший резервуар для довготривалого акумулювання та утримування атмосферного вуглецю у процесі їхнього росту, а також у дерев'яних будівельних конструкціях та виробках із деревини зі значним терміном використання (Ince, Tayancli & Derogar, 2021; Sun et al., 2021).

Водночас фітомаса та мортмаса лісових насаджень є основою для формування запасів лісових горючих матеріалів, а відповідно й джерелом емісії вуглецю у результаті виникнення лісових пожеж (Soshenskyi et al., 2021). Саме тому управління вуглецевою місткістю лісів, як складова сталого лісового менеджменту, визначає ефективність ведення лісового господарства в умовах глобальних кліматичних змін (Shvidenko et al., 2014; Vasylyshyn, 2016).

Ліси досліджуваного регіону є ключовим природним об'єктом, який не тільки забезпечує екологічну рівновагу навколишнього середовища в умовах надмірного техногенного навантаження, а й слугує важливим джерелом сировини для розвитку регіональної економіки. У цьому контексті, кількісна оцінка вуглецевої місткості у компонентах рослинної біомаси стане важливим інформаційним чинником у процесі формування регіональних екологічних та лісогосподарських ініціатив.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження вуглецевих потоків у лісових екосистемах нині є об'єктом вивчення як вітчизняних, так

і іноземних дослідників. Зокрема, комплексну оцінку вуглецедепонувальної здатності лісових фітоценозів та впливу порушень у лісах Полісся України на їхній вуглецевий бюджет здійснили науковці кафедри таксації лісу та лісового менеджменту НУБіП України спільно з колегами з Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (Lakyda et al., 2018, 2019).

Оновлену оцінку вуглецевого бюджету лісів України було зроблено у 2019 р. на основі лісової карти України з роздільною здатністю 60 м, за якою ємність лісових екосистем України оцінено на рівні 90 млн т органічної речовини у рік, або 504 г вуглецю на 1 м² (Lesiv et al., 2019).

Беручи до уваги наслідки майбутніх кліматичних змін на території країн ЄС та їхній вплив на регіональний баланс емісії вуглецю, окремі науковці (Fady et al., 2020) вважають, що варто уникати створення лісів у місцях значної ймовірності пожеж і схильних до посухи територій, які нині значно розширюються всією Європою. Водночас, із метою пом'якшення наслідків природних порушень у лісових екосистемах науковці з Центральної Європи (Zimova et al., 2020) використали модель iLand для моделювання впливу обороту рубки на вразливість 16 тис. га лісового ландшафту, який пошкоджений вітровалами та уражений короїдом. У результаті дослідження встановлено чітку залежність між запасами вуглецю в лісі, показниками біорізноманіття та тривалістю обороту рубки. Зокрема, скорочення обороту рубки на 40 % дало змогу зменшити згадані порушення на 14 %.

Важлива роль також належить моніторинговим дослідженням для забезпечення ефективного управління вуглецедепонувальною здатністю лісових

1. Розподіл кількості та площі лісових ділянок Київщини за панівними лісотвірними видами

Вид деревних рослин	Кількісний показник		Вид деревних рослин	Кількісний показник	
	шт.	тис. га		шт.	тис. га
Береза повисла	24 078	68,97	Робінія псевдоакація	3708	10,15
Вільха клейка	13 002	36,04	Сосна звичайна	122 494	384,65
Граб звичайний	2129	7,26	Ясен звичайний	1964	6,77
Дуб звичайний	24 788	82,64	Інші деревні види	11 797	19,11
Разом				203 960	615,59

насаджень. Прикладом таких розробок можуть слугувати наукові праці румунських (Dumitrascu et al., 2020) та іспанських (Gomez-Garcia, 2020) дослідників, які вдало поєднують польові дослідні дані з даними лісового кадастру для встановлення прогностичних оцінок щорічних обсягів депонованого вуглецю у лісових екосистемах.

Наявність значної кількості наукових праць у межах цього напрямку досліджень свідчить про важливість та актуальність подальшого вивчення процесів поглинання та емісії вуглецю у лісових екосистемах.

Мета дослідження – здійснити оцінювання обсягів органічного вуглецю у компонентах фітомаси та мортмаси лісів Київської області та м. Києва.

Матеріали і методика дослідження. Інформаційною основою дослідження слугувала інформація з бази даних ВО «Укрдержліспроєкт», сформована за даними поточного обліку лісів України, що містить повидільну таксаційну характеристику насаджень (понад 200 тис. лісових ділянок) досліджуваного регіону (табл. 1).

Методика оцінювання обсягів органічного вуглецю у компонентах рослинної біомаси базується на подільному оцінюванні запасів фітомаси й мортмаси з використанням системи математичних моделей (Bilous, 2018; Schepaschenko et al., 2017; Shvidenko et al., 2014) та наступним оцінюванням депонованого вуглецю за кількісними

параметрами його вмісту у абсолютно сухій органічній речовині компонентів біомаси насаджень головних лісотвірних видів регіону (Lakyda et al., 2018). Для інших деревних видів згадані показники депонованого вуглецю встановлено на основі середньозважених значень цих видів.

Результати дослідження та їх обговорення. Вуглецедепонувальна здатність лісових насаджень нині не тільки слугує мірилом впливу кліматичних змін на лісові екосистеми, а й визначає можливості позитивного впливу лісів на концентрацію парникових газів у атмосфері Землі.

У процесі виконання дослідження встановлено, що оцінка загальних обсягів вуглецю, депонованого у рослинній біомасі лісів Київської області (123,1 млн т абсолютно сухої речовини, зокрема 111,0 – фітомаса; 13,1 – мортмаса), становить 61,8 млн т, у тому числі у фітомасі – 55,3 млн т (табл. 2). Загалом понад 65 % депонованого вуглецю акумульовано у рослинній біомасі хвойних насаджень регіону. На твердолистяні насадження припадає близько 20 %, ще майже 14 % зосереджено у фітомасі та мортмасі м'яколистяних деревостанів.

Частка мортмаси у загальній структурі акумульованого органічного вуглецю у рослинній біомасі лісів Київщини становить 10,5 %.

У загальній структурі органічного вуглецю лісів досліджуваного регіону

2. Загальний вміст вуглецю у рослинній біомасі лісів Київської області

Група порід	Депонований вуглець у рослинній біомасі, тис. т	
	фітомаси	мортмаси
Хвойні	36 592,6	4097,0
Твердолистяні	10 974,0	1527,7
М'яколистяні	7688,8	872,4
Інші деревні види	28,5	9,5
Разом	55 284,0	6506,6

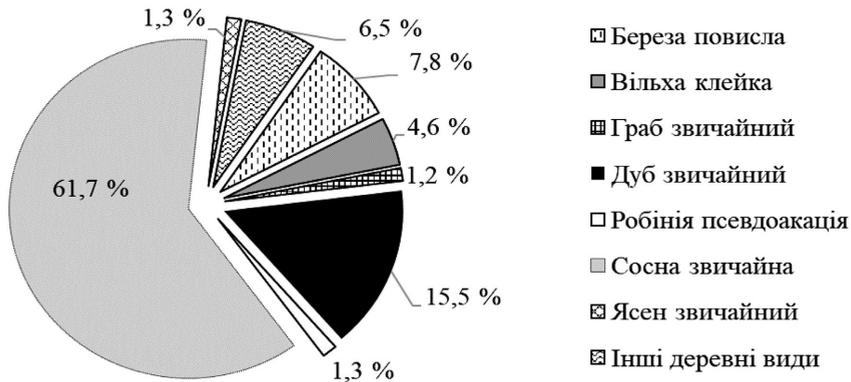


Рис. 1. Структура запасів органічного вуглецю у рослинній біомасі лісів Київщини

домінантні позиції займають соснові деревостани, в яких акумульовано понад 60 % (38,1 млн т) його обсягів. Наступні позиції належать дубовим і березовим деревостанам із показником 15,5 % і 7,8 % відповідно. Частка вільхових насаджень становить близько 4,5 %, тоді як частка грабових, осоквих та ясеневих деревостанів дещо перевищує 1 % (рис. 1).

Встановлено, що найвищою щільністю депонованого вуглецю на одиниці площі характеризуються ясеневі та дубові насадження (табл. 3). Кількісні значення показника щільності вуглецю у фітомасі для цих насаджень досягають $10,08$ і $9,921 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ відповідно. Загалом згаданий показник у межах насаджень панівних лісотвірних видів змінюється від $6,52 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ для вільхових насаджень до $10,08 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ для ясеневих. Середні значення показника щільності депонованого у фітомасі вуглецю у межах насаджень до-

сліджуваного регіону перебуває на рівні $8,82 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Для мортмаси згаданий показник значно нижчий і становить близько $1,1 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$, тоді як доміантні позиції за щільністю вуглецю, акумульованого у мортмасі, належать дубовим та ясеневим деревостанам. Одержані у процесі повидільної оцінки показники щільності депонованого вуглецю у рослинній біомасі лісів регіону майже на 8 % вищі порівняно зі значеннями, одержаними дослідниками на основі зведених даних поточного обліку лісів (Shvidenko et al., 2014). Водночас за абсолютними значеннями обсягів органічного вуглецю у рослинній біомасі лісів Київщини згадане відхилення не перевищує 7 %.

У регіоні дослідження понад 40 % органічного вуглецю акумульовано у рослинній біомасі деревостанів I класу бонітету (табл. 4). Майже 30 % – у деревостанах II класу бонітету, а четверта частина припадає на високопродук-

3. Видова диференціація щільності депонованого вуглецю у рослинній біомасі лісів Київської області

Панівний деревний вид у насадженні	Щільність депонованого вуглецю, кг·(м ²) ⁻¹	
	фітомаси	мортмаси
Береза повисла	6,65	0,55
Вільха клейка	6,52	0,96
Гراب звичайний	8,51	1,05
Дуб звичайний	9,92	1,42
Робінія псевдоакація	6,54	0,54
Сосна звичайна	9,36	1,07
Ясен звичайний	10,08	1,40
Середнє у межах регіону	8,82	1,06

4. Розподіл запасів вуглецю в рослинній біомасі лісів Київської області у межах класів бонітету

Клас бонітету	Депонований вуглець у рослинній біомасі, тис. т	
	фітомаси	мортмаси
I ^a і вище	13 324,8	1548,1
I	23 378,6	2637,0
II	15 062,5	1786,7
III	2914,7	413,4
IV	425,3	81,6
V і нижче	178,0	39,7
Разом	55 284,0	6506,6

тивні насадження I^a і вище класів бонітету. Такий розподіл цілком закономірно зумовлений регіональною бонітетною та віковою структурою деревостанів у межах вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Київської області.

Водночас, аналізуючи розподіл органічного вуглецю у межах категорій лісів, що представлено у табл. 5, варто звернути увагу на домінування рекре-

аційно-оздоровчих лісів – понад 50 % обсягу депонованого вуглецю. Частка експлуатаційних лісів не перевищує 25 %. Щодо щільності органічного вуглецю на одиниці площі, то найвищі значення у регіоні характерні для рекреаційно-оздоровчих та захисних лісів – 10,53 і 10,49 кг·(м²)⁻¹ відповідно.

Важлива роль у процесі формування вуглецедепонуальної ємності лісів того чи того регіону належить також

5. Розподіл запасів вуглецю в рослинній біомасі лісів Київщини у межах категорій лісів

Категорія лісів залежно від виконуваних ними функцій	Депонований вуглець у рослинній біомасі, тис. т	
	фітомаси	мортмаси
Ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення	6470,2	731,3
Рекреаційно-оздоровчі ліси	27 850,0	3137,2
Захисні ліси	7244,7	946,1
Експлуатаційні ліси	13 719,1	1692,0
Разом	55 284,0	6506,6



Рис. 2. Структура запасів органічного вуглецю в рослинній біомасі лісів у межах об'єктів природно-заповідного фонду Київщини

об'єктам природно-заповідного фонду (ПЗФ). У регіоні дослідження частка органічного вуглецю у фітомасі та мортмасі лісів у межах згаданих об'єктів становить майже 9 %, або 5,5 млн т. Серед об'єктів ПЗФ домінуючі позиції за обсягами досліджуваного показника належать заказникам – 82,7 %, ще близько 8 % припадає на національні природні парки (рис. 2).

Інтенсивність вуглецедепонуальної здатності лісових насаджень значно залежить від типів лісорослинних умов, у яких вони ростуть. У процесі дослідження встановлено, що найвищі значення щільності органічного вуглецю у фітомасі характерні для насаджень у свіжих сугрудах (C_2) та вологих грудях (D_3), де її значення становлять понад $10 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$. Водночас мінімальні значення цього показника притаманні

дуже сухим і мокрим борам – $3,22$ і $3,32 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ відповідно.

Загалом у борах Київщини акумульовано близько 10 % органічного вуглецю рослинної біомаси (табл. 6). Водночас близько 50 % його запасів зосереджено в біомасі насаджень у суборах, де домінують деревостани сосни звичайної.

Щодо щільності депонованого вуглецю, то тут найвищі значення характерні для деревостанів у грудях (D) та сугрудах (C) – понад $9,84$ та $9,27 \text{ кг} \cdot (\text{м}^2)^{-1}$ відповідно.

У компонентній структурі депонованого у фітомасі лісів Київської області вуглецю домінують стовбури дерев, частка яких складає 71,4 % (табл. 6). Цей компонент деревної біомаси нині є найважливішим із позиції забезпечення довготривалого акумулю-

6. Розподіл запасів вуглецю в рослинній біомасі лісів Київщини у межах трофотопів

Трофотоп	Депонований вуглець у рослинній біомасі, тис. т	
	фітомаси	мортмаси
Бори (A)	5975,4	700,1
Субори (B)	25650,8	2842,5
Сугруди (C)	17933,0	2207,1
Груди (D)	5724,8	757,0
Разом	55284,0	6506,6

7. Розподіл запасів вуглецю у фітомасі лісів Київської області за компонентами

Група порід, деревний вид	Депонований вуглець у фітомасі, тис. т						
	деревина та кора стовбурів	деревина та кора гілок	хвоя (листя)	корені	підріст, підлісок	живий надгрунтовий покрив	разом
Хвойні	27 106,8	2307,4	524,0	5812,2	241,8	600,4	36 592,6
у тому числі сосна звичайна	25 391,5	2149,3	486,1	5461,8	228,5	567,9	34 285,1
Твердолистяні	7437,6	1493,7	156,9	1581,0	130,9	173,9	10 974,0
у тому числі дуб звичайний	5812,4	1144,5	106,6	1176,1	106,7	134,1	8480,5
М'яколистяні	4899,6	877,6	232,6	1439,3	81,6	158,1	7688,8
у тому числі береза повисла	2774,3	605,0	168,2	786,3	43,5	89,6	4466,9
вільха клейка	1681,7	179,6	33,0	488,0	30,3	52,1	2464,8
Інші деревні види	17,1	3,3	0,4	6,0	0,5	1,1	28,5
Усього	39 461,1	4682,0	914,0	8838,5	454,8	933,6	55 284,0

вання й утримання атмосферного вуглецю.

У фітомасі гілок зосереджено 8,5 % органічного вуглецю, ще понад 15 % – у фітомасі коренів.

Досить вагомим депо вуглецю у межах лісових екосистем слугують також такі компоненти мормаси лісів регіону, як сухостій, деревна ламань і лісова підстилка.

Загалом у мортмасі лісів Київщини акумульовано понад 6,5 млн т органіч-

ного вуглецю, з яких 64,3 % – у лісовій підстилці (табл. 8). Водночас варто зазначити, що мортмаса є також значним джерелом емісії вуглецю, особливо під час лісових пожеж, а також у процесі її біодеструкції.

У загальній вуглецевій структурі мормаси лісів регіону важливе місце належить сухим гілкам – 1,3 млн т, або близько 19 %, однак згаданий компонент мортмаси схильний до найшвидшої біодеструкції за певних умов.

8. Розподіл запасів вуглецю у мортмасі лісів Київської області за компонентами

Група порід, деревний вид	Депонований вуглець у мортмасі, тис. т				
	сухостій	деревна ламань	сухі гілки	лісова підстилка	разом
Хвойні	400,6	123,5	939,8	2633,1	4097,0
у тому числі сосна звичайна	373,7	115,2	878,2	2458,3	3825,4
Твердолистяні	131,0	62,6	230,0	1104,2	1527,7
у тому числі дуб звичайний	96,3	46,0	169,0	810,7	1122,0
М'яколистяні	185,4	156,1	87,7	443,2	872,4
у тому числі береза повисла	78,1	70,5	24,1	198,1	370,9
осика	75,5	74,8	44,7	157,8	352,7
Інші деревні види	0,8	0,4	1,4	6,9	9,5
Усього	717,9	342,6	1258,9	4187,3	6506,6

У регіоні дослідження вуглецемісткість мормаси насаджень хвойних деревних видів становить 4,1 млн т, або 62,9 %, водночас частка компонентів мормаси досліджуваних деревостанів, які потенційно тривалий час можуть утримувати органічний вуглець (сухостій, лісова підстилка) сягає близько 75 % загальної мормаси хвойних насаджень. Для твердолистяних та м'яколистяних насаджень таке співвідношення становить 80,0 % і 72 % відповідно.

Висновки і перспективи. За результатами проведених досліджень встановлено, що загальний обсяг органічного вуглецю, депонованого у рослинній біомасі лісів Київської області, становить 61,8 млн т, зокрема 55,3 млн т – у фітомасі. Частка мормаси у загальній структурі акумульованого органічного вуглецю у рослинній біомасі лісів Київщини складає 10,5 %.

У структурі обсягів органічного вуглецю, депонованого у рослинній

біомасі регіону, домінують соснові деревостани, в яких акумульовано понад 60 % загального запасу. У компонентній структурі переважають стовбури дерев, частка яких складає 71,4 %. У загальній структурі вуглецемісткості мормаси (6,5 млн т) понад 60 % належить лісовій підстилці. Водночас вуглецемісткість мормаси насаджень хвойних деревних видів становить 4,1 млн т, або 62,9 %.

У межах категорій лісів домінують рекреаційно-оздоровчі ліси, на які припадає понад 50 % обсягу депонованого вуглецю. Частка експлуатаційних лісів не перевищує 25 %. Рекреаційно-оздоровчі та захисні ліси характеризуються також найвищими показниками щільності органічного вуглецю на одиниці площі – 10,53 і 10,49 кг·(м²)⁻¹ відповідно.

Одержані в процесі дослідження результати слугуватимуть інформаційною основою для формування стратегії регіонального низьковуглецевого розвитку.

Список літератури

- Bilous, A. M. (2018). *Woody detritus in forests of Ukrainian Polissya*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Dumitrascu, M., Kucsicsa, G., Dumitrica, C., Popovici, E. A., Vranceanu, A., Mitrica, B., & Serban P. R. (2020). Estimation of Future Changes in Aboveground Forest Carbon Stock in Romania. A Prediction Based on Forest-Cover Pattern Scenario. *Forests*, 11 (9). <https://doi.org/10.3390/f11090914>
- Fady, B., Davi, H., Martin-StPaul, N., & Ruffault, J. (2020). Caution needed with the EU forest plantation strategy for offsetting carbon emissions. *New Forests*, 2. <https://doi.org/10.1007/s11056-020-09830-1>
- Ince, C., Tayancli, S., & Derogar, S. (2021). Recycling waste wood in cement mortars towards the regeneration of sustainable environment. *Construction and Building Materials*, 299. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123891>
- Gomez-Garcia, E. (2020). Estimating the changes in tree carbon stocks in Galician forests (NW Spain) between 1972 and 2009. *Forest Ecology and Management*, 467. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118157>
- Lakyda, P., Bilous, A., Shvidenko, A., Myroniuk, V., Matsala, M., Vasylyshyn, R., Holiaka, D., & Lakyda, I. (2018). *Ecosystem services of Ukrainian forests: a case study for the Polissya region*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Lakyda, P., Shvidenko, A., Bilous, A., Myroniuk, V., Matsala, M., Zibtsev, S., ... Kraxner, F. (2019). Impact of disturbances on the carbon cycle of forest ecosystems in Ukrainian Polissya. *Forests*, 10 (4), 24. <https://doi.org/10.3390/f10040337>
- Lesiv, M., Shvidenko, A., Schepaschenko, D., See, L., & Fritz, S. (2019). A spatial assessment of the forest carbon budget for Ukraine. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 24 (6), 985–1006. <https://doi.org/10.1007/s11027-018-9795-y>
- Myroniuk, V., Bilous, A., Khan, Y., Terentiev, A., Kravets, P., Kovalevskyi, S., & See, L. (2020). Tracking rates of forest disturbance and associated carbon loss in areas of illegal amber mining in Ukraine using landsat

- time series. *Remote Sensing*, 12 (14), 21. <https://doi.org/10.3390/rs12142235>
- The Paris agreement. (2016). *Official bulletin of Ukraine*, 61. Available at https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text [in Ukrainian].
- Schepaschenko, D. et al. (2017). Biomass plot data base. *Pangaea*. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.871465>
- Soshenskyi, O., Zibtsev, S., Gumeniuk, V., Gollammer, J. G., Vasylyshyn, R., & Blyshchuk, V. (2021). The current landscape fire management in Ukraine and strategy for its improvement. *Environmental & Socio-Economic Studies*, 9 (2), 39–51. <https://doi.org/10.2478/enviro-2021-0009>
- Strategy of low-carbon development of Ukraine until 2050*. (2018). Kyiv [in Ukrainian].
- Shvidenko, A. Z., Lakyda, P. I., Schepaschenko, D. G., Vasylyshyn, R. D., & Marchuk, Yu. M. (2014). *Carbon, climate and land-use in Ukraine: forest sector*. Kor-sun-Shevchenkivsky: FOP V. M. Gavryshenko [in Ukrainian].
- Sun, H., Ji, T., Bi, H. J., Xu, M., Cai, L. P., & Manzo, M. (2021). Synergistic effect of carbon nanotubes and wood-derived carbon scaffold on natural rubber-based high-performance thermally conductive composites. *Composites Science and Technology*, 213. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108963>
- Vasylyshyn, R. D. (2016). *Forests of Ukrainian Carpathians – features of growth, biological and energy productivity*. Kyiv: LLC “KOM-PRINT” [in Ukrainian].
- Zimova, S., Dobor, L., Hlasny, T., Rammer, W., & Seidl, R. (2020). Reducing rotation age to address increasing disturbances in Central Europe: Potential and limitations. *Forest Ecology and Management*, 475. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118408>

Vasylyshyn R. D., Lakyda I. P., Melnyk O. M., Lakyda M. O., Rymarenko Yu. P. ORGANIC CARBON IN VEGETAL BIOMASS OF FORESTS IN KYIV REGION

Carbon sequestrative capacity of forest plant communities is one of the main criteria for the potential for low-carbon development of the country and the fulfillment of international obligations in the context of the Paris climate agreement.

The information basis of the research is formed by information from the database of IA “Ukrderzhlisproekt”, which contains the detailed biometric characteristics of forest stands located in the research region. Another component is represented by a system of mathematical models for quantitative assessment of live biomass and forest dead organic matter.

As a result, in this research we have determined the quantitative values of organic carbon content in live biomass and dead organic matter of forests of Kyiv region. In total, the amount of carbon accumulated in vegetal biomass of the region’s forests equals 61.8 million tons, of which 60 % is accounted for by pine stands. The share of carbon accumulated in dead organic matter is 10.5 %. The highest density of sequestered carbon per unit area is typical for ash and oak stands with indicators of 10.08 and 9.921 kg·(m²)⁻¹, respectively. More than 40 % of organic carbon is accumulated in vegetal biomass of stands of I site index class, which mainly grow in relatively poor forest conditions. Recreational, health-improving and protective forests of the region are characterized by the highest indicators of organic carbon density per unit area – 10.53 and 10.49 kg·(m²)⁻¹, respectively. Among the objects of the nature reserve fund, the dominant positions in the volume of the studied indicator belong to nature reserves – 82.7 %, national nature parks account for another 8 %. In the total structure of carbon capacity of dead organic matter (6.5 million tons) more than 60% belongs to forest litter. At the same time, carbon content in dead organic matter of coniferous stands equals 4.1 million tons, or 62.9 %.

The results of the research will serve as an information basis for the formation of a strategy for regional low-carbon development.

Keywords: biomass, carbon, sequestration, environmental monitoring, dead organic matter, stand, live biomass.

Отримано: 2021-08-17

СТРУКТУРА ТА МОРФОГЕНЕЗ ПАГОНІВ ВИДІВ РОДУ *VIBURNUM* L. У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О. О. ДЕМЧЕНКО, кандидат біологічних наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-5570-4967>, e-mail: demchenkoo@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Було проведено дослідження особливостей росту та будови пагонів видів роду *Viburnum* L. Визначення особливостей будови пагонів видів роду *Viburnum* є актуальним, оскільки існують суттєві відмінності структури та динаміки росту в межах роду. Дослідження динаміки росту пагонів проводили за методикою А. А. Молчанова і В. В. Смірнова (1967). Досліджувані види належать до трьох секцій роду *Viburnum* L. У видів кожної з секцій особливості структури бруньок багато в чому визначають структуру пагонів. Установлено, що видам кожної з трьох секцій роду властива особлива будова пагонів. Було вивчено ритми росту та розвитку рослин аборигенних та інтродукованих видів роду *Viburnum*.

Проаналізовано терміни росту пагонів видів роду *Viburnum*, а також визначено доєжину річного приросту пагонів. Установлено фенодату початку і закінчення росту пагонів. Виявлено, що настання окремих фенофаз доволі чітко співвідноситься з сумою ефективних температур вище ніж +5 °С. Для видів роду *Viburnum* характерні такі типи пагонів: куциння, стеблові, генеративні. Інтенсивний приріст пагонів усіх досліджуваних видів припадає на травень – середину червня. У видів секції *Lantana* спостерігається два піки росту пагонів – травень і середина липня. За тривалістю росту пагонів каліни можна розділити на дві групи: 1) з нетривалим періодом росту (65–75 днів): *V. opulus* L., *V. sargentii* Koehne, *V. prunifolium* L., *V. rufidulum* Raf., *V. lentago* L.; 2) з тривалим періодом росту (100 й більше днів): *V. lantana* L., *V. carlesii* Hemsl., *V. veitchii* C.H. Wright, *V. rhytidophyllum* Hemsl., *V. buddleifolium* C.H. Wright, *V. burejaeticum* Rgl. et Herd.

Отримані дані свідчать, що найбільший річний приріст пагонів усіх видів *Viburnum* отримано у віці 4–7 років. Зниження річного приросту осьових пагонів сигналізує про необхідність робіт із попереднього омолодження рослини.

Ключові слова: пагони, річний приріст, фенофаза, фенодата, *Viburnum*.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Ріст рослин інтродукованих видів, здатність давати щорічний приріст є одним із показників успішності інтродукції виду.

Чагарники відрізняються від дерев тим, що мають не одну, а декілька ске-

летних осей (стебел), пов'язаних між собою в основі куща або в підземній його частині. Вік окремих стебел порівняно невеликий, однак загальний вік усієї особини може бути доволі значним, життя її продовжується за рахунок нових осей, які нарастають із

надземних та підземних бруньок поновлення, змінюючи старі, що відмирають (Mazurenko & Hohryakov, 1977). Стебло багаторічних рослин, і чагарників також, складається з окремих чітких структурних елементів, які називають річними пагонами (метамерами). Річні пагони куща – це молоді центральні або бокові осі стебла, що розвинулись протягом одного вегетаційного періоду з бруньок, що розташовані на стеблах, кореневищах або коренях. Суміжні річні пагони (прирости) відокремлені один від одного рубцями, що залишилися від брунькових лусок, і вкороченими міжвузлями. Отже, стебло чагарника складається з низки поколінь пагонів, які щорічно утворюються, і характеризується особливим, характерним для цього виду типом наростання і галузнення.

Дослідження фази росту і розвитку пагонів інтродуцентів має особливе значення, адже від того, як довго вони ростуть і розвиваються, залежить ступінь їх здерев'яніння, а отже і морозостійкість та зимостійкість рослин. Одночасно з вивченням тривалості росту пагонів досліджували і динаміку їх росту, що також важливо для визначення зимостійкості рослин, адже відомо, що зимостійкими можуть бути не лише ті пагони, які рано завершують ріст і розвиток, а й ті, що ростуть довго, але досить повільно.

Визначення особливостей структури та динаміки росту пагонів є надзвичайно актуальним для видів роду *Viburnum*, оскільки в різних видів існують суттєві відмінності структури та динаміки. Динаміка (тривалість) росту і розвитку пагонів рослин певного виду безпосередньо пов'язана з річним (фенологічним) циклом розвитку рослин певного виду. Інформацію щодо фенології видів роду *Viburnum* подано у роботі (Demchenko, 2017).

Пагони рослин видів роду як складова частина крони рослин безпосередньо впливають на декоративність рослин (Demchenko, 2016). Особливості росту пагонів різних видів деревних рослин на прикладі роду калина в умовах США розглянуто у праці (Donoghue, 1981). Дослідження реакції низки видів лісових чагарників, зокрема і калини шоломоподібної (*Viburnum cassinoides* L.), на згинання стебла наведено в роботі (Wilson, 1997). За даними автора, утворення епікормальних пагонів є основною реакцією досліджених видів *Cornus atomum* Mill., *V. cassinoides* та *Gaylussacia baccata* (Wang.) K. Koch на згинання. Інформацію щодо будови пагонів і формування структури крон калини гордовини та калини звичайної зібрано в роботі (Kollmann & Grubb, 2002).

Мета дослідження – порівняльний аналіз особливостей структури та динаміки росту і розвитку пагонів рослин видів роду *Viburnum* у зв'язку з їх фенологічним розвитком в умовах Правобережного Лісостепу України та їхньої узгодженості з природно-кліматичними умовами цього регіону.

Матеріали і методи дослідження. Було застосовано біоекологічні, біоморфологічні, біометричні, статистичні методи досліджень.

Об'єктами наших досліджень були рослини роду *Viburnum* колекційних фондів Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (НБС НАНУ) та Ботанічного саду імені акад. О. В. Фоміна Київського національного університету імені Тараса Шевченка (БСКНУ).

Стаціонарні дослідження за 11 видами та 5 культиварами інтродукованих та аборигенних видів *Viburnum* проведено у 2009–2013 рр. у Києві на території НБС НАНУ та БСКНУ. Досліджувані види належать до 3 із 9 ви-

ділених у роді *Viburnum* секцій: *Lantana* Spach. (*V.lantana* L., *V.lantana* 'Aureum', *V.lantana* 'Variegatum', *V.carlesii* Hemsl., *V.rhytidophyllum* Hemsl., *V.burejaeticum* Rgl. et Herd., *V.veitchii* C. H. Wright., *V.buddleifolium* C. H. Wright), *Lentago* DC. (*V.lentago* L., *V.prunifolium* L., *V.rufidulum* Raf.), *Opulus* DC. (*Viburnum opulus* L., *V.opulus* 'Roseum', *V.opulus* 'Nanum', *V.sargentii* Koehne, *V.sargentii* 'Flavum').

Динаміку сезонного приросту пагонів визначали за методикою А. А. Молчанова, В. В. Смірнова (Molchanov & Smirnov, 1967). Фенологічні спостереження проводили за «Методикою фенологічних спостережень в ботаничних садах СССР» (1975). Феноспектри складали за методикою Н. Є. Булигіна (Bulyigin, 1985). Польові дані, виражені у вигляді звичайних календарних дат, було переведено в неперервний ряд чисел у вигляді числа днів від 1 березня за Г. М. Зайцевим (Zaytsev, 1981). Статистичне оброблення результатів досліджень проводили за методиками Г. М. Зайцева (Zaytsev, 1981, 1984).

Результати дослідження і їх обговорення. Для видів *Viburnum* характерні такі типи пагонів.

1. Пагони кушіння – вегетативні пагони, що утворюються найчастіше з нижньої або середньої частини крони і тривалий час затримуються на II етапі органогенезу. Характеризуються посиленним ростом (за 1–2 роки досягають довжини, що відповідає габітусу виду) і повільним розвитком (входять у генеративну фазу на 2–3 рік росту і розвитку). Ми встановили, що до 20 % кількості цих пагонів обмерзають або припиняють свій ріст і відмирають у перший рік.

2. Стеблові пагони – найчисельніші серед усіх типів пагонів, що розрізняють у кроні куща. Утворюються з біч-

них бруньок, розміщених біля основи черешків листків у середній та верхній частинах крони. Для них характерний повільніший ріст і швидкість переходу до генеративної фази.

3. Генеративні пагони – для них характерний повільний ріст і швидкий розвиток. Такі пагони припиняють ріст із початком квітання.

Пагони перших двох типів продовжують розвиток і після квітання. Темпи їх росту уповільнюються під час квітання, після його закінчення пагони активізують ростові процеси.

Комплекси умов, необхідні для проходження тієї чи тієї фази визначаються екологічними факторами, в яких формувалися види.

Внутрішній ритм росту і розвитку, зміна потреб рослин у різних комплексах умов зовнішнього середовища зумовлені спадковістю організмів і значною мірою є відображенням сезонних явищ.

Період від початку розкриття бруньок до початку листопаду або загибелі листків від осінніх морозів у літньозелених рослин можна орієнтовно прийняти за вегетаційний, у вічнозелених рослин – за припинення вегетації умовно можна прийняти перехід рослин у стан органічного спокою.

За структурою пагони калини хоч і відрізняються між собою, але мають і багато спільного. На межі між суміжними річними пагонами в них немає типових брунькових кілець, що складаються з рубців брунькових лусок, як у багатьох дерев і чагарників. Однак перше міжвузля річного пагона у всіх видів роду *Viburnum* зазвичай коротше, ніж наступні. Усі вузли на пагонах калини мають по два супротивні листки. У всіх видів суцвіття формуються на верхівках пагонів.

Простежується чітка залежність між особливостями будови пагонів ка-

лин та їх систематичним положенням. Види, які ми досліджували, належать до трьох секцій роду *Viburnum*, видам кожної секції властива особлива будова пагонів.

Серед досліджених рослин найбільше вирізняються особливостями своїх пагонів види секції *Opulus*: у них зазвичай відбувається відмирання та опадання верхівки, верхівкова брунька не утворюється. Замість неї на верхівці пагона розташовані дві пазушні бруньки верхнього вузла з невеликим рубцем від відмерлої верхівки між ними. Ці бруньки можуть бути як вегетативними, так і генеративними. В поодиноких випадках на особливо сильних пагонах верхівкова брунька утворюється, і тоді спостерігається моноподіальне наростання осі багаторічного пагона. Це відбувається частіше на інтенсивно ростучих пагонах кущиння або в молодих рослин. У стеблових пагонів спостерігається симподіальне галуження. У генеративних пагонів, які зазвичай відмирають після плодоношення, їх перший метамер залишається живим, пазушні бруньки на ньому розвиваються й дають нові пагони. У кроні видів секції *Opulus* на багаторічних осьових пагонах можна виявити сильно потовщені вузли, що складаються з перших метамерів відмерлих пагонів декількох порядків галуження. Межа між суміжними річними пагонами видів секції *Opulus* установлюється легко за короткими першими міжвузлями пагона.

Треба зазначити, що карликовий культивар калини звичайної (*Viburnum opulus* 'Nanum') вирізняється своєрідною формою росту і розвитку пагонів: вегетація рослини здійснюється за рахунок бічних пагонів, верхівкові пагони ростуть дуже повільно.

Набагато складніше встановити межу між річними пагонами видів сек-

ції *Lantana*. У неї немає спеціалізованих брунькових лусок, бруньки захищені зовнішніми зачатками листків, що вкриті густим опушенням, який утворює щільний шар, на зразок повсті. Під зовнішніми зачатками містяться ще одна–дві пари також щільно опушених зачатків листків. Навесні при розкритті бруньки зовнішні зачатки розгортаються та виростають у нормальні зелені листки, хоч і дещо меншого розміру порівняно з вище розташованими. Міжвузля під цією першою парою листків подовжується при розкритті бруньки та стає майже такої довжини, як і розташовані вище міжвузля. Після листопаду восени межу між суміжними річними пагонами майже неможливо встановити. На відміну від секції *Opulus*, пагони видів секції *Lantana* утворюють верхівкову бруньку. Тому більшість багаторічних осей нарастає моноподіально. Симподіальне наростання спостерігається лише у генеративних пагонів, верхівкова брунька яких утворює зачаток суцвіття.

У видів секції *Lentago* на всіх пагонах розвивається верхівкова брунька. Ззовні вона захищена парою лусок. У разі розкриття бруньок навесні ці луски розсуваються і їхні верхні частини розростаються, утворюючи маленькі зелені листкові пластинки. Ці перші листки пагона є перехідними формами від лусок до листків. Міжвузля під цими листками подовжується тільки під час розкриття бруньки. Тому воно не буде, як у видів секції *Lantana*, одночасно і останнім міжвузлям попереднього річного пагона. Це перше вкорочене міжвузля слугує межею, яка добре розрізняється, між суміжними річними пагонами.

У більшості досліджуваних видів роду калин стеблові пагони найчастіше складаються з трьох метамерів. Пагони

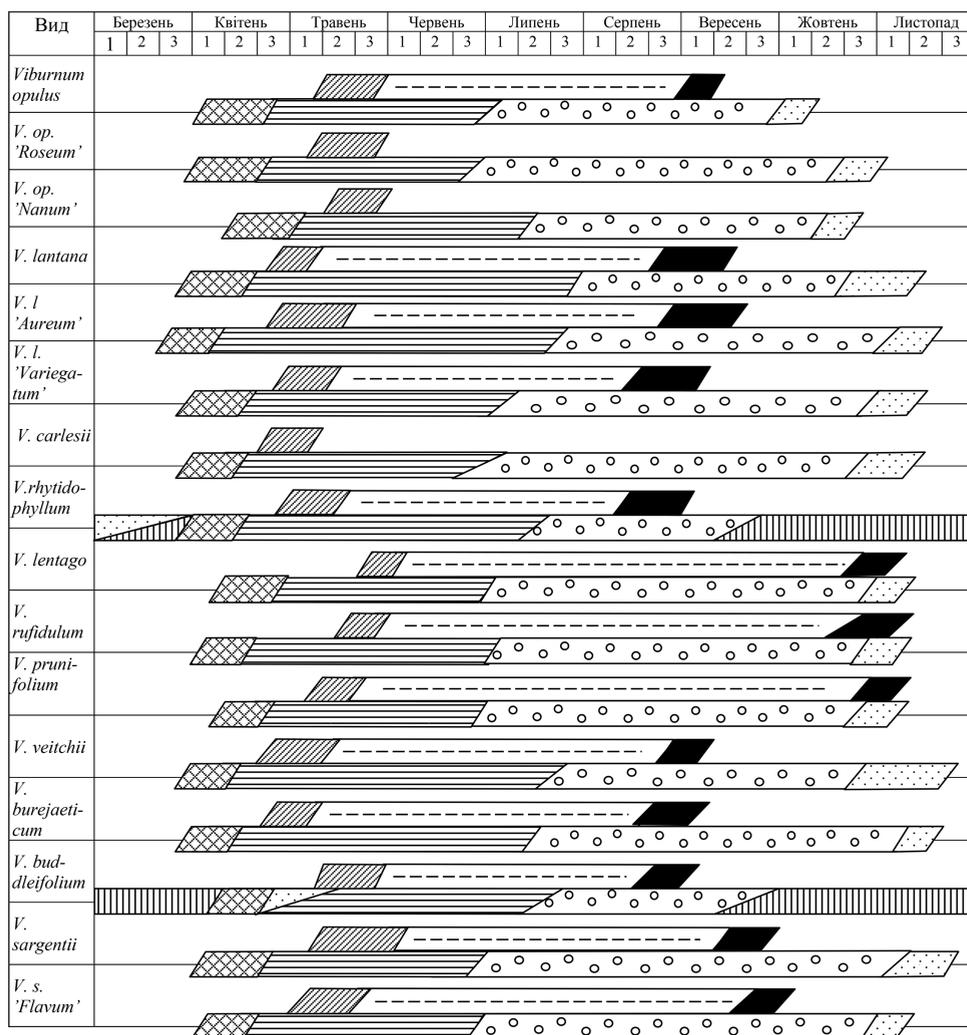


Рис. 1. Феноспектр сезонного розвитку видів *Viburnum* у Києві (НБС НАНУ, БСКНУ)

кущіння містять набагато більше метамерів. Приміром, у *V. opulus* їх може бути 7–8, у *V. lantana*, *V. lentago* – 8–9. Міжвузля на цих пагонах завжди набагато довші, ніж на стеблових пагонах.

Отже, порівняння структури пагонів різних видів калін показує, що у видів кожної з секцій особливості пагонів є взаємно зумовленими, що особливості структури бруньок багато в

чому визначають структуру пагонів, і все це пов'язано із зовнішніми умовами в областях природного поширення видів.

Інтенсивний приріст пагонів усіх досліджуваних видів припадає на травень – середину червня (рис. 1). У видів секції *Lantana* спостерігається два піки росту пагонів – травень та середина липня, що пов'язано з кліматичними умовами.

Встановлено, що об'єкти дослідження за тривалістю росту пагонів можна розподілити на дві групи (табл. 1):

- 1) із нетривалим періодом росту (65–75 днів) – *V.opulus*, *V.sargentii*, *V.prunifolium*, *V.rufidulum*, *V.lentago*;
- 2) із тривалим періодом росту (100 й більше днів) – *V.lantana*, *V.carlesii*, *V.veitchii*, *V.rhytidophyllum*, *V.buddleifolium*, *V.burejaeticum*.

Середній приріст за добу в період інтенсивного росту становить у *V.lantana* 10–16 мм, у інших калин – до 5 мм. Величина річного приросту ка-

лин коливається від 16,6 см до 64,7 см, лише у *V.opulus* '*Nanum*' він не перевищує 15 см, частіше 5–7 см.

Найбільша довжина річного приросту стеблових пагонів спостерігається у *V.opulus* (21,6 см), *V.lantana* (29,4 см), *V.burejaeticum* (27,8 см), *V.rufidulum* (19,7 см).

Найбільший річний приріст генеративних пагонів у *V.opulus* (15,3 см) та *V.sargentii* (13,9 см), найменший – у *V.lantana* '*Variegatum*' (2,4 см) та *V.lantana* '*Aureum*' (3,8 см). Виявлено залежність між термінами початку квітання та довжиною генеративних пагонів: чим раніше починається квітання, тим менша довжина генеративних пагонів і навпаки.

Отримані дані свідчать, що найбільший приріст усіх видів *Viburnum* відбувається у віці 4–7 років. Зниження річного приросту осьових пагонів сигналізує про необхідність робіт із попереднього омолодження куща: видалення старих пагонів, формування крони, за необхідності – «посадження на пень».

**1. Середньорічні фенодати видів роду *Viburnum*
(середні фенодати в днях від 1 березня, у Києві, 2009–2013 рр.)**

Вид, культивар	Поява зеленого конусу листків	Тривалість росту пагонів, дні	Початок листопаду	Тривалість вегетації, дні
<i>Viburnum opulus</i>	33,13	68,18	213,20	180,07
<i>V. o. 'Roseum'</i>	31,47	67,62	232,27	200,80
<i>V.o. 'Nanum'</i>	42,20	71,14	227,13	184,93
<i>V. lantana</i>	30,60	105,28	234,07	203,47
<i>V.l. 'Aureum'</i>	29,67	108,49	247,33	217,66
<i>V. l. 'Varie-gatum'</i>	29, 00	100,35	238,67	209,67
<i>V. carlesii</i>	29,87	96,14	240,27	210,40
<i>V. rhytidophyllum</i>	30,27	112,36	---	---
<i>V. lentago</i>	37,33	69,32	241,67	204,34
<i>V. rufidulum</i>	34,33	73,24	240,67	206,34
<i>V. prunifolium</i>	36,67	70,76	238,22	201,55
<i>V. veitchii</i>	26,89	115,84	239,22	212,33
<i>V. burejaeticum</i>	25,33	109,28	250,67	225,34
<i>V. buddleifolium</i>	39,33	114,16	---	---
<i>V. sargentii</i>	34,11	68,25	248,33	214,22
<i>V. sargentii 'Flavum'</i>	33,67	69,18	245,22	211,55

Унаслідок статистичного оброблення фенодат встановлено, що настання окремих фенофаз доволі чітко співвідносяться з сумою ефективних температур (вище ніж +5°C) (табл. 2).

Висновки і перспективи. Об'єкти дослідження за тривалістю росту пагонів поділяють на дві групи. До закінчення вегетації пагони більшості видів калин встигають здерев'яніти. Винятками є де-

які види з тривалим ростом (*V.rhytidophyllum*, *V.buddleifolium*, *V.veitchii*), пагони яких не встигають повністю здерев'яніти. Однак пагони цих видів захищені товстим шаром опушення, а під поверхневими покривами пагона з настанням холодів утворюється достатня кількість жирів, що запобігають пошкодженню пагонів низькими температурами, завдяки чому ці рослини цілком зимостійкі.

2. Середні дати настання основних фенофаз видів *Viburnum* та суми ефективних температур, Київ (2009–2013 рр.)

Вид, культивар	Розпускання бруньок	Цвітіння	Листопад	Тривалість вегетації
<i>V.opulus</i>	$\frac{2.04 \pm 4,0}{70,51 \pm 4,41}$	$\frac{9.05 \pm 3,6}{510,25 \pm 18,61}$	$\frac{29.09 \pm 5,8}{2074,39 \pm 27,11}$	180,1±4,58
<i>V.o. 'Roseum'</i>	$\frac{31.03 \pm 5,3}{64,83 \pm 5,25}$	$\frac{5.05 \pm 3,1}{484,13 \pm 17,83}$	$\frac{18.10 \pm 6,3}{2210,14 \pm 30,26}$	200,8±3,39
<i>V.o. 'Nanum'</i>	$\frac{11.04 \pm 4,0}{98,47 \pm 4,37}$	$\frac{15.05 \pm 4,1}{567,62 \pm 21,14}$	$\frac{13.10 \pm 8,1}{2154,29 \pm 32,15}$	184,9±3,63
<i>V.lantana</i>	$\frac{30.03 \pm 5,3}{61,85 \pm 3,49}$	$\frac{27.04 \pm 2,3}{285,25 \pm 20,71}$	$\frac{20.10 \pm 4,1}{2278,38 \pm 34,29}$	203,5±4,48
<i>V.l. Aureum'</i>	$\frac{19.03 \pm 4,6}{54,93 \pm 4,68}$	$\frac{27.04 \pm 2,5}{298,15 \pm 20,11}$	$\frac{2.11 \pm 4,9}{2562,49 \pm 40,28}$	217,7±4,34
<i>V.l. 'Variegatum'</i>	$\frac{29.03 \pm 4,0}{59,94 \pm 5,43}$	$\frac{25.04 \pm 2,1}{229,21 \pm 17,16}$	$\frac{25.10 \pm 4,5}{2400,72 \pm 30,29}$	209,7±4,08
<i>V.carlesii</i>	$\frac{29.03 \pm 3,8}{58,3 \pm 3,25}$	$\frac{20.04 \pm 2,6}{182,31 \pm 19,25}$	$\frac{26.10 \pm 3,7}{2416,67 \pm 39,25}$	210,4±3,13
<i>V.lentago</i>	$\frac{6.04 \pm 6,2}{124,8 \pm 5,26}$	$\frac{22.05 \pm 4,1}{645,73 \pm 21,14}$	$\frac{28.10 \pm 5,2}{2485,51 \pm 36,29}$	204,3±6,53
<i>V.rufidulum</i>	$\frac{3.04 \pm 5,2}{116,2 \pm 3,43}$	$\frac{15.05 \pm 3,2}{559,48 \pm 17,28}$	$\frac{26.10 \pm 6,5}{2462,85 \pm 33,28}$	206,3±7,78
<i>V.prunifolium</i>	$\frac{6.04 \pm 5,1}{124,8 \pm 4,01}$	$\frac{7.05 \pm 2,1}{503,41 \pm 18,17}$	$\frac{24.10 \pm 8,1}{2439,64 \pm 34,24}$	201,6±5,59
<i>V.veitchii</i>	$\frac{27.03 \pm 4,5}{83,1 \pm 3,25}$	$\frac{22.04 \pm 2,6}{195,12 \pm 18,28}$	$\frac{25.10 \pm 7,4}{2445,62 \pm 36,33}$	212,3±2,12
<i>V.burejae-ticum</i>	$\frac{25.03 \pm 4,6}{80,6 \pm 4,47}$	$\frac{22.04 \pm 1,2}{193,25 \pm 17,02}$	$\frac{6.11 \pm 7,2}{2598,26 \pm 34,29}$	225,3±2,08
<i>V.sargentii</i>	$\frac{30.04 \pm 4,7}{69,2 \pm 3,73}$	$\frac{9.05 \pm 2,8}{512,16 \pm 17,84}$	$\frac{3.11 \pm 8,9}{2577,34 \pm 32,26}$	214,2±4,44
<i>V.sargentii 'Flavum'</i>	$\frac{2.04 \pm 5,1}{70,5 \pm 4,45}$	$\frac{2.05 \pm 2,2}{458,25 \pm 16,24}$	$\frac{31.10 \pm 7,0}{2489,74 \pm 32,25}$	211,6±5,24

Список літератури

- Bulyigin, N. E. (1985). *Dendrology*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
- Demchenko, O. O. (2016). Some Prospects for the Use of Species of the Genus *Viburnum* L. in the Conditions of Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26 (3), 73–77 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40260311>
- Demchenko, O. O. (2017). Phenology of species of the genus *Viburnum* L. in the Forest-Steppe of Ukraine. *Forestry and horticulture electronic scientific professional journal*, 13, <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9773/8741> [in Ukrainian].
- Donoghue, M. (1981). Growth Patterns in Woody Plants with Examples from the Genus *Viburnum*. *Arnoldia*, 41 (1), 2–23.
- Kollmann, J., & Grubb, P. (2002). *Viburnum lantana* L. and *Viburnum opulus* L. (*V. lobatum* Lam., *Opulus vulgaris* Borkh.). *Journal of ecology*, 90 (6), 1044–1070. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2002.00724.x>
- Lapin, A. A. (Ed.). (1975). *Method of phenological observations in the botanical gardens of the USSR*. Moscow: MBG [in Russian].
- Mazurenko, M. T., & Hohryakov, A. P. (1977). *The structure and morphogenesis of shrubs*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Molchanov, A. A., & Smirnov, V. V. (1967). *Method for studying the growth of woody plants*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Wilson, B. F. (1997). Response to stem bending in forest shrubs: stem or shoot reorientation and shoot release. *Canadian Journal of Botany*, 75 (10), 1643–1648. <https://doi.org/10.1139/b97-876>
- Zaytsev, G. N. (1981). *Phenology of woody plants*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Zaytsev, G. N. (1984). *Mathematical statistics in experimental botany*. Moscow: Nauka [in Russian].

Demchenko O. O.
STRUCTURE AND MORPHOGENESIS OF SHOOTS
OF SPECIES OF THE GENUS *VIBURNUM* L.
IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

The research was conducted on the structure and characteristics of the growth of shoots of the genus *Viburnum* L. There are significant differences in the structure and dynamics of growth within the genus, so the determination of the structural features of the shoots of species of the genus *Viburnum* is relevant. The research of the dynamics of shoot growth was carried out according to the method of A.A. Molchanov and V.V. Smirnov (1967). The species studied by us belong to three sections of the genus *Viburnum*; the peculiarities of buds structure generally determine the structure of the shoots in the species of each section. It was found that the type of each of the three sections of the genus is characterized by a special structure of the shoots. It has been studied the rhythm of growth and development of native and introduced species of the genus *Viburnum* L.

The terms of shoots growth of the species of the genus were analyzed, and the length of the annual growth of shoots was determined. Phenological date of the beginning and end of shoot growth was established. It was revealed that the onset of individual phenophases quite clearly correlates with the sum of effective temperatures above 5°C. The species of the genus *Viburnum* are characterized by the following types of shoots: tillering, stem, generative. Intensive growth of shoots of all studied species occurs in May - mid-June. In the species of the section *Lantana*, there are 2 peaks of shoot growth - May and mid-July. According to the duration of growth of shoots, *viburnum* can be divided into two groups: 1) with a short period of growth (65–75 days): *V.opulus* L., *V.sargentii* Koehne, *V. prunifolium* L., *V.rufidulum* Raf., *V.lentago* L.; 2) with a long period of growth (100 or more days): *V.lantana* L., *V.carlesii* Hemsl., *V.veitchii* C.H. Wright, *V.rhytidophyllum* Hemsl., *V.buddleifolium* C.H. Wright, *V.burejaeticum* Rgl. et Herd.

The data obtained demonstrated that the greatest annual growth of all *Viburnum* species was recorded at the age of 4-7 years. A decrease in the annual growth of axial shoots states the need for works on preliminary rejuvenation of the bush.

Keywords: shoots, annual growth, phenophase, phenological date, *Viburnum*.

Отримано: 2021-06-16

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОТОКОЛУ СТЕРИЛІЗАЦІЇ ЕКСПЛАНТАТІВ ДЕЯКИХ ЛИСТЯНИХ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

О. Ю. ЧОРНОБРОВ, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-1330-8878>, e-mail: o_chornobrov@nubip.edu.ua

О. Е. ТКАЧОВА, науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0002-6415-5808>, e-mail: l_tkachova@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Одним із методів отримання садивного матеріалу листяних деревних рослин, зокрема ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.), липи широколистої (*Tilia platyphyllos* Scop.) та берези повислої (*Betula pendula* Roth), є мікроклональне розмноження. Асептичність експлантатів – передумова мікроклонального розмноження рослин. Здебільшого для цього використовують хімічну стерилізацію рідкими речовинами. На режим деконтамінації впливає низка чинників, зокрема генотип рослини. Мета дослідження – оптимізація протоколу стерилізації експлантатів *F. excelsior*, *T. platyphyllos* та *B. pendula* для мікроклонального розмноження. Для досліджень використовували 20–30 см частини пагонів, ізольовані із 12-річної *T. platyphyllos*, 10-річної *B. pendula* та 15-річного *F. excelsior* у лютому–березні 2021 р. Рослинний матеріал культивували за загальноприйнятою методикою на живильному середовищі MS (Murashige & Skoog, 1962). Для опрацювання дослідних даних використовували програмні засоби MS Excel, розраховано середнє та його основу помилку. Для аналізу впливу режиму стерилізації експлантатів на асептичність проведено однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). Показано доцільність витримання рослинного матеріалу упродовж доби у фунгіцидних препаратах, зокрема у 0,1 % розчині «Самшит» – *F. excelsior* та 0,3 % розчині «Фундазол» – *T. platyphyllos* і *B. pendula*. Оптимізовано протокол стерилізації дослідних рослин (ефективність понад 50 %) шляхом використання ступінчастого способу із застосуванням 70 % етилового спирту, 1,0 % і 2,0 % AgNO_3 та 2,5 % і 5,0 % NaClO . Установлено, що вплив режиму стерилізації дослідних рослин на асептичність є статистично значущим на рівні 5 %. Для ініціації експлантатів використовували живильне середовище за прописом MS із додаванням 0,25 мг·л⁻¹ кінетину і 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля. Подальші дослідження спрямовані на розроблення протоколу прямої регенерації мікропагонів рослин *F. excelsior*, *T. platyphyllos* та *B. pendula* за дії компонентів живильного середовища *in vitro*.

Ключові слова: культура тканин рослин *in vitro*, *Fraxinus excelsior* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Betula pendula* Roth, асептичність, експлантати, регенерація, живильне середовище, мікроклональне розмноження.

Актуальність. Одержання високоякісного садивного матеріалу листяних деревних рослин, зокрема ясена звичайного (*Fraxinus excelsior* L.), липи широколистої (*Tilia platyphyllos* Scop.) та берези повислої (*Betula pendula* Roth), є актуальним завданням для лісового і садово-паркового господарства України. Одним із методів отри-

мання рослин зі збереженням цінних спадкових властивостей є мікроклональне розмноження. Цей метод, на протигагу традиційним способам розмноження, дає змогу одержувати оздоровлені генетично-однорідні рослини упродовж року з мінімальної кількості донорного матеріалу та значно збільшити коефіцієнт розмноження

(Butenko, 1964; Lutova, 2003; Smith, 2012). Однією із важливих умов мікроклонального розмноження є підготовка рослинного матеріалу до введення в умови *in vitro*, зокрема добір протоколу ефективної стерилізації (Kalinin et al., 1980; Kataeva & Butenko, 1983). Від стерилізації, як першого етапу, залежить результат мікроклонального розмноження. При цьому необхідно підібрати відповідні стерилізувальні речовини, їх концентрацію та експозицію витримування, які ефективно знешкоджують біоту, водночас не пошкоджують рослинні тканини та дають змогу одержувати високу життєздатність в умовах *in vitro*.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині для досягнення асептичності експлантатів використовують хімічну стерилізацію рідкими речовинами, рідше газоподібними, а також фізичні реагенти (ультразвук, ультрафіолетове опромінення) (Butenko, 1964; Kalinin et al., 1980; Kataeva & Butenko, 1983). Аналіз досліджень свідчить, що найбільш поширеною є хімічна стерилізація речовинами, що містять активний хлор (гіпохлорит натрію / кальцію, хлорамін, хлорне вапно), гідраргіум (сулема, етилмеркурхлорид, тімеросал), кисень (пероксид водню), срібло (нітрат срібла), спирти (Shabanova & Mashkina, 2015; Lebedev & Shestibratov, 2016; Podhaietskyi et al., 2016; Shakhov et al., 2018, 2019). Антибіотики використовують для знешкодження ендогенної біоти об'єктів, однак вони характеризуються вибірковою дією (Butenko, 1964). Також застосовують біоциди, зокрема PPM (Plant Preservative Mixture™) (Podhaietskyi et al., 2016). Зокрема, автори Lebedev & Shestibratov (2016) частини пагона з 2–3 бруньками, ізольованими із 60-річних плюсових дерев *F. excelsior*, стерилізували у 0,1 % хло-

риду ртуті упродовж 6 хв із наступним триразовим промиванням стерильною дистильованою водою. Рослинний матеріал культивували на живильному середовищі за прописом MS (Murashige & Skoog, 1962) з додаванням ВАР (6-бензиламінопурин) і ІАА (β-індоліл-3-оцтова кислота). Для збільшення відсотка ефективності стерилізації використовували двоступінчасту стерилізацію (Skálová et al., 2012). Автори Rayamnpour et al. (2014) оптимізували протокол стерилізації пагонів *T. platyphyllos* із використанням мильної води для нейтралізації поверхневого забруднення та застосування попередньої стерилізації, яка складалася із витримування у розчині 600 мг·л⁻¹ аскорбінової кислоти, 4,0 г·л⁻¹ фунгіциді «Captan», 5,0 % комерційному розчині NaOCl (5,0 % Cl) (20 хв). Потім рослинний матеріал промивали під струменем води. Для стерилізації використовували розчин 600 мг·л⁻¹ аскорбінової кислоти і 10 % NaOCl (5 хв). Для стерилізації насіння рослин *Betula spp.* використовували 1,0 % пероксид водню (H₂O₂) (48 год) за T = +4°C, із наступним витримуванням у 30,0 % H₂O₂ (15 хв) та промиванням у стерильній дистильованій воді (Gaidamashvili et al., 2015). Автори Shabanova & Mashkina (2015) стерилізацію експлантатів гібридів *Populus L.* проводили з урахуванням сезону ізоляції. Зокрема пагони, ізольовані у зимовий період, попередньо оброблювали в нестерильних умовах у 2,0 % «Domestos» (10 хв), далі у суміші розчинів 0,025 % мертіолята (10 хв) і 7,0 % «Білизни» (10 хв); експозиція витримування експлантатів, ізольованих у літній період, становила 7 хв. Ефективним для пазушних бруньок *Populus maximowiczii* Henry було витримування у 70 % етиловому спирті (1 хв), з наступним перенесенням у NaClO (2 % активний хлор) (10–18 хв)

(Kärkönen et al., 2011). Інші дослідники (Delgado-Díaz et al., 2013) розробили ефективний режим стерилізації експлантатів рослин *Quercus spp.* за використання 70 % етилового спирту та 5,25 % гіпохлориту натрію. Для експлантатів вишні, виокремлених із верхіткових і бічних бруньок однорічних пагонів у березні, застосовували 0,1 % розчин мертіоляту або сулеми (Shakhov et al., 2019) / 12,0 % H_2O_2 / $NaClO$ із 95,2 % активним хлором (Shakhov et al., 2018). Водночас низка авторів зазначають, що режим стерилізації експлантатів залежить від низки чинників, зокрема генотипу донора, фізіологічного стану, віку та типу експлантату, сезону ізоляції (Butenko, 1964; Kärkönen et al., 2011; Payam-pour et al., 2014; Podhaietskyi et al., 2016; Shakhov et al., 2018, 2019).

Мета дослідження – оптимізація протоколу стерилізації експлантатів *F. excelsior*, *T. platyphyllos* та *B. pendula* для мікроклонального розмноження. Дослідженнями передбачалося вирішення таких завдань: 1) визначити ефективний режим деконтамінації експлантатів у нестерильних умовах; 2) дібрати стерилізувальні речовини та визначити їх оптимальну концентрацію й експозицію у стерильних умовах; 3) підібрати ефективне живильне середовище на етапі ініціації *in vitro*.

Матеріали і методи дослідження. Для досліджень використовували 20–30 см частини пагонів, ізольовані із 12-річної *T. platyphyllos*, 10-річної *B. pendula* та 15-річного *F. excelsior* у лютому–березні 2021 р. Для зменшення відсотка контамінації рослинного матеріалу у нестерильних умовах використовували комерційні фунгіцидні препарати: 0,3 % «Фундазол» і 0,1 % «Самшит» (100 г·л⁻¹ крезоксиметил + 200 г·л⁻¹ дифеноконазол). Пагони обробляли шляхом обприскування/витри-

мування упродовж доби / не використовували фунгіциди (контроль). Стерилізація рослинного матеріалу (4–8 см фрагменти) полягала у витримуванні (15–20 хв) у мильному розчині (з додаванням кількох крапель детергенту Tween-80) за постійного помішування, промиванні у проточній воді (15–20 хв), споліскуванні у дистильованій воді, зануренні у 70 % етиловий спирт, стерилізації у розчинах та наступному триразовому промиванні у стерильній дистильованій воді (по 5–6 хв у кожній порції). Як стерилізувальні речовини використовували 2,5 % і 5,0 % $NaClO$, 1,0 % та 2,0 % $AgNO_3$. На етапі введення в культуру *in vitro* використовували живильне середовище за прописом MS. До живильних середовищ вносили 100 мг·л⁻¹ мезоінозиту, 0,25 мг·л⁻¹ кінетину, 30 г·л⁻¹ сахарози, 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля та 7,0–7,3 г·л⁻¹ агару мікробіологічного. Показник кислотності середовища (рН) доводили до рівня 5,7–5,9.

Рослинний матеріал культивували за загальноприйнятою методикою у світловому приміщенні за температури $24 \pm 1^\circ C$ і освітлення 2,0–3,0 клк із 16-годинним фотоперіодом та відотною вологістю повітря 70–75 %. Застосовували біотехнологічні методи, зокрема мікроклональне розмноження з використанням культури фрагментів пагонів рослин *in vitro* (Butenko, 1964; Kalinin et al., 1980; Kataeva & Butenko, 1983; Smith, 2012). Повторюваність дослідів чотирикратна. Для опрацювання дослідних даних використовували програмні засоби MS Excel, розраховано середнє та його основну помилку. Для аналізу впливу режиму стерилізації експлантатів на асептичність проведено однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA). У результатах використовували такі скорочення: *F* – розрахунко-

ве значення критерію Фішера; $F_{крит}$ – критичне значення критерію Фішера. Дослідження проведено в науково-дослідній лабораторії біотехнології рослин ВП НУБіП України «Боярська ЛДС» упродовж 2021 р.

Результати дослідження та їх обговорення. Асептичність експлантатів – передумова мікроклонального розмноження рослин. Одним із найпоширеніших стерилізувальних агентів для одержання асептичних культур деревних рослин є NaClO (Kärkönen et al., 2011; Delgadillo-Díaz et al., 2013; Payamnour et al., 2014; Shabanova & Mashkina, 2015). Водночас складність одержання значної частки асептичного матеріалу деревних рослин зумовлено морфо-фізіологічними особливостями, тому за аналогією з іншими дослідниками (Skálová et al., 2012; Payamnour et al., 2014; Gaidamashvili et al., 2015) використовували двоступінчасту стерилізацію. Результати до-

сліджень авторів (Butenko, 1964; Payamnour et al., 2014) свідчать про доцільність використання для попередньої стерилізації фунгіцидів. Дію фунгіцидів та стерилізувальних речовин (етиловий спирт, NaClO, AgNO₃) на експлантати наведено у табл. 1.

На 4 добу фіксували ріст біоти (гриби/бактерії) біля основи експлантату на поверхні живильного середовища. Це було спричинено недостатніми асептичними прийомами під час поверхневої стерилізації рослинного матеріалу (Buckley & Reed, 1994). Візуально встановлено, що основу контамінантів становили гриби (понад 80 %, рис. 1, в), бактеріози траплялися зрідка (до 20 %).

Як відомо, для мінімізації токсичної дії стерилізувальних агентів та зменшення частки нежиттєздатних рослин, їх концентрація та експозиція мають бути мінімальними (Kalinin et al., 1980; Kataeva & Butenko, 1983). Відповіді

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

Варіант	Вид	Фунгіцид (попередня стерилізація)	Режим основної стерилізації	Ефективність стерилізації експлантатів (середнє значення ± стандартна похибка), %
1	<i>F. excelsior</i>	–		27,5±3,0
2		обприскування 0,1 % «Самшит»	70 % етиловий спирт (1–2 хв), 5 % NaClO (10 хв) із подальшим перенесенням у	52,3±4,3
3		замочування у 0,1 % «Самшит» (24 год)	2,0 % AgNO ₃ (9–10 хв)	70,3±2,8
4	<i>T. platyphyllos</i>	–		29,3±2,2
5		обприскування 0,3 % «Фундазол»	70 % етиловий спирт (1–2 хв), 5 % NaClO (6–7 хв) із подальшим перенесенням у	31,3±1,5
6		замочування у 0,3 % «Фундазол» (24 год)	2,0 % AgNO ₃ (9–10 хв)	65,0±2,6
7	<i>B. pendula</i>	–		22,0±3,4
8		обприскування 0,3 % «Фундазол»	70 % етиловий спирт (1–2 хв), 2,5 % NaClO (5–6 хв) із подальшим перенесенням у	57,3±2,2
9		замочування у 0,3 % «Фундазол» (24 год)	1,0 % AgNO ₃ (5–6 хв)	58,5±1,9

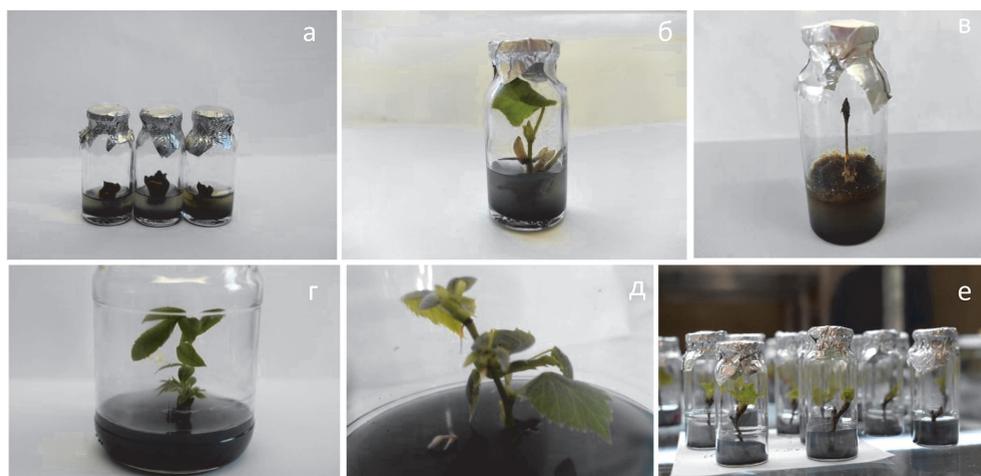


Рис. 1. Результати стерилізації експлантів: асептичні експлантати рослин *F. excelsior* (а) і *T. platyphyllos* (б); інфіковані міцелієм грибів *B. pendula* (в); життєздатні мікропагони *in vitro* *F. excelsior* (г), *T. platyphyllos* (д), *B. pendula* (е)

експлантів деревних рослин на режимі деконтамінації відрізнялися, що зумовлено морфо-фізіологічними особливостями генотипів. За результатами однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) вплив режиму стерилізації дослідних рослин на асептичність є статистично значущим на рівні 5 % ($F > F_{\text{крит.}}$, $P < 0,05$) (табл. 2).

Результати експериментів показали доцільність витримування рослинного матеріалу у розчинах фунгіцидів та використання ступінчастої стерилізації, що узгоджується із даними інших авторів (Skálová et al., 2012; Payam-

pour et al., 2014; Gaidamashvili et al., 2015). Ефективної стерилізації фрагментів пагонів рослин *B. pendula* досягли шляхом використання ступінчастої стерилізації (70 % етиловий спирт – 12 хв, 2,5 % NaClO й 1,0 % AgNO_3 – 6–7 хв) із попереднім витриманням упродовж доби у 0,3 % розчині «Фундазол» з одержанням $58,5 \pm 1,9$ % асептичності (рис. 1, е). Найвищий відсоток ефективності ($65,0 \pm 2,6$ %) для експлантів рослин *T. platyphyllos* одержали у разі застосування 70 % етилового спирту (1–2 хв), 5,0 % NaClO (6–7 хв) і 2,0 %

2. Підсумкові результати однофакторного дисперсійного аналізу для тканин дослідних рослин *in vitro*

<i>F. excelsior</i>						
Джерело варіації	SS	df	MS	F	P-значення	$F_{\text{крит.}}$
Між групами	3731	2	1865,3333	39,2014	3,6077	4,2565
<i>T. platyphyllos</i>						
Між групами	3228	2	1614,0833	89,9489	1,1248	4,2565
<i>B. pendula</i>						
Між групами	3435	2	1717,5833	65,5705	4,3106	4,2565

де: *df* – число степенів свободи; *MS* – дисперсії; *F* – розрахункове значення критерію Фішера; *P-значення* – розрахункове значення мінімальної значущості; $F_{\text{крит.}}$ – критичне значення критерію Фішера

AgNO₃ (9–10 хв) та попереднього витримування у 0,3 % розчині «Фундазол» (рис. 1, б).

Для ефективної нейтралізації екзогенної біоти *F. excelsior* (70,3 ± 2,8 %) доцільно застосовувати режим асептичності, який передбачав використання 70 % етилового спирту (1–2 хв), 2,0 % AgNO₃ і 5,0 % NaClO (9–10 хв) із попереднім витримуванням упродовж доби у 0,1 % розчині «Самшит» (рис. 1, а). На 30–50 добу культивування одержали життєздатні мікропагони із характерною пігментацією без ознак вітрифікації та некротизації на живильному середовищі MS із додаванням 0,25 мг·л⁻¹ кінетину та 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля (рис. 1, з, д, е).

Висновки і перспективи. Оптимізовано протокол стерилізації фрагментів пагонів рослин *F. excelsior*, *T. platyphyllos* та *B. pendula*, ізольованих у лютому–березні, та одержано асептичні життєздатні мікропагони *in vitro*. Показано доцільність витримування рослинного матеріалу у фунгіцидах упродовж доби (0,1 % розчині

«Самшит» – *F. excelsior*; 0,3 % розчині «Фундазол» – *T. platyphyllos*, *B. pendula*) та використання ступінчастої стерилізації із застосуванням етилового спирту, AgNO₃ і NaClO. Установлено, що вплив режиму стерилізації дослідних рослин на асептичність є статистично значущим на рівні 5 %. Для одержання значної кількості асептичних життєздатних мікропагонів (понад 50 %) доцільно використовувати такі протоколи (з попереднім витримуванням у розчині фунгіциду і 70 % етилового спирту упродовж 1–2 хв): 1) 2,5 % NaClO (6–7 хв) і 1,0 % AgNO₃ (6–7 хв) для *B. pendula*; 2) 5,0 % NaClO (6–7 хв) і 2,0 % AgNO₃ (9–10 хв) – для *T. platyphyllos*; 3) 2,0 % AgNO₃ і 5,0 % NaClO (9–10 хв) – для *F. excelsior*. Для ініціації експлантатів застосовувати живильне середовище за прописом MS із додаванням 0,25 мг·л⁻¹ кінетину і 2,0 г·л⁻¹ активованого вугілля. Подальші дослідження спрямовані на розроблення протоколу прямої регенерації мікропагонів за дії компонентів живильного середовища *in vitro*.

Список літератури

- Buckley, P. M., & Reed, B. M. (1994). Antibiotic susceptibility of plant associated bacteria. *HortScience*, 29(5), 434.
- Butenko, R. G. (1964). *Culture of Isolated Tissues and Physiology of Plant Morphogenesis*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Delgadillo-Díaz de León José Silvestre, Morales-Domínguez, José Francisco, del Socorro Santos-Díaz, María, & Pérez-Molphe-Balch, Eugenio. (2013). *In vitro* Propagation of Mexican Oaks (*Quercus* spp.). *Polibotánica*, 35, 85–97.
- Gaidamashvili, M., Khurtsidze, E., & Barblishvili, T. (2015). Micropropagation of Threatened *Betula* Species for *in vitro* Conservation. *International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES-2015)*. Kuala Lumpur (Malaysia), Jan. 1–2, 12–15. Available at <http://iicbe.org/upload/7805C0115056.pdf>.
- Kakimzhanova, A. A., Zhagipar, F. S., Naziran, F., Karimova, V. K., & Nurtaza, A. S. (2019). Optimization of Microclonal Propagation Conditions for Increasing the Multiplication Factor of Poplar Microshoots. *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Bioscience Series*, 1 (126), 57–65 [in Russian]. <https://doi.org/10.32523/2616-7034-2019-126-1-57-65>
- Kalinin, F. L., Sarnatskaya, V. V., & Polishchuk, V. E. (1980). *Methods of Tissue Culture in Plant Physiology and Biochemistry*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Kärkönen, A., Santanen, A., Iwamoto, K., & Fukuda, H. (2011). Plant Tissue Cultures. *The Plant Cell Wall: Methods and Protocols. Methods in Molecular Biology*, 715, 1–20. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-008-9_1
- Kataeva, N. V., & Butenko, R. H. (1983). *Clonal Micropropagation of Plants*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Lebedev, V., & Shestibratov, K. (2016). Large-Scale Micropropagation of Common Ash.

- Biotechnology*, 15 (1–2), 1–9. <https://doi.org/10.3923/biotech.2016.1.9>
- Lutova, L. A. (2003). *Biotechnology of higher plants*. SPb.: Publ. house of S-Peterb. UN [in Russian].
- Murashige, T. A., & Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Plant Physiology*, 15 (3), 473–497.
- Payamnour, V., Ghasemi Bezdi, K., Mehrdad, M., & Ahmadi, A. (2014). Optimization of *in vitro* sterilization protocol for obtaining contamination-free cultures of *Tilia platyphyllos*. *Nusantara Bioscience*, 6 (1), 7–12. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n060102>
- Podhaietskiy, A. A., Mackiewicz, V. V., & Wroblewski, S. A. (2016). Use of PPM biocide as an additional decontaminant in the process of microclonal reproduction of vegetable substances. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 9 (32), 156160 [in Ukrainian].
- Shabanova, E. A., & Mashkina, O. S. (2015). Clonal micropropagation of economically valuable forms of poplar. *Forest selection and genetics*, 4, 74–81 [in Russian].
- Shakhov, V. V., Fedotova, I. E., Tashmatova, L. V., Matsneva, O. V., & Khromova, T. M. (2019). Comparative analysis of sterilizers on the basis of periodization of their use. *Vestnik KrasGAU*, 12, 38–42 [in Russian]. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-12-38-42>
- Shakhov, V. V., Tashmatova, L. V., Matsneva, O. V., & Khromova, T. M. (2018). The effectiveness of sterilizing agents in the introduction of cherry varieties to *in vitro* culture. *Contemporary horticulture*, 4, 32–37 [in Russian]. <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2018-10405>
- Skálová, D., Navrátilová, B., Richterová, L., Knitl, M., Sochor, M., & Vašut, R. J. (2012). Biotechnological Methods of *in vitro* Propagation in Willows (*Salix* spp.). *Central European Journal of Biology*, 7 (5), 931–940. <https://doi.org/10.31255/978-5-94797-319-8-1244-1247>
- Smith, R. H. (2012). *Plant Tissue Culture: Techniques and Experiments*. Burlington: Elsevier Science.

Chornobrov O. Yu., Tkachova O. E.
**OPTIMIZATION OF EXPLANTS *IN VITRO* STERILIZATION PROTOCOL
OF SOME DECIDUOUS TREE SPECIES**

One of the methods of obtaining planting material of deciduous plants, in particular common ash (Fraxinus excelsior L.), broad-leaved linden (Tilia platyphyllos Scop.) and silver birch (Betula pendula Roth) is microclonal propagation. Asepticity of explants is a prerequisite for microclonal plant propagation. Chemical sterilization with liquid substances is mostly used for this purpose. The mode of decontamination is influenced by a number of factors, in particular the genotype of the plant. The purpose of the study was to optimize the sterilization protocol of F. excelsior, T. platyphyllos and B. pendula explants for microclonal propagation. For research, 20–30 cm of shoots isolated from 12-year-old T. platyphyllos, 10-year-old B. pendula, and 15-year-old F. excelsior in February-March 2021 were used. Plant material was cultured according to conventional methods on a nutrient medium MS (Murashige & Skoog, 1962). Biotechnological methods were used (plant tissue culture in vitro, microclonal propagation). MS Excel software package was used to process the experimental data, the mean and its standard error were calculated. One-way analysis of variance (ANOVA) was performed to analyze the effect of explant sterilization on asepsis. The expediency of keeping plant material during the day in 0.1 % solution of “Samshit” – F. excelsior and 0.3 % solution “Fundazole” – T. platyphyllos and B. pendula is shown. The sterilization protocol of experimental plants (efficiency over 50 %) was optimized by using a stepwise method using 70 % ethyl alcohol, 1.0 % and 2.0 % AgNO₃ and 2.5 % and 5.0 % NaClO. The effect of the sterilization regime of experimental plants on asepsis is statistically significant at the level of 5%. To initiate the explants, a culture medium according to the MS prescription was used with the addition of 0.25 mg/L kinetin and 2.0 g/L activated carbon. Further studies are aimed at developing a protocol for direct regeneration of microshoots of F. excelsior, T. platyphyllos and B. pendula under the action of components of the culture medium in vitro.

Keywords: *in vitro* plant tissue culture, Fraxinus excelsior L., Tilia platyphyllos Scop., Betula pendula Roth, sterilization, explants, regenerative ability, culture medium, microclonal propagation.

Отримано: 2021-06-11

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА НАСАДЖЕННЯ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ: СТАН, ПРОБЛЕМИ, ВИКЛИКИ

В. А. РОМАНЕНКО, здобувач *

<https://orcid.org/0000-0002-0448-3033>, e-mail: romanenko_va@ukr.net

Український центр підготовки, перепідготовки та підвищення
кваліфікації кадрів лісового господарства

Досліджено, що з початку XIX ст. деградація соснових деревостанів набуває величезного масштабу на всіх континентах. В Україні за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України середня річна температура з початку XX ст. зросла більш ніж на 2°C, зокрема на 1,2°C за останні 30 років. Останніми роками кількість днів із максимальними температурами влітку понад 35°C та 40°C зросла майже вдвічі, тобто йдеться про екстремальні погодні явища. На більшій частині України вже спостерігається тенденція до посилення посух, збільшення пожежної небезпеки, повторюваності років, упродовж яких насадження зазнаватимуть водного стресу, ураження шкідниками, а також деградації лісових екосистем загалом унаслідок збільшення кількості та тривалості спекотних періодів.

Визначено, що при дослідженні зв'язку між зміною клімату і радіальним приростом сосни використовують дендрохронологічні методи. Основними методами дослідження радіального приросту є взяття кернів на висоті 1,3 м із двох протилежних радіусів, для унеможливлення впливу на радіальний приріст випадкових факторів. Ширину річних кілець визначають за допомогою установок для дендрохронологічних досліджень, з автоматичною реєстрацією даних. Дані величин річних кілець обробляють за програмами Міжнародного банку даних деревних кілець (ITRDB). Для синхронізації рядів зі встановленням календарного року утворення кожного річного приросту використовують спеціалізовану програму COFECNA. Виявлено, що ріст сосни звичайної лімітується зволоженням клімату та наявністю достатньої кількості вологи у ґрунті, проте у разі екстремальних температур все одно зберігається негативний тренд щодо всихання насаджень.

Ключові слова: дендрохронологія, патологічні процеси лісу, кліматичні зміни, сосна, радіальний приріст.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Найбільшою глобальною проблемою сьогодення є підвищення концентрації парникових газів в атмосфері, зокрема вуглекислого газу, що є основною причиною глобальної зміни

клімату. Внаслідок антропогенного впливу діяльності людини постійно підвищується вплив парникового ефекту, в результаті спалювання вихисних видів палива, а також меншого їх поглинання внаслідок знеліснення.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор С. Б. Ковалевський.

Діяльність людини може істотно змінювати абіотичні фактори, які відіграють ключову роль у формуванні лісових фітоценозів, адже від лімітуючих факторів залежить чисельність, поширення, продуктивність рослинних і тваринних угруповань. З початку ХХІ ст. вже є незаперечним фактом явище нечуваної раніше деградації сонових деревостанів, яке набуває величезного масштабу на усіх континентах. Для того щоб успішно протистояти явищу, потрібно знати не тільки механізм його перебігу, а й чинники та причини його появи у лісових фітоценозах. Бачення найбільш небезпечних проявів, фахове тлумачення сутності процесів дасть змогу визначити механізм впливу на ці фактори, а також принцип ведення лісового господарства, який буде найбільш відповідним до нових трансформованих умов. Специфічною рисою рівнинної частини України є наявність перехідної зони між лісом та степом, в якій уразливість лісів надзвичайно велика, і є висока ймовірність, що зміна клімату може спричинити тут незворотну втрату лісів. Уразливість лісів може бути суттєво зменшено за допомогою розроблення і впровадження системних дій, спрямованих на адаптацію лісів України до змін клімату. Базовим імперативом є розуміння, що Українські ліси – не просто джерело відновлюваного ресурсу, а один із головних чинників нівелювання антропогенного навантаження та створення комфортних умов для людини. Адаптивний потенціал лісів України, так само як і регіональну чутливість лісів, вивчено недостатньо, що актуалізує нагальну потребу дослідження для недопущення порушення балансу екологічних компонентів, втрати екологічної стійкості та руйнування природного середовища.

Зміна клімату, що набула глобального характеру, привернула увагу всього людства, як одна із найнагальніших екологічних проблем. За даними Всесвітньої метеорологічної організації, найтеплішими роками за всю історію спостережень стали останні три. Згідно з доповіддю Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, наукові дослідження свідчать, що з кінця ХІХ ст. антропогенний вплив на дві третини зумовлений саме діяльністю людини, а саме збільшенням концентрації парникових газів в атмосфері планети (Ivaniuta et al., 2020). У 2015 році, під час підготовки до підписання Паризької кліматичної угоди (Conference on Climate Change in Paris, 2015) було передбачено обмеження підняття глобальної температури до кінця століття нижче ніж 2°C. Проте наразі, за даними Організації Об'єднаних Націй, світ прямує до потепління на рівні 3,2°C до 2100 р. (UN Environment Programme, 2019).

В Україні за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України середня річна температура з початку ХХ ст. зросла більш ніж на 2°C, зокрема на 1,2°C за останні 30 років (How the climate, 2020). Останніми роками кількість днів із максимальними температурами влітку понад 35°C і 40°C зросла майже вдвічі, тобто йдеться про екстремальні погодні явища. На більшій частині України вже спостерігається тенденція до посилення посух, посилення пожежної небезпеки внаслідок збільшення кількості та тривалості спекотних періодів. Збільшення літніх екстремумів температури призводить до загрози зникнення окремих видів та появи нових та інвазивних видів. Такі зміни несуть у собі загрозу скорочення площ лісів та зміну видового складу. Зокрема у дослідженні наведено прогноз для сосни звичайної

(Buksha et al., 2017). Відповідно до дослідження було визначено, що згідно з прогнозом у період 2080–2100 рр. відбуватиметься значне звуження зони оптимального росту за показником вологості клімату. Через зміну клімату очікують, що до кінця XXI ст. з'являться доволі значні площі з несприятливими кліматичними умовами для росту сосни звичайної.

Матеріали і методи дослідження.

За основу дослідження взято аналіз наукових статей, у яких розглянуто вплив регіональних і національних змін клімату на радіальний приріст деревостанів сосни звичайної. Визначено залежність радіального приросту сосни від дії кліматичних факторів, таких як опади, температура, вологість, а також глибоких деформацій і депресій гідрологічного режиму.

Результати дослідження та їх обговорення. Деревина реагує на будь-які коливання зовнішнього середовища, що проявляється у зміні ширини річних кілець – добре виражених і легкодоступних анатомічних ознак. Деревина, яка зазнала впливу різних чинників, мають однаковий порядок чергування широких і вузьких річних кілець, причому вузькі кільця вказують на роки посух та інші обмежувальні фактори росту, широкі – на сприятливі роки (Bitvinskas, 1974).

Як зазначає у своїй роботі А. І. Гетьманчук, на основі відомчих матеріалів лісогосподарських підприємств зони Полісся, які перебувають у підпорядкуванні Волинського обласного управління лісового та мисливського господарства (Волинського ОУЛМГ), щодо осередків гострого всихання соснових лісів за останні два роки було висунуто гіпотезу про кліматичне походження його першопричин (Getmanchuk et al., 2017). Для аналізу загальних тенденцій і закономірностей клі-

мату в районі розташування лісів використано архівні дані метеоспостережень метеостанції Ковеля за період із 1946 до 2015 рр. За результатами досліджень було встановлено, що всихання нового типу, в основі яких лежить ураження сосни агресивними стовбуровими шкідниками і патогенними грибами, на території Волинської області у значних розмірах почали проявлятися за останні 2 роки. Станом на 3 жовтня 2016 р., за даними фахівців Волинського ОУЛМГ, було виявлено 8861 осередок характерного гострого всихання загальною площею 3708,7 га. Таку активність агресивних стовбурових шкідників, яка проявилася під час посушливого періоду, згідно з дослідженнями, яке провів А. І. Гетьманчук, також можна пов'язати зі зменшенням продуктивної вологи у ґрунті; цей зв'язок описано нижче у матеріалах цього дослідження. Під час обстеження соснових насаджень виявлено, що останнім часом вони функціонують у кардинально змінених лісо-рослинних умовах. Аналіз комплексу характеристик місцезростань і стану рослинності засвідчив, що в лісових районах наявні нетипово глибокі деформації і депресії гідрологічного режиму. Вони вирізняються гострим характером і потужним негативним впливом на ліси, однак до цього часу деталі механізму їхнього утворення та дії залишались невизначеними. Клімат району розміщення підприємств Волинського ОУЛМГ у матеріалах попередніх лісовпорядкувань описано як помірний, вологий, із м'якою зимою, нестійкими морозами, відлигами, нежарким літом, значними опадами, важкими весною та осінню. Територія розташування основних лісових масивів характеризувалась близьким заляганням рівня ґрунтових вод. Поширеними є дерново-опідзолені ґрунти

переважно легкого механічного складу. На цьому варто наголосити, тому що таким ґрунтам властиві висока водопроникність та низька вологопідйомна здатність (капілярність). Ці обставини сприяють швидкому формуванню кризового гідрологічного режиму під час посух. Зокрема, у гостропосушливому 2015 році про дефіцит продуктивної вологи лісова рослинність почала сигналізувати у другій половині вегетації. Характерні реакції проявились у вигляді в'янення і дочасного завершення вегетування трав'яної та деревно-чагарникової флори, часткової втрати листя окремими породами (береза, липа, горобина та ін.), припинення ростових процесів, дочасного скидання хвої старшого віку, неповноцінного плодоношення тощо. Загальне масове ослаблення головного деревостану супроводжувалось також численними термічними ураженнями листової поверхні у підлісковому ярусі та у підрості.

У процесі цього дослідження у насадженнях було виявлено висихання перезволожених і заболочених ділянок, а також висихання лісових криниць та копанок через збільшення посушливого періоду. Спостерігалось падіння рівня води у водоймах усередині лісових масивів та урочищ, та брак води в меліоративних системах на лісових і прилеглих територіях. Характерним проявом кризового гідрологічного режиму також є повне зникнення в лісових масивах типових об'єктів поверхневих вод у різноманітних пониженнях, заглибинах тощо. Враховуючи всі аспекти, які було висвітлено під час дослідження, можна стверджувати, що існує прямий зв'язок між посушливими періодами та депресіями гідрологічного режиму у насадженнях. Своєю чергою, це впливає на в'янення та дочасне припинення вегетування чагарникової рослинності та часткову втра-

ту листя окремих деревних порід. Унаслідок погіршення гідрологічного режиму в насадженнях спостерігалась активізація стовбурових шкідників, що також пов'язано з ослабленням насаджень через посухи.

У дослідженні І. М. Коваль та ін. «Дендрокліматологічні дослідження сосни звичайної в насадженні Лівобережного Лісостепу України» за мету було взято виявлення впливу змін клімату на радіальний приріст сосни в Лівобережному степу на прикладі 100-річного соснового насадження ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» (Koval et al., 2017). Були використано дендрохронологічні методи. За результатами створено деревно-кільцеві хронології, які допомогли встановити зв'язки між кліматичними чинниками та радіальним приростом сосни за два періоди: 1960–1988 та 1988–2016 рр.

Кореляційний аналіз та функція відгуку за два періоди показали, що через збільшення температур та кількості опадів (виняток – зимові опади) змінилася реакція лісових екосистем на зміни клімату, зокрема: в першому періоді (1960–1988 рр.) був позитивний вплив літніх температур на радіальний приріст, однак приріст радіальних кілець обмежували квітневі температури, у другому періоді (1988–2016 рр.) червневі температури вже негативно впливали на приріст. За позитивного весняного температурного та гідрологічного режиму можна спостерігати радіальний приріст, не обмежений згаданими показниками, однак він нівелюється за рахунок високих липневих температур. При цьому варто зазначити, що незначне збільшення кількості опадів за вегетаційний період не змогло пом'якшити вплив високих температур вегетаційного періоду на радіальний приріст.

Також було досліджено реакції радіального приросту сосни звичайної на зміни клімату та рекреаційне навантаження в Лісостеповій зоні України (Koval, 2011). Застосовано загальноприйнятні методи в лісівництві та лісовій таксації, методи порівняльної екології та дендрохронологічні методи. Керни було відібрано на висоті 1,3 м стовбурів сосни буравом Преслера з біогруп дерев. Вимірювання величин шарів річної деревини виконано на цифровому приладі Henson із точністю до 0,01 мм. Отримані серії індивідуальних величин кілець дерев усереднено для кожного насадження. Дані величин річних кілець оброблено за програмами Міжнародного банку даних древних кілець (ITRDB).

Для аналізу впливу клімату на формування древних кілець використано дані Комсомольської метеостанції. З метою встановлення порушень у насадженнях під впливом стрес-факторів було використано обчислення індексів змін приросту (GG_t) для року пошкодження (t), які є універсальними для всіх видів порід та умов місця зростання. В результаті аналізу динаміки радіального приросту сосни для періодів 1967–2008 рр. виділено три періоди розвитку деревостанів. У лісостеповій зоні потепління та збільшення кількості опадів почали прискорюватися протягом 1989–2008 рр. Особливо швидко підвищувалися температури упродовж холодного періоду, що призвело до зменшення тренду радіального приросту сосни внаслідок порушення зимового спокою дерев у 1999–2008 рр. Водночас опади меншою мірою почали обмежувати формування річних кілець сосни. Виявлено періоди розвитку деревостанів за динамікою радіального приросту сосни: 1967–1975, 1976–1989 та 1990–2008 рр., а також роки мінімального радіально-

го приросту дерев (1975, 1983, 1984, 1987, 1990, 1994, 1996, 2002 та 2007 рр.), які характеризуються посухами і низькими температурами взимку та ранньою весною, за винятком 2007 р. з надзвичайно теплою зимою та ранньою весною. Максимуми радіального приросту сосни встановлено у 1980, 1989, 1997 та 2004 рр. із сприятливим співвідношенням тепла та вологи для росту дерев.

У процесі дослідження було визначено, що порушення зимового спокою дерев унаслідок швидкого підвищення температури протягом зимового періоду у 1999–2008 рр. призвело до зменшення тренду радіального приросту сосни. Також у роках, для яких характерним було зменшення кількості опадів, посухи та низькі температури взимку та весною, було визначено мінімальні радіальні прирости дерев. Максимуми радіального приросту були в роки зі сприятливим співвідношенням температурного та гідрологічного режиму.

У своєму дослідженні О. В. Жуковський і О. В. Зборовська (Zhukovskiy & Zborovska, 2015) проаналізували зв'язки між індексами радіального приросту сосни і кліматом для насаджень 61–80-річного віку, які ростуть в умовах свіжого бору на моренних і водно-льодовикових відкладах. Для 1945–1976 рр. виявлено позитивний вплив опадів на радіальний приріст сосни для насаджень свіжого бору в місцях водно-льодовикових відкладень, тобто в бідних умовах і з низькою вологосмістю ґрунту за рік і за вегетаційний період. У 1977–2008 рр. ці зв'язки зменшуються, що пояснюється збільшенням кількості опадів. Порівнюючи періоди 1945–1976 і 1977–2008 рр. було встановлено, що кількість опадів за вегетаційний період збільшилася на 5 %, а за рік – на 7 %.

Однак у 2001–2010 рр. кількість опадів протягом вегетаційного періоду, навпаки, зменшилася на 10 %. Оподи позитивно вплинули на радіальний приріст дерев у насадженнях свіжого бору в місцях водно-льодовикових відкладень.

Негативний вплив температур вегетаційного періоду на формування річних шарів деревини виявлено для насаджень, що ростуть у свіжому бору на водно-льодовикових відкладах для 1945–1976 рр. Пізніше, в 1977–2008 рр. це обмеження ослабло у зв'язку з тим, що температура порівняно з попереднім періодом 1945–1976 рр. збільшилася на 1,3 % (0,21°C). Швидкість потепління прискорилося упродовж 1999–2008 рр., коли середньорічна температура збільшилася на 6 % (на 0,9°C). Березневі температури в другому періоді (1977–2008 рр.) посилили вплив на радіальний приріст сосни для всіх насаджень свіжого бору і свіжого субору на моренних і воднольодовикових відкладах внаслідок їх підвищення порівняно з 1945–1976 рр. на 62 % (1,8°C). Зимові температури піднялися в 1977–2008 рр. порівняно з 1946–1976 рр. на 66 % (1,5°C). Виявлено позитивний вплив на радіальний приріст зимових температур для насадження свіжого бору на морені для 1977–2008 рр. і в насадженні, що зросло в умовах свіжого бору на водно-льодовикових відкладах для 1946–1976 рр. Встановлено, що насадження в умовах свіжого бору на водно-льодовикових відкладах являються найбільш чутливими до клімату. Радіальний приріст у всіх насадженнях обмежують такі кліматичні чинники, як опади, відносна вологість за вегетаційний період, а також зимові та ранньовесняні температури. Для 1977–2008 рр. порівняно з 1945–1976 рр. зменшилась залежність радіального приросту сосни від опадів, кількість яких збільши-

лася на 7 % за вегетаційний період, проте у 2001–2010 рр. відбувався зворотний процес – зменшення кількості опадів протягом вегетаційного періоду і посилення залежності радіального приросту від температур, які збільшилися відповідно на 1,3 % і 62 %.

В. П. Іванов у своєму дослідженні (Ivanov et al., 2021) запропонував підхід для аналізу причин різкого спаду тренду радіального приросту під впливом температури та опадів. Дослідження проводили на території Брянського адміністративного району в Навчально-дослідному лісовому господарстві Брянського державного інженерно-технологічного університету. Вивчали кліматичну ситуацію упродовж п'яти років до спаду приросту та п'яти років після цього. Варто зауважити, що радіальний приріст за п'ять років перед спадом не був однаковий. Під час проведення дослідження було виявлено, що більш інформативну картину особливостей радіального приросту дає деталізація впливу температури на рівні середньомісячних температур поточного та попереднього вегетаційного періоду, а також використання показників середньомісячної кількості опадів. Отже, радіальний приріст сосни звичайної на території Брянської області в сухих та свіжих борах відбувається в роки з холодним січнем, більш теплим травнем та серпнем поточного року, за умови більш теплого січня минулого року. Значного впливу середньомісячної кількості опадів в умовах порушення гідрологічного режиму не виявлено.

Висновки і перспективи. Вплив зміни клімату на ліси України є різним, залежно від географічного положення, геоморфології та рельєфу типів лісу й режиму ведення лісового господарства. Стан і динаміка лісових екосистем є результатом складної взаємо-

дії факторів довкілля. Трендові зміни основних кліматичних показників у межах сучасних та очікуваних значень є менш небезпечними, ніж мінливість клімату, частота й суворість екстремальних ситуацій (теплові хвилі чи посухи). Ріст сосни звичайної в Україні лімітується зволоженням клімату. За рівнем зволоження сприятливі умови дуже мало представлені, задовільні умови для сосни на заході та незначною мірою на півночі, а на решті території – малозадовільні та екстремальні. Непридатні умови спостерігаються на півдні України.

Основними лімітуючими факторами впливу на радіальний приріст сосни звичайної є кількість опадів, вологість ґрунту та його капілярність, температурний режим на початку вегетації деревостанів. Вплив літніх температур також вносить свої корективи в розви-

ток насаджень. Екстремальні літні температури можуть спричинити раннє опадання листя з деревно-чагарникової рослинності внаслідок зміни гідрологічного режиму.

Зміна кліматологічної ситуації може призвести до істотної трансформації лісових покривів, зокрема і до зміщення меж ареалів сосни. Саме зміни клімату є одним із найнебезпечніших факторів подальшої руйнації лісових покривів та дестабілізації лісового господарства.

Щоб успішно протистояти негативному явищу, потрібно знати механізм ідентифікації змін типів насаджень та стійкості сосни звичайної у перспективі, провести ретроспективний аналіз для встановлення ступеня та механізму впливу змін клімату в контексті прогресуючого поширення депресій та дигресій насаджень.

Список літератури

- Bitvinskas, T. T. (1974). *Dendroclimatological research*. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].
- Buksha, I. F., Bondaruk, M. A., Tselyshev, O. G., Pyvovar, T. S., Buksha, M. I., & Pasternak, V. P. (2017). Vitality forecasting for scots pine and English oak in condition of climate change in the lowland of Ukraine. *Forestry and Forest Melioration, 130 (Ecology and monitoring)*, 146–158 [in Ukrainian].
- Conference on Climate Change in Paris. (2015). Available at <http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/cop21>.
- Getmanchuk, A., Kychylyuk, O., Voytyuk, V., & Borodavka, V. (2017). The Regional Changes of Climate as Primary Causes of Strong Withering of Pine Stands in Volyn Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU, 27 (1)*, 120–124 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40270127>
- How the climate is changing in Ukraine*. (2020). Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Available at <https://mepr.gov.ua/news/35246.html> [in Ukrainian].
- Ivaniuta, S. P., Kolomiiets, O. O., Malynovska, O. A., & Yakushenko, L. M. (2020). *Climate change: consequences and measures for adaptation*. Analytical report. Kyiv: NISS [in Ukrainian].
- Ivanov, V., Marchenko, S., Nartov, D., & Baluh-ta, L. (2021). Radial Growth of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) under Inhibition. *Forestry Journal, 1*, 69–81 [in Russian]. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-1-69-81>
- Koval, I. M. (2011). Response of pine radial growth to change of climate and recreational load in forest-steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU, 21 (2)*, 63–70 [in Ukrainian].
- Koval, I. M., Bräuning, A., Melnik E. E., & Voronin, V. O. (2017). Dendroclimatological research of scots pine in stand of the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Man and environment. Issue of neoecology, 3–4 (28)*, 66–73. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-28-07>
- UN Environment Programme. (2019). Emissions Gap Report 2019. Available at <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2019>.
- Zhukovskiy, O. V., & Zborovska, O. V. (2015). *Annual increment of pine plantations on the different mother rocks in Zhytomyr Polissya*. Available at <http://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/741> [in Ukrainian].

Romanenko V. A.
**IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON SCOTS PINE STANDS:
STATE, PROBLEMS, CHALLENGES**

It has been investigated that since the beginning of the 19th century, the degradation of pine stands has acquired a huge scale on all continents. In Ukraine, according to the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, the average annual temperature since the beginning of the 20th century has increased by more than 2 degrees Celsius, including 1.2 degrees over the past 30 years.

In recent years, the number of days with maximum summer temperatures above 35–40 degrees has almost doubled, which refers to extreme weather events. In most of the territory of Ukraine, there is already a tendency towards an increase in drought, an increase in fire hazard, the recurrence of years during which forest plantations will sustain water stress, damage by pests, as well as degradation of forest ecosystems as a result of an increase in duration of hot periods.

It has been determined that dendrochronological methods are used to study the relationship between climate change and radial growth of pine. The main methods for studying radial growth is taking cores at a height of 1.3 meters from two opposite radii to prevent random factors from affecting the radial growth.

The width of the annual rings is determined using devices for dendrochronological studies with automatic data recording. The data on the values of annual rings are processed according to the programs of the International Tree-Ring Data Bank (ITRDB).

To synchronize the series with the establishment of the calendar year, the formation of each annual increment, the specialized COFECHA program is used. It has been established that the growth of scots pine is limited by climate humidification and the presence of a sufficient amount of moisture in the soil; however, in the presence of extreme temperatures, a negative trend towards drying out of forest plantations still persists.

Keywords: dendrochronology, pathological processes, climate change, pine, radial increment.

Отримано: 2021-05-05

ДО УВАГИ АВТОРІВ!

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

Структура наукової статті:

- **УДК** (вирівнювання по лівому краю, шрифт – звичайний);
- **назва статті** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери);
- **ініціали та прізвище авторів** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний); **науковий ступінь і вчене звання, ідентифікатор ORCID, електронна адреса авторів, місце їхньої роботи** (вирівнювання по центру, шрифт – курсив), кожен співавтор з нового рядка; студенти і аспіранти додатково вказують наукового керівника в кінці першої сторінки статті у вигляді виводки;
- **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 невіршених аспектів питання.
 - **Аналіз останніх досліджень та публікацій**. Подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті. В кінці цього розділу стисло формулюється основне завдання наукового дослідження у вигляді **Меті** або **гіпотези статті**.
 - **Матеріали і методи дослідження** – детально описується схема дослідження, умови і місце проведення досліду, основні методи і методики дослідження тощо.
 - **Результати дослідження та їх обговорення** – зазначаються отримані результати дослідження та їх аналіз із наведеним порівнянням щодо відомих фактів (бажано за останні 5 років).
 - **Висновки і перспективи** – необхідно представити конкретні результати аналізу та перспективи подальших досліджень.
 - **Подяки** (якщо необхідні!) подаються після висновків перед бібліографічними посиланнями.
- **список літератури** подається у кінці наукової статті у порядку згадування або у алфавітному порядку, **без нумерації** (кегль шрифту – 14, міжрядковий інтервал – 1). Список літератури повинен містити **не менше 10 літературних джерел** і формується за вимогами **APA 7th Edition**. Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Laurel, 1994), ..., шість і більше авторів – (Jones et al., 1978). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланням <http://nbuv.gov.ua/node/929> або за прикладами на сайті журналу.

Всі літературні джерела потрібно наводити **англійською мовою** і не менше трьох із них повинні мати **ідентифікатор DOI**. Транслітерація допускається лише прізвищ авторів, видавництва і географічних назв.
- **ініціали і прізвища авторів, тема, анотація та ключові слова**, які надаються **англійською** (українською) **мовою**.