

ISSN 2664-4452
2021 | 12 (1)



Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

**UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST
AND WOOD SCIENCE**

Vol. 12, № 1

Київ – 2021

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ЛІСІВНИЦТВА ТА ДЕРЕВИНОЗНАВСТВА

Науковий журнал, 2021, том 12, № 1
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)
<https://doi.org/10.31548/forest2021.01>

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	206 – Садово-паркове господарство 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.	187 – Деревообробні та меблеві технології П. А. Бехта , д. техн. н., проф. А. М. Єрошенко , к. техн. н., доц. О. О. Пінчевська , д. техн. н., проф. Олександр Саленікович , Ph. D. (Канада)
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.	091 – Біологія 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 205 – Лісове господарство 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 Краксер , 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.	101 – Екологія 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 № 7 від 03.03.2021 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 18.03.2021 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 7.15. Зам. № 281.

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. 1
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

<https://doi.org/10.31548/forest2021.01>

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 Kovalevskyyi , 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 Yukhnovskyyi , 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 № 7 dated March 3, 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 March 18, 2021. Format 70x100/16.
7.15 conventional printed sheets. Order No. 281.

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

ЗМІСТ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

Білоус А. М., Дячук П. П., Задорожнюк Р. М., Мацала М. С., Бур'янчук М. М. ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ ДЕРЕВ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ	6
Бугайов С. М., Гірс О. А., Пастернак В. П. ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ДЕРЕВ ЗА ДІАМЕТРОМ ТА ДИНАМІКА ТОВАРНОЇ СТРУКТУРИ ВІЛЬХОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ СЛОБОЖАНСЬКОГО ЛІСОТИПОЛОГІЧНОГО РАЙОНУ	17
Василишин Р. Д., Юрчук Ю. М., Лакида І. П., Бондарчук Р. П. ЕНЕРГОСМНІСТЬ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ЛІСІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ	25
Токарева О. В. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РУБОК ГОЛОВНОГО КОРИСТУВАННЯ В ЛІСАХ УКРАЇНИ (англійською мовою)	34

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Цапко Ю. В., Горбачова О. Ю. ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДИФУЗІЇ ВОЛОГИ ЧЕРЕЗ ПОЛІМЕРНУ ОБОЛОНКУ ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ	41
--	----

ЛІСОВА ЕКОЛОГІЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

Голяка Д. М., Левчук С. Є., Савицька Я. А., Леснік О. М., Гуменюк В. В., Морозова В. С., Прокопук Ю. С., Кашпарова О. В. ОЦІНЮВАННЯ ВМІСТУ ^{90}Sr У ДЕРЕВИНІ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА ОСНОВІ ВИМІРЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ БЕТА-ЧАСТИНОК ІЗ ПОВЕРХНІ КОРИ СТОВБУРА	48
Ковалевський С. Б., Марчук Ю. М., Маєвський К. В., Ковалевський С. С., Чурилов А. М. ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ НА ЛІСОВІ ДІЛЯНКИ ЖИТОМИРЩИНИ	57

БІОЛОГІЯ ЛІСОВИХ ТА УРБАНІЗОВАНИХ ЕКОСИСТЕМ

Меженський В. М., Меженська Л. О. НОМЕНКЛАТУРА ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У ДЕРЖАВНОМУ РЕЄСТРІ СОРТІВ РОСЛИН УКРАЇНИ	68
Устименко П. М., Попович С. Ю., Дубина Д. В. «ЗЕЛЕНА КНИГА»: РІВНІ ФУНКЦІОНУВАННЯ, СИНТАКСОНОМІЯ, СТРУКТУРИЗАЦІЯ	76

CONTENTS

FORESTRY

- Bilous A. M., Diachuk P. P., Zadorozhniuk R. M., Matsala M. S., Burianchuk M. M.**
ACCURACY OF SELECTED METHODS OF MEASUREMENT OF TREE HEIGHTS.... 6
- Buhaiov S. M., Girs O. A., Pasternak V. P.**
PECULIARITIES OF DIAMETER DISTRIBUTION AND DYNAMICS
OF MARKETABILITY STRUCTURE OF ALDER STANDS
IN SLOBOZHANSKYI FOREST TYPOLOGY DISTRICT 17
- Vasylyshyn R. D., Yurchuk Yu. M., Lakyda I. P., Bondarchuk R. P.**
ENERGY CONTENT IN WOODY BIOMASS
OF ZHYTOMYR POLISSIA'S FORESTS 25
- Tokarieva O. V.**
FEATURES OF APPLICATION OF TIMBER HARVEST METHODS
IN THE FORESTS OF UKRAINE..... 34

WOOD PROCESSING AND FURNITURE TECHNOLOGIES

- Tsapko Yu. V., Horbachova O. Yu.**
ESTABLISHMENT OF MOISTURE DIFFUSION REGULARITIES THROUGH
THE POLYMER SHELL OF THERMALLY MODIFIED WOOD 41

FOREST ECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION

- Holiaka D. M., Levchuk S. E., Savytska Ya. A., Lesnik O. M., Humeniuk V. V.,
Morozova V. S., Prokopuk Yu. S., Kashparova O. V.**
ESTIMATION OF ^{90}Sr CONTENT IN WOOD OF SCOTS PINE BASED
ON MEASUREMENT SURFACE FLUX DENSITY OF BETA-PARTICLES
FROM STEM BARK 48
- Kovalevskii S. B., Marchuk Y. M., Maevskii K. V., Kovalevskiy S. S.,
Churilov A. M.**
ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF NEGATIVE IMPACT OF UNAUTHORIZED
AMBER MINING IN FOREST AREAS OF ZHYTOMYR REGION..... 57

BIOLOGY OF FOREST AND URBAN ECOSYSTEMS

- Mezhenskyj V. M., Mezhenska L. O.**
NOMENCLATURE OF WOODY PLANTS IN THE STATE REGISTER OF PLANT
VARIETIES OF UKRAINE 68
- Ustymenko P. M., Popovych S. Yu., Dubyna D. V.**
«GREEN BOOK»: LEVELS OF FUNCTIONING, SYNTAXONOMY,
STRUCTURING 76

ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ ДЕРЕВ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ

А. М. БІЛОУС, доктор сільськогосподарських наук, професор
<https://orcid.org/0000-0002-7589-4307>, e-mail: bilous@nubip.edu.ua

П. П. ДЯЧУК, аспірант*

<https://orcid.org/0000-0003-2801-4556>, e-mail: diachuk@nubip.edu.ua

Р. М. ЗАДОРЖНЮК, аспірант*

e-mail: zadorozhniuk@nubip.edu.ua

М. С. МАЦАЛА, аспірант*

e-mail: matsala@nubip.edu.ua

М. М. БУР'ЯНЧУК, аспірант*

e-mail: mburianchuk@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Дослідження присвячено перевірці точності вимірювання висоти дерев різними способами. В роботі оцінено можливість використання стереофотограмметричного методу для визначення показників висоти дерев за допомогою знімання з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) в умовах стиглого соснового деревостану. Проведено порівняння результатів вимірювання висоти дерев сосни звичайної висотомірами та показників висоти, визначених за даними дистанційного зондування, отриманих за допомогою БПЛА. Загалом у дослідженні було розглянуто шість різних способів вимірювання висоти ростучих дерев. Дослідні дані про висоту модельних дерев збирали трьома різними висотомірами (ручними наземними приладами) та БПЛА Phantom 4 Pro. Застосування БПЛА полягало в оптичному зніманні та збиранні даних за допомогою бортового обладнання. Використано способи визначення висоти дерев, які спираються на результати оброблення даних, зібраних навісним обладнанням квадрокоптера. Зокрема, застосовано вимірювання висоти дерев із хмари точок, побудованої на основі одностороннього вертикального знімання модельних дерев, та розрахунок цифрової моделі висоти крон (СНМ) за даними аерофотознімання горизонтальних прольотів над деревостаном. Результати математичного аналізу проведених досліджень демонструють найвищу точність способу з використанням СНМ для визначення висоти ростучих дерев. Значення середньої випадкової помилки вимірювання висоти модельних дерев для СНМ становило менше ніж 2 %. Наступним за точністю визначення висоти дерев був спосіб вимірювання за допомогою лазерно-оптичного приладу TruPulse 360В, застосування якого продемонструвало найвищу точність з-поміж висотомірів. Використання TruPulse 360В для наземних вимірювань та способу СНМ (за даними оптичної зйомки з БПЛА) показало кращі результати, які відповідають нормативам точності визначення висоти для виробничої таксації. Способи визначення висоти дерев за даними оптичної зйомки з БПЛА можуть використовуватися для проведення обстежувальних, інвента-

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

ризаційних, лісовпорядних та інших робіт, які пов'язані із веденням лісового господарства та моніторингом змін у лісових екосистемах.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, аерофотознімання, стереофотограмметрія, модель висоти крон, висотомір.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Одним з основних таксаційних показників для визначення продуктивності лісів є середня висота деревостанів. Інструментальне вимірювання висоти дерев під час натурного обстеження лісового масиву є обов'язковим і потребує вимагає значних затрат часу та зусиль, особливо у складних за формою насаджень із густим підліском та підростом. Ці та інші чинники впливають на точність виконання вимірювань, як на рівнинній місцевості, так і в гірських районах. Похибка вимірювання висоти дерев та розрахунок середньої висоти деревостану безпосередньо впливає на визначення таких показників, як бонітет, розряд висот, запас деревостану та його зміну.

Висотоміри за технологією вимірювання поділяють на три групи: тригонометричного й геометричного принципу дії та оптичні. Висотоміри тригонометричного принципу дії завжди базисні, тобто потребують фіксації на місцевості відстані від точки вимірювання висоти стовбура до дерева. При цьому висоту вимірюють за кутами візування на основу дерева та його верхівку. Геометричний принцип вимірювання висоти дерев ґрунтується на правилах подібності трикутників. Оптичні висотоміри побудовані на основі законів оптики (Myroniuk et al., 2019). Якщо немає коригування на ухил рельєфу місцевості, нахил дерева, форму крони, це може призводити до значних помилок у вимірюванні висоти ростучого дерева (Bragg, 2008).

Упродовж останніх десятиліть широко застосовують лазерно-оптичні

прилади, які призначені для вимірювання висоти дерева й базуються на використанні вбудованих елементів, зокрема інклінометра та лазерного далекоміра. Крім висоти можна проводити й інші вимірювання, що надає цим приладам переваги порівняно з іншими.

Із розвитком технологій з'явилися нові способи визначення параметрів ростучих дерев за даними дистанційного зондування землі (Forsman et al., 2016; Guimarães et al., 2020; Magnussen et al., 2016; Maselli et al., 2014; Mulla, 2013), які не потребують прямого вимірювання висоти.

Безпілотні літальні апарати широко використовують для оптичного знімання або лазерного сканування з метою збирання даних для вирішення локальних завдань у сільському (Eskandari et al., 2020) та лісовому господарстві (Guimarães et al., 2020). Удосконалення методів фотограмметрії та алгоритмів для оброблення зображень сприяє підвищенню точності побудови щільної хмари точок, яка є основою для створення цифрових моделей рельєфу та місцевості, а також 3D моделей просторових об'єктів. Як результат збільшується й точність результатів дешифрування об'єктів довкілля.

Сучасні вимоги суспільства до точності та актуальності інформації про лісові ресурси передбачають перегляд методів таксації лісу, що застосовують на практиці (Myroniuk et al., 2018), а впровадження дистанційного збирання даних у практику лісової інвентаризації є однією з основних сучасних тенденцій розвитку лісотаксаційних методів (Myroniuk et al., 2019). Саме тому актуальним є обґрунтування ефек-

тивності та точності визначення висоти дерев у лісових масивах із використанням даних дистанційного зондування Землі за допомогою БПЛА порівняно із застосуванням висотомірів.

Мета дослідження – перевірити у природних умовах різні способи і прилади вимірювання висоти дерев та встановити можливість використання методів стереофотограмметрії для визначення висоти дерев за даними оптичного знімання, зібраними за допомогою БПЛА.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили на лісосіці головного користування в Іржавецькому лісництві Державного підприємства «Ніжинське лісове господарство» (30 квартал, 9 виділ) на території Чернігівської області.

Дослідження виконано у 80-річному насадженні I^a класу бонітету зі складом 7С3Дз та відносно повнотою 0,7, яке зростає в умовах свіжого грабово-дубово-соснового сугруду (С₂ гд С). Середній діаметр дослідного деревостану становив 44 см.

Об'єкт дослідження – точність вимірювання висоти дерев різними способами та приладами.

Дослідження проводили у три етапи. Перший етап передбачав відбирання 30 модельних дерев, присвоєння та нанесення унікальних ідентифікаційних номерів на їхніх стовбурах. Вимірювання висоти ростучих дерев виконували висотомірами *Suunto PM-5*, *Haglof EC II-D* та лазерним далекоміром-висотоміром *TruPulse 360B* відповідно до інструкцій із використання та проведення вимірювальних робіт (Laser Technology Inc., 2017).

Під час другого етапу використано БПЛА *Phantom 4 Pro* для виконання оптичного знімання. Дані дистанційного зондування Землі обробляли із використанням програмного забезпе-

чення (ПЗ) Agisoft Metashape (Agisoft Metashape, 2019).

Для безпосереднього визначення висоти дерев використано спосіб вимірювання висоти дерев та кущів за допомогою БПЛА (Bidolakh et al., 2018; Bidolakh et al., 2019). БПЛА встановлювали на рівні кореневої шийки ростучого дерева, що підлягало вимірюванню. Після цього літальний апарат у ручному режимі піднімали до верхівки дерева, центр прицілу його камери, відкалібрований паралельно до горизонту, наводили на найвищу точку дерева. За такої умови атрибутивні дані фотографії верхівки дерева містили просторову інформацію про координати та висоту, яку розраховували GPS-модулем автоматично (маркування способу – АМ) (Bidolakh et al., 2019).

Для використання методів фотограмметрії з метою створення просторових 3D моделей на основі фотографій виконували вертикальну рівновіддалену фотофіксацію всієї осі стовбура модельного дерева зі зніманням через рівні проміжки набору висоти БПЛА. Загалом для цього методу зроблено 1671 фотознімок та виконано 17 вертикальних підйомів для 30 модельних дерев. Це зумовлено груповим просторовим розміщенням деяких модельних дерев.

У результаті оброблення фотографій створювалася хмара точок модельного дерева чи куртини дерев (рис. 1) (Agisoft Metashape, 2019). Кожна з точок у такій хмарі мала відповідні просторові координати в заданій системі. Розрахована хмара точок містила у достатній мірі просторову інформацію, щоб відобразити ростуче дерево у 3D редакторі для визначення його висоти. У дослідженні використовували метричну систему координат WGS 84 / UTM зона 36N (EPSG::32636). Вимі-

рювання проводили за ручним задаванням початку та кінця відрізка інтересу за допомогою режиму лінійних вимірювань у ПЗ Agisoft Metashape. У ручному режимі підбирали найвищу точку крони відповідного модельного дерева, від якої визначали відстань до рівня кореневої шийки (маркування способу – РС).

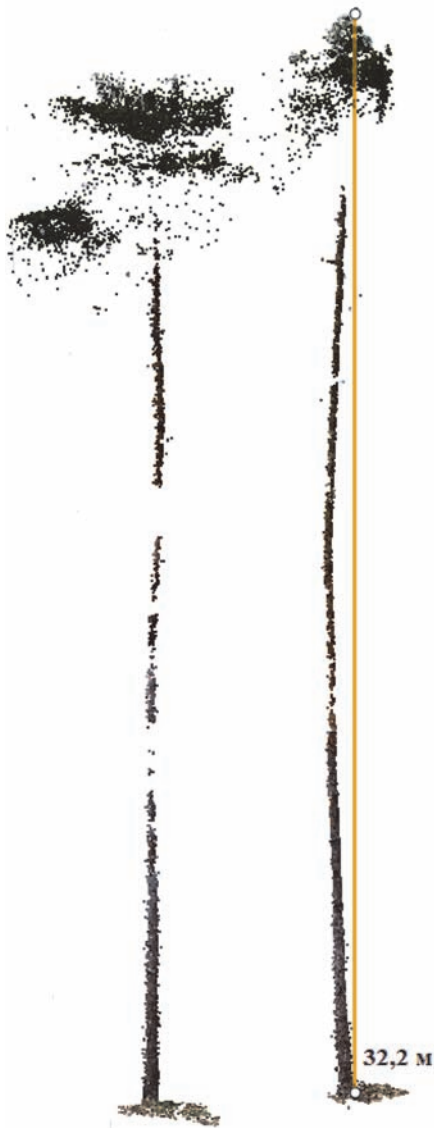


Рис. 1. Вимірювання висоти із хмари точок (спосіб РС)

Додатково визначення висоти дерев здійснювали за моделлю висоти крон (спосіб *СНМ*), який передбачав отримання висоти за сукупністю операцій з оброблення аерофотознімків для одержання растрів цифрової моделі рельєфу (DEM) та місцевості (DSM), а також вирахування вихідного растру моделі висоти крон $СНМ = DSM - DEM$. Для створення цифрових моделей було виконано два горизонтальні прольоти над насадженням на висоті 70 і 90 метрів. У результаті одержано 251 аерофотознімок, на основі яких за допомогою ПЗ Agisoft Metashape було розраховано щільну хмару точок та проведено їхню класифікацію щодо належності землі чи деревам. Розрахований растр *СНМ* аналізували за допомогою пакета інструментів «Spatial Analyst» ПЗ ArcGIS з використанням фільтру «Focal statistics» для визначення висоти (Holiaka et al., 2018). На растр накладали координати модельних дерев, що їх визначали з матеріалів аерофотознімання шляхом візуальної ідентифікації індивідуального номера модельного дерева, нанесеного на стовбур. Відповідно до заданих координат зчитували значення висоти на растровому зображенні *СНМ*. З огляду на зміщення верхівки дерева від перпендикулярної осі росту, радіус пошуку максимальних значень було встановлено 0,75 м.

Третій етап дослідження полягав у контрольних вимірюваннях довжини стовбурів звалених 30 модельних дерев та висоти пнів із використанням лазерного далекоміра-кутоміра *South PD-520N* (табл. 1). Вимірювання діаметрів на висоті 1,3 м проводили за допомогою мірної вилки *Haglof «Mantax blue calipers»*. Сума довжини стовбура зрубаного дерева та висоти пня становила показник істинного значення висоти кожного модельного дерева окремо.

1. Розподіл модельних дерев за висотою та діаметром на висоті груди

Ступінь товщини, см	Висота, м							
	29	30	31	32	33	34	35	36
32			1					
36			1	1				
40	1	4	1	1			1	1
44		1			1	2		1
48					1	1	1	1
52			1	1			1	
56					1	1		
60				1		1	1	

Розподіл вимірних значень висоти модельних дерев за ступенями товщини (табл. 1) характеризується репрезентативним представленням модельних дерев на дослідному полігоні.

Загалом у процесі дослідження визначення показників висоти проводили шістьма різними способами для кожного із 30 модельних дерев сосни звичайної в ростучому стані та 30 істин-

них значень висоти кожної моделі після звалювання (табл. 2).

Результати дослідження та їх обговорення. Отримані за різними способами дані висоти для кожного з 30 модельних та їх істинні значення дерев наведено в табл. 2.

Результати статистичного оброблення даних (табл. 3) дають можливість оцінити переваги та недоліки викорис-

2. Результати вимірювань модельних дерев різними способами

№ модельного дерева	Діаметр, см	Спосіб вимірювання висоти ростучого дерева, м						Істинне значення висоти дерева, м
		<i>Haglof EC II-D</i>	<i>Suunto PM-5</i>	<i>TruPulse 360B</i>	<i>AM</i>	<i>PC</i>	<i>СНМ</i>	
1	48,4	33,00	31,00	30,20	33,50	34,27	32,46	33,06
2	40,4	31,40	32,50	31,30	33,70	33,43	32,56	32,43
3	41,1	26,10	27,00	26,80	31,80	32,83	29,72	29,59
4	48,9	34,40	35,00	33,00	34,60	34,79	33,18	34,09
5	58,3	33,30	36,60	32,60	35,60	35,93	34,33	34,35
6	53,0	34,20	32,60	33,50	36,80	36,46	34,58	33,47
7	44,2	31,30	30,40	32,50	36,30	35,85	32,52	33,22
8	38,0	27,90	26,50	28,50	32,10	31,69	29,79	30,73
9	34,7	30,70	26,50	30,70	33,20	33,07	31,13	32,37
10	46,0	31,70	32,00	32,60	34,80	34,64	31,53	33,81
11	56,2	36,20	35,50	33,70	38,00	37,13	34,71	35,22
12	52,9	32,80	32,00	33,50	36,80	36,04	33,94	34,45
13	38,4	31,30	29,50	28,20	28,90	31,79	29,96	30,48
14	51,1	29,60	28,60	29,20	30,70	31,11	29,53	30,50
15	59,2	32,20	32,50	31,40	34,10	34,30	31,76	32,33
16	42,4	29,20	29,50	28,80	33,30	31,12	29,89	29,67
17	38,2	30,40	31,50	28,40	27,60	28,05	27,97	28,71
18	39,8	29,50	27,80	29,30	31,60	30,06	29,61	29,73
19	39,1	33,40	33,00	31,00	32,30	29,39	30,00	30,45

№ модельного дерева	Діаметр, см	Спосіб вимірювання висоти ростучого дерева, м						Істинне значення висоти дерева, м
		<i>Haglof EC II-D</i>	<i>Suunto PM-5</i>	<i>TruPulse 360B</i>	<i>AM</i>	<i>PC</i>	<i>CHM</i>	
20	51,9	32,10	31,50	34,30	35,50	35,13	34,03	34,88
21	44,8	33,80	33,50	34,80	37,80	34,85	34,51	35,60
22	32,9	30,40	30,50	30,40	35,70	30,20	30,79	31,32
23	48,9	37,50	37,50	35,40	38,40	35,65	35,15	36,33
24	49,8	35,10	35,50	34,60	37,30	34,27	34,43	34,70
25	39,5	35,00	34,50	34,50	39,30	37,38	34,99	35,90
26	57,8	38,10	38,50	36,90	40,20	38,85	36,31	35,48
27	45,7	34,90	35,50	32,00	35,70	33,17	33,52	33,70
28	41,5	34,30	34,30	32,80	38,00	34,46	34,56	35,30
29	40,0	29,90	29,20	28,70	31,70	31,30	30,13	30,23
30	53,9	32,20	33,50	30,90	33,90	33,79	31,34	31,98

3. Результати статистичного оброблення отриманих значень висоти дерев

Статистичні показники	Спосіб визначення висоти дерев					
	<i>Haglof EC II-D</i>	<i>Suunto PM-5</i>	<i>TruPulse 360B</i>	<i>AM</i>	<i>PC</i>	<i>CHM</i>
Середнє арифметичне значення	32,40	32,13	31,68	34,64	33,70	32,30
Середнє квадратичне відхилення	2,73	3,21	2,51	3,02	2,56	2,22
Стандартна похибка	0,50	0,59	0,46	0,55	0,47	0,40
Коефіцієнт мінливості, %	8,42	9,98	7,91	8,73	7,59	6,86
Похибка вимірювання	-0,41	-0,67	-1,12	1,84	0,90	-0,51
Систематична помилка, м	69,60	133,67	25,28	58,04	47,16	11,96
Середня випадкова помилка вимірювання	1,45	2,01	0,88	1,41	1,28	0,64

тання різних способів вимірювання ростучих дерев, що були використані в цьому дослідженні. Найбільшу похибку вимірювання було встановлено для способу *AM* – 1,84, найнижча становила 0,41 для *Haglof EC II-D*. Систематична помилка вимірювання найбільшою виявилася для *Suunto PM-5* – 133,67 м, а найменшою – 11,96 м для *CHM*. Середня випадкова помилка, відповідно, найбільшою виявилася для *Suunto PM-5* – 2,01 та найнижчою – 0,64 для *CHM*.

Результати, отримані у цьому дослідженні, а також дані досліджень (Bidolakh et al., 2018; Bidolakh et al., 2019), додатково підтвердили дослідження (Williams et al., 1994) про най-

вищу точність ручних лазерних вимірювальних приладів.

Похибка вимірювань лазерними приладами пов'язана з перешкодою бокових гілок у процесі прицілювання лазера на вершину модельного дерева, що особливо спостерігається за умов росту та розвитку негустого дерево-стану. Деревя в таких насадженнях стиглого та перестійного віку мають широку шатровидну крону, де найвища точка верхівки дерева не завжди розташовується в центрі крони та зумовлює недооцінку висоти (рис. 1).

Проблему заниження показників висоти за вимірювання лазерними висотомірами, притаманну *TruPulse 360B*, проілюстровано на рис. 2, де показни-

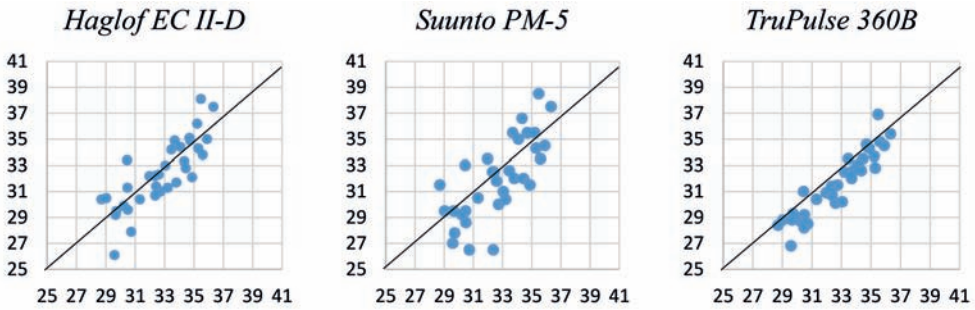


Рис. 2. Порівняння результатів вимірювання висоти дерев висотомірами

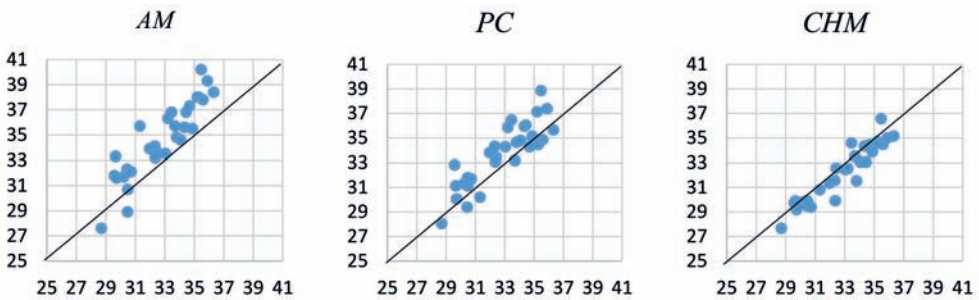


Рис. 3. Порівняння визначення висоти за допомогою БПЛА

ки висоти основної кількості модельних дерев мають занижені значення.

Застосування оптичного висотоміра *Suunto PM-5* передбачає використання двох базисних відстаней (15 та 20 м) і характеризується непрецензійністю показників висот модельних дерев. Специфіка застосування тригонометричного висотоміра *Haglof EC II-D* порівняно з *Suunto PM-5* має перевагу завдяки можливості довільної зміни базисної відстані, що підвищує точність вимірювань. Збільшення базисної відстані для *Haglof EC II-D* може зумовлювати погіршення видимості верхівки модельних дерев та зростання затрат часу на пошук задовільного місця для візування. Найчастіше проблеми із візуванням верхівки дерева виникають в умовах густого деревостану та перетяї місцевості.

Обговорюючи точність способів вимірювання висоти дерев за допомогою

БПЛА та переваги використання *SHM* для деревостанів, потрібно зауважити про існування значної кількості методичних підходів до визначення та уточнення параметрів ростучих дерев, які наведено в роботах (Guimarães et al., 2020) та (Sadeghi & Sohrabi, 2019).

Порівнюючи точність способів визначення висоти за допомогою БПЛА (рис. 3), потрібно звернути увагу, що для створення *SHM* потрібні найменші затрати часу для збирання даних у польових умовах.

Додатковою перевагою для *SHM* є те, що немає потреби у висококваліфікаційних навичках оператора БПЛА для пілотування під пологом деревостану, на відміну від способу *AM* (Bidolakh et al., 2018) та створення хмари точок ростучого дерева за способом *PC*. Також слабким місцем використання дистанційних методів із використанням БПЛА в соснових де-

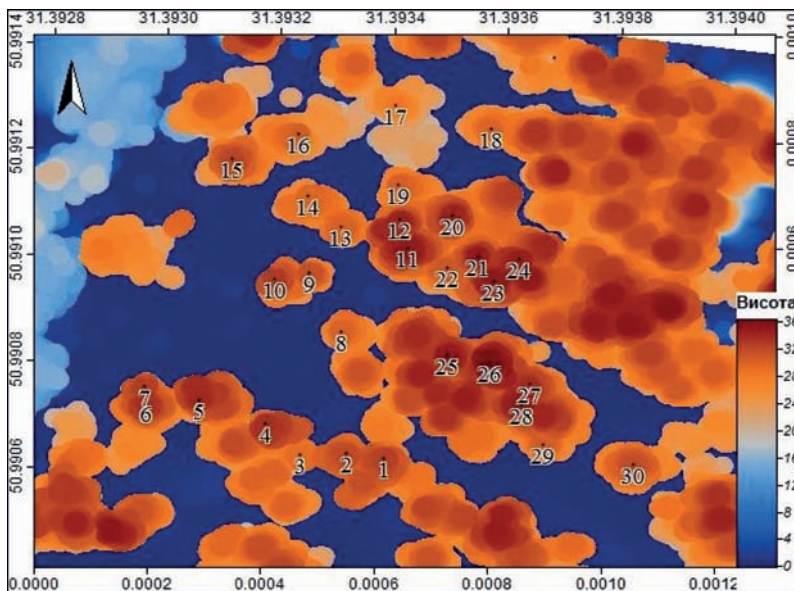


Рис. 4. СММ після використання інструментів «Focal statistics»

ревостанах є їхня залежність від коректності визначення географічно-просторових координат GPS-модулем, через перешкоджання проходженню сигналу через полог лісу. Унаслідок нестабільного сигналу збільшуються затрати часу на уточнення координат та постійне їх коригування, що записується в метадані фотографій. Специфіка соснового деревостану могла зумовити збільшення похибок та відхилень порівняно з даними для букового деревостану (Bidolakh et al., 2019). Зокрема, середня випадкова помилка у процесі досліджень точності вимірювань становила 0,72, а систематична – 15,03 м для дерев бука лісового (*Fagus sylvatica L.*) у листяному насадженні зі складом 10 Бкл та повнотою 0,4 (Bidolakh et al., 2019), а для дерев сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) у дослідному деревостані середня випадкова помилка вимірювань склала 1,41, а систематична помилка 58,04 м (табл. 1).

На рис. 4 відображено номери та просторове розташування модельних

дерев на дослідній ділянці відповідно до встановлених координат. Додатково на рис. 4 нанесено координатну сітку, легенду (шкалу) значень висоти з градацією за кольорами.

Результати визначення висот із растрового зображення СММ після використання фільтру «Focal statistics» (рис. 4) порівнювали з іншими способами визначення висоти за матеріалами аерофотознімання (рис. 3). Отримані значення характеризуються значним завищенням показників висоти для способів АМ та РС. Показники висоти за способом СММ мають найменші відхилення та розміщуються згруповано щодо істинних значень висоти модельних дерев.

Найбільш точним з-поміж усіх розглянутих у дослідженні способів вимірювання ростучих дерев виявився СММ. Лазерно-оптичний прилад *TruPulse 360B* був найточнішим серед ручних наземних висотомірів. Середня випадкова похибка вимірювань для *TruPulse 360B* склала 0,88, а для

$СНМ = 0,64$. Насамперед це пояснюється незалежністю $СНМ$ від дій оператора, тобто мінімується людський фактор у проведенні вимірювань.

Перевагою наземних ручних висотомірів є можливість оперативного отримання значення висоти вимірюваного дерева на місці. Використання оптичного знімання за допомогою БПЛА потребує часу на проведення оброблення та аналізу вихідних даних за допомогою спеціалізованого ПЗ. З іншого боку, за потреби встановлення висоти для значної кількості дерев у насадженні, використання методів стереофотограмметрії характеризується суттєвими перевагами, зокрема, меншими затратами часу на польові роботи, наявністю інформації про висоту всіх ідентифікованих дерев, різноплановими можливостями в роботі з отриманими результатами; обмеженням зони інтересу (полігону, виділу), у якому автоматично встановлюються та моделюються таксаційні показники. Також у процесі оброблення матеріалів аерофотознімання одержують цифрову модель рельєфу, яку в подальшому може бути використано при створенні схеми розробки лісосіки. Окрім того, застосування БПЛА для визначення висоти дерев залишає архів записів процесу вимірювання, що може бути додатковим інструментом для контролю якості лісотаксаційних робіт.

Висновки та перспективи. Порівняння різних способів дало змогу оцінити точність вимірювань та встановити переваги й недоліки приладів для

вимірювання висоти, які активно використовують на території України. Можливості БПЛА для вимірювання висоти показують переваги та перспективність застосування оптичного знімання за допомогою БПЛА для отримання даних під час проведення інвентаризаційних, лісовпорядних та обстежуваних робіт у лісових масивах.

Аналіз результатів використання способу $СНМ$ показав найменший вплив людського фактора на результати, оскільки вимірювання висоти дерев проводиться з мінімальною участю оператора, що важливо для контролю якості виконання господарських заходів та їх проектування.

Значення середньої випадкової похибки для $СНМ$ становило менше ніж 2 %, що дає змогу визначати висоти дерев у соснових деревостанах із високою точністю й задовольняє вимоги за виробничої таксацією згідно з «Інструкцією з впорядкування лісового фонду України» (2014).

Додаткового вивчення потребує оцінка впливу якості сигналів від систем супутникового позиціонування, під пологом лісу, на точність визначення висоти дерев за допомогою бортового оснащення БПЛА у хвойних деревостанах порівняно з листяними.

Накопичення растрових даних надвисокої роздільної здатності, отриманих за допомогою БПЛА, дає змогу збільшити можливості моніторингу лісових насаджень та виявити зміни в їхній структурі на локальному рівні (лісовий масив, квартал, таксаційний виділ).

Список літератури

- Agisoft Metashape, A. M. U. (2019). *Agisoft Metashape User Manual – Professional Edition, Version 1.5*, 145.
- Bidolakh, D. I., Bilous, A. M., & Kuzyovych, V. S. (2018). Measurement of the tree and shrub height with the help of unmanned aerial vehicles. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (1), 24–27 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40280104>
- Bidolakh, D. I., Bilous, A. M., & Kuzyovych, V. S. (2019). The accuracy of measuring the height of trees with the use of a quadcopter. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10 (3), 19–26 [in Ukrainian].

- nian]. <https://doi.org/10.31548/forest2019.03.019>
- Bragg, D. C. (2008). An improved tree height measurement technique tested on mature southern pines. *Southern Journal of Applied Forestry*, 32 (1), 38–43.
- Eskandari, R., Mahdianpari, M., Mohammadianesh, F., Salehi, B., Brisco, B., & Homayouni, S. (2020). Meta-analysis of Unmanned Aerial Vehicle Imagery for Agro-environmental Monitoring Using Machine Learning and Statistical Models. *Remote Sensing*, 12 (21), 3511. <https://doi.org/10.3390/rs12213511>
- Forsman, M., Börlin, N., & Holmgren, J. (2016). Estimation of Tree Stem Attributes Using Terrestrial Photogrammetry with a Camera Rig. *Forests*, 7 (12), 61. <https://doi.org/10.3390/f7030061>
- Guimarães, N., Pádua, L., Marques, P., Silva, N., Peres, E., & Sousa, J. J. (2020). Forestry Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: A Review Focusing on the Data, Processing and Potentialities. *Remote Sensing*, 12 (6), 1046. <https://doi.org/10.3390/rs12061046>
- Holiaka, D., Kato, H., Yoschenko, V. I., Igarashi, Ya., Onda, Yu., Avramchuk, O. O., Holiaka, M. A., Humenyuk, V. V., & Lesnyk, O. M. (2018). Identification and estimation of heights of scots pine trees in forest stands in the Chernobyl exclusion zone using stereophotogrammetry method. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (10), 18–21 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40281003>
- Instructions for arranging the forest fund of Ukraine, (2014) [in Ukrainian]. Available at http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=119314.
- Laser Technology Inc. (2017). *LTI TruPulse 360/360B User's Manual*. 57.
- Magnussen, S., Næsset, E., Kändler, G., Adler, P., Renaud, J. P., & Gobakken, T. (2016). A functional regression model for inventories supported by aerial laser scanner data or photogrammetric point clouds. *Remote Sensing of Environment*, 184, 496–505. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.035>
- Maselli, F., Chiesi, M., Mura, M., Marchetti, M., Corona, P., & Chirici, G. (2014). Combination of optical and LiDAR satellite imagery with forest inventory data to improve wall-to-wall assessment of growing stock in Italy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 26, 377–386. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.09.001>
- Mulla, D. J. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering*, 114 (4), 358–371. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemeng.2012.08.009>
- Myroniuk, V., Bilous, A., Diachuk, P., & Fedyna, K. (2018). Accuracy of sample-based forest inventory obtained from different plot configurations. *Biological Resources and Nature Management*, 10 (5–6) [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/bio2018.05.018>
- Myroniuk, V. V., Svychnyk, V. A., Bilous, A. M., & Vasylyshyn, R. D. (2019). *Forest mensuration: Tutorial*. Kyiv, NUBiP of Ukraine [in Ukrainian]
- Myroniuk, V., Bilous, A., & Diachuk, P. (2019). Predicting forest stand parameters using the k-NN approach. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 10 (2), 51–63 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/forest2019.02.051>
- Sadeghi, S., & Sohrabi, H. (2019). *The effect of UAV flight altitude on the accuracy of individual tree height extraction in a broad-leaved forest. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W18, GeoSpatial Conference 2019 – Joint Conferences of SMPR and GI Research, 12–14 October 2019, Karaj, Iran*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-4-w18-1168-2019>
- Williams, M. S., Bechtold, W. A., & LaBau, V. J. (1994). Five Instruments for Measuring Tree Height: An Evaluation. *Southern Journal of Applied Forestry*, 18 (2), 76–82. <https://doi.org/10.1093/sjaf/18.2.76>

**Bilous A. M., Diachuk P. P., Zadorozhniuk R. M.,
Matsala M. S., Burianchuk M. M.**

ACCURACY OF SELECTED METHODS OF MEASUREMENT OF TREE HEIGHTS

In this paper, the possibilities of using stereophotogrammetry methods for measurements using unmanned aerial vehicles (UAVs) for the conditions of a mature pine stand with uneven density are examined. Here, we carried out a comparison of measurements using altimeters and remote sensing data collected with a UAV optical camera. In particular, the height of growing trees was estimated by three different field-based devices and applying the three methods of data collection and processing

with UAVs. Specifically, one method implied the direct measurements using on-board UAV equipment. The following two methods are based on the data provided by the stereophotogrammetrical approach, while the aerial images for that were collected using a UAV optical camera. In particular, there was a modeling of the points cloud from one-sided vertical shooting of sample trees and determination of height of trees from digital canopy height model (CHM) from data of aerial photography of horizontal spans over a stand. Our investigation confirmed the highest accuracy of laser measuring tools among the ground measuring devices used in research. Respective value of the average random measurement error was less than 3 % (0.88 m). Among the results obtained from the analysis of the original data collected by UAVs, the best method was to utilize the CHM, namely, the average random error was less than 2% (0.64 m). This exceeds the accuracy of laser altimeter measurements 33 %. Thus, this method of measuring height in pine stands meets the standards of accuracy in determining the height for production assessment, according to the "Inventory guidelines for the forest fund of Ukraine", and can be used for survey, inventory, forest management and other works related to forestry and monitoring the changes in forest ecosystems.

Keywords: UAV, CHM, stereophotogrammetry, points cloud.

Отримано: 2021-02-19

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ДЕРЕВ ЗА ДІАМЕТРОМ ТА ДИНАМІКА ТОВАРНОЇ СТРУКТУРИ ВІЛЬХОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ СЛОБОЖАНСЬКОГО ЛІСОТИПОЛОГІЧНОГО РАЙОНУ

С. М. БУГАЙОВ, кандидат сільськогосподарських наук
e-mail: bugaevsergej@ukr.net

Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

О. А. ГІРС, доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-7633-8855>, e-mail: aagirs@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. П. ПАСТЕРНАК, доктор сільськогосподарських наук, професор
e-mail: pasternak65@ukr.net

Український науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького

Проведено огляд літературних джерел щодо розподілу дерев за діаметром та оцінювання товарної структури вільхових деревостанів Слобожанського лісотипологічного району та України в цілому, встановлено актуальність такого дослідження. Наведено зіставлення лісотипологічного і лісогосподарського районування для чіткішого виокремлення регіону дослідження як передумови для створення регіональних нормативів для ведення лісового господарства. Здійснено аналіз поширення вільхи чорної (клеякої) у лісовому фонді регіону дослідження та вивчено лісівничо-таксаційні показники на ділянках під вільшаниками. Встановлено розподіл чорновільхових деревостанів регіону за походженням, типами лісу, повнотою та продуктивністю. Розглянуто таксаційну будову й товарну структуру чорновільхових деревостанів в умовах регіону дослідження. Розраховано моделі мінливості діаметра модального деревостану, відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану, з урахуванням мінімального та максимального діаметрів у модальному деревостані. Встановлено залежність між часткою ділових стовбурів і віком модальних вільхових деревостанів вегетативного походження. Побудовано таблиці динаміки товарної структури модальних вільхових деревостанів з урахуванням розподілу об'ємів ділових стовбурів за класами і підкласами товщини, узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів. При складанні нормативів застосовано попередньо розроблені нормативи ходу росту модальних вільшаників вегетативного походження Слобожанського лісотипологічного району. Проведено порівняльний аналіз динаміки виходу ділової деревини в модальних вільшаниках за різними стандартами. За результатами порівняння розроблених для Слобожанського лісотипологічного району нормативів із нормативами, розробленими для всієї України, встановлено, що у останніх вихід ділової деревини істотно вищий, що насамперед пов'язано з лісорослинними умовами регіону та вегетативним походженням деревостанів.

Ключові слова: модальні деревостани, вільха чорна (клеяка), товарність, класи товщини.

Актуальність. Лісове господарство має важливе значення для національної економіки, окрім того, ліси відіграють важливу роль для здоров'я люди-

ни, підтримання природної рівноваги, тому проблема розвитку лісового господарства поступово набуває пріоритетного значення в Україні. На сучас-

ному етапі актуальним є розроблення відповідних нормативно-інформаційних матеріалів для оцінювання і прогнозування росту головних лісоутворювальних видів з урахуванням зональних особливостей.

За даними державного обліку лісів України, станом на 1 січня 2011 р. вільха чорна (клейка) (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) є одним із поширених м'яколистяних видів на території України: займає площу майже 255 тис. га, або 4,2 % лісового фонду України, запаси вільхових деревостанів становлять близько 27 млн. м³ (Forest Fund of Ukraine, 2011). Деревина вільхи є цінною для народного господарства, передусім це пов'язано з можливістю заготівлі фанерного кряжу. Тому важливим при дослідженні вільшаників є визначення показників динаміки товарності.

З огляду на це, розроблення нормативів для вільхових деревостанів вегетативного походження з урахуванням регіональних особливостей є актуальним для збалансованого ведення господарства в них.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням продуктивності, таксаційної будови та товарної структури деревостанів вільхи чорної різних регіонів України присвячено роботи багатьох науковців (Romashov, 1964; Davydov, 1978; Tkach, 1999; Storozhenko & Pasternak, 2009; Girs, 2011; Blyshchyk, 2015). За результатами дослідження білоруських учених встановлено, що розподіл за кривою Грама–Шарльє забезпечує добру апроксимацію дослідних даних (Baginsky, Katkov & Uss, 2017). Польські вчені встановили, що метод процентилів дуже точно прогнозував розподіл діаметрів і перевершував модель Вейбулла, однак його застосування слід обмежити насадженнями, старши-

ми ніж 20 років (Pogoda, Ochał & Orzeł, 2019).

М. В. Давидов склав таблиці ходу росту та динаміки товарності повних порослевих деревостанів вільхи чорної (Tables, 1958). Недоліком цих таблиць є те, що вони були розроблені для значної території і не враховують регіональні особливості формування деревостанів.

Нашими попередніми дослідженнями (Pasternak & Buhaiov, 2016; Buhaiov, 2017) встановлено, що у вільхових деревостанах І і І^a класів бонітету розподіл стовбурів за ступенями товщини суттєво відрізняється. Зокрема, у віці 30 років вільшаники, які ростуть за І класом бонітету, мають менший середній діаметр, і близько 80 % дерев належать до трьох найменших ступенів товщини. У деревостанах І^a бонітету кількість ступенів товщини є більшою, а розподіл за ступенями – більш рівномірним. Із віком розподіл стовбурів у насадженнях І бонітету вирівнюється, при цьому більшість стовбурів концентруються у трьох середніх ступенях товщини. У насадженнях І^a бонітету відбувається більша диференціація, а в їхній структурі раніше з'являються стовбури з діаметром, значно більшим від середнього.

Метою дослідження є встановлення особливостей таксаційної будови та товарної структури деревостанів вільхи чорної Слобожанського району.

Матеріали і методи дослідження. За лісогосподарським районуванням регіон досліджень (Слобожанський район лісотипологічної області свіжого грунту (2 d) (Ostapenko & Tkach, 2002)) займає частину Лівобережно-Дніпровського (Північний та Південний райони Полтавської рівнини) і Середньоруського лісостепових округів Лісостепової області (Gensiruk, 2002).

1. Статистична характеристика таксаційних показників насаджень пробних площ

Таксаційний показник	Статистика					
	\bar{X}	σ	Es	As	min	max
A , років	54,7	20,06	-0,25	0,59	24,0	105,0
D , см	24,6	7,58	0,18	0,69	13,5	47,3
H , м	22,0	3,59	-0,48	-0,15	14,0	30,2
G , м ² ·га ⁻¹	26,1	5,07	1,19	0,45	13,3	45,0
P	0,78	0,12	1,62	0,89	0,53	1,25

Для детального вивчення таксаційної будови та товарної структури використано 80 пробних площ у чорновільхових деревостанах вегетативного походження, на 15 із них було відібрано модельні дерева (Buhaiov & Pasternak, 2020). На зрубаних модельних деревах проводили повний аналіз стовбура й встановлення виходу розмірно-якісних категорій деревини. Із загальної кількості пробних площ потрібно виділити чотири постійні пробні площі, на яких заміри проводили раз на п'ять років (у 2005, 2010, 2015 і 2020 рр.).

Аналіз пробних площ за основними таксаційними показниками підтверджує, що підібрані для дослідження деревостани за походженням, складом, класом бонітету, відносно повнотою та типами лісу відповідають найпоширенішим умовам формування вільшаників у Лівобережному Лісостепу України.

Результати польових та лабораторних досліджень було опрацьовано з використанням прикладних програм MS Excel, SPSS і Statistica.

Із метою виявлення закономірностей розподілу таксаційних показників вільхових деревостанів та визначення однорідності дослідних даних було проведено їхній статистичний аналіз. Основні характеристики – середнє арифметичне (\bar{X}), середнє квадратичне відхилення (σ), асиметрія (As), ексцес (Es), мінімальне (min) та максимальне

(max) значення у натуральних величинах – для досліджуваних деревостанів вільхи клейкої наведено в табл. 1.

Аналіз статистичних показників свідчить, що для віку (A), середнього діаметра (D), середньої висоти (H), суми площ поперечних перерізів (G) показники асиметрії та ексцесу в натуральних величинах не перевищують допустимі значення ($As < 1,0$; $Es < 1,2$). Для висоти визначено лівосторонню асиметрію, тоді як для інших досліджуваних показників – правосторонню. Розподіл значень віку та середньої висоти характеризується гостровершинною кривою, інших показників – туповершинною. Досліджувана база даних пробних площ достатньо повно описує насадження вільхи чорної і придатна для моделювання таксаційної будови та товарної структури.

Для визначення ступеня тісноти зв'язку між таксаційними показниками вільхових деревостанів Лівобережного Лісостепу України на пробних площах було побудовано кореляційну матрицю (табл. 2).

Аналіз отриманих коефіцієнтів кореляції підтверджує наявність тісного зв'язку між такими показниками, як середній вік (A), середній діаметр (D), середня висота (H). Відповідні коефіцієнти кореляції мають значення від 0,84 до 0,91. Статистично значущими є зв'язки кількості дерев із середньою висотою (H), середнім віком (A) і середнім діаметром (D). Сума площ по-

2. Кореляційна матриця основних таксаційних показників ПП

Показник	<i>A</i> , років	<i>H</i> , м	<i>D</i> , см	<i>N</i> , шт.	<i>P</i>	<i>G</i> , м ² ·га ⁻¹
<i>A</i> , років	1,00	0,84	0,91	-0,66	-0,43	0,48
<i>H</i> , м		1,00	0,86	-0,78	-0,42	0,67
<i>D</i> , см			1,00	-0,71	-0,43	0,53
<i>N</i> , шт.				1,00	0,47	-0,45
<i>P</i>					1,00	0,35
<i>G</i> , м ² ·га ⁻¹						1,00

перечного перерізу (*G*) має тісний кореляційний зв'язок лише із середньою висотою (*H*) – 0,67, з іншими таксаційними показниками значущого зв'язку не виявлено.

Побудову теоретичних рядів розподілу за діаметром було проведено за методикою, опрацьованою на кафедрі лісової таксації та лісовпорядкування НУБіП України. Після сформування бази даних переліків за допомогою програми STRUK було отримано параметри їхньої будови.

Результати дослідження та їх обговорення. За даними повидільної бази «Лісовий фонд» станом на 1 січня 2011 р., чорновільхові лісостани в регіоні дослідження займають площу понад 26,6 тис. га з запасом деревини 4789,0 тис. м³. За походженням 68 % чорновільхових деревостанів є вегетативного походження та 32 % – насінневого. У регіоні дослідження деревостани вільхи чорної характеризуються високою продуктивністю. Зокрема, насадження I класу бонітету займають майже 35 % загальної площі вільшняків, II – 29 %, I^a – 15 %.

У Слобожанському районі найчастіше трапляються середньоповнотні деревостани з відносною повнотою 0,7 – 0,8 (44,3 %). Також значні площі займають деревостани з повнотою 0,8 – 0,9 (24,1 %). Частина низькоповнотних насаджень є незначною. Переважними типами лісу в умовах Слобожанського району є сирий чорновільховий сугруд (C₄-Влч) та сирий

чорновільховий груд (D₄-Влч) (Buhaiiov & Pasternak, 2020).

Розрахунки таксаційної будови у середовищі EXCEL за програмою БУ-ДОВА показали, що оптимальним для цього об'єкта досліджень є β- розподіл.

Результати моделювання представлено формулами:

$$V = -31,81 + 4,837 \cdot D - 0,1298 \cdot D^2 + 0,00107 \cdot D^3, \quad (1)$$

$$W = 1,03 - 7,47 \cdot 10^{-3} \cdot P_{dil} + 7,1 \cdot 10^{-5} \cdot P_{dil}^2, \quad (2)$$

$$R_1 = 0,51 - 1,47 \cdot 10^{-2} D + 3 \cdot 10^{-4} \cdot D^2, \quad (3)$$

$$R_2 = 2,16 - 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot D, \quad (4)$$

де *V* – мінливість діаметра модального деревостану;

W – відношення мінливості ділової частини до загальної мінливості діаметра деревостану;

*R*₁ та *R*₂ – відповідно мінімальний та максимальний діаметри у модальному деревостані.

Також, як функцію від середнього діаметра (*D*), було встановлено залежність між часткою ділових стовбурів (*P*_{dil}) і віком (*A*) модальних вільхових деревостанів вегетативного походження:

$$P_{dil} = -22,5 + 5,727 \cdot D - 8,62 \cdot 10^{-2} \cdot D^2. \quad (5)$$

На рисунку наведено графік загального числа стовбурів для 50–80-річних модальних вільхових деревостанів на основі зазначених вище (формули 1–5) параметрів бета-розподілу.

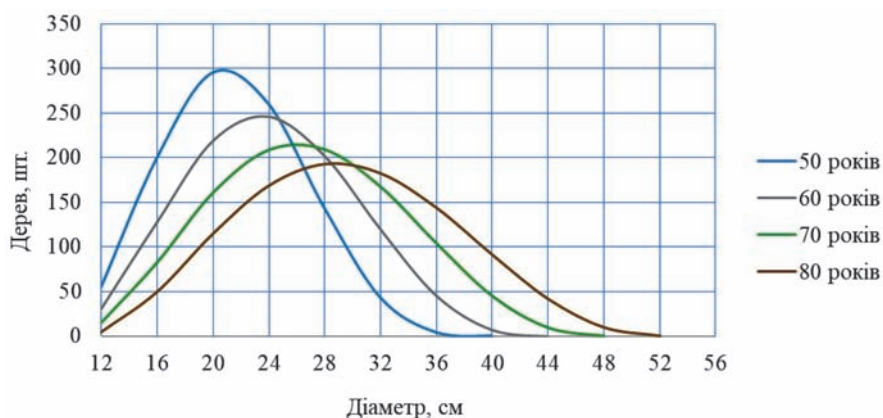


Рис. Розподіл стовбурів за діаметром у модальних вільхових деревостанах вегетативного походження

На графіку 1000 стовбурів умовно відповідають загальній кількості дерев у деревостані, тобто 100 % усіх дерев. Також було побудовано ряди ділової частини деревостанів.

Закономірності таксаційної будови є теоретичною основою побудови нормативів (таблиць товарної структури та динаміки товарності). Для моделювання динаміки товарної структури вільхових деревостанів вегетативного походження було використано регіональні таблиці ходу росту (Buhayov & Pasternak, 2020), таблиці розподілу об'єму ділових стовбурів вільхи за класами та підкласами

товщини (Forest inventory handbook, 2020) та наведені вище параметри будови за діаметром. Класи та підкласи товщини ділової деревини встановлювали за середнім діаметром колод без кори: D1b – 14,5–19,4 см, D2a – 19,5–25,4 см, D2b – 25,5–29,4 см, D3a – 29,5–34,4 см, D3b – 34,5–39,4 см, D4 – 39,5–49,4 см. Нормативи розраховували за розробленою на кафедрі лісової таксації і лісовпорядкування НУБІП України методикою (Kashpor, 1999).

Динаміку товарності модальних вільхових деревостанів I класу бонітету наведено у табл. 3.

3. Динаміка товарної структури модальних вільхових деревостанів вегетативного походження Слобожанського лісотипологічного району

Вік, років	Середні		Запас, м ³ ·га ⁻¹	Ділова деревина за класами товщини							Дрова	Відходи
	H, м	D, см		D1b	D2a	D2b	D3a	D3b	D4	Разом		
30	18,4	16,0	208	24	3					27	175	6
35	19,5	17,6	226	36	9	1				46	170	10
40	20,6	19,1	240	42	19	3				64	163	13
45	21,5	20,6	253	45	29	7				81	155	17
50	22,3	22,1	264	45	36	14	2			97	147	20
55	23,0	23,5	274	43	39	22	5			109	143	22
60	23,6	24,9	283	40	40	30	9	1		120	138	25
65	24,2	26,3	291	36	40	36	14	3		129	135	27
70	24,7	27,7	298	33	38	41	20	5	1	138	131	29
75	25,1	29,1	304	29	36	44	25	9	2	145	128	31
80	25,5	30,5	310	25	33	46	31	13	4	152	125	33

Слід зауважити, що нормативи динаміки товарної структури модальних вільхових деревостанів побудовані на принципово нових даних про розподіл об'єму ділових стовбурів від 16 см і більше за класами і підкласами товщини (Forest inventory handbook, 2020), узгодженими з європейськими підходами щодо таксації круглих лісоматеріалів (DSTU EN 1315-1: 2001, 2002). Об'єм дров'яної деревини встановлювали як суму об'єму дров'яних стовбурів та дров'яної деревини з ділових дерев.

Ми також провели порівняльний аналіз динаміки виходу ділової деревини в модальних вільшаниках за різними стандартами (таксація ділової деревини за верхнім та середнім діаметром) (табл. 4).

Як видно з табл. 4, вихід ділової деревини значно нижчий (на 7–57 %) за її оцінювання не за верхніми, а за середніми діаметрами, причому найбільший вплив – у молодшому віці деревостанів. Останнє положення пояснюється тим, що за європейськими стандартами дерева від 8-го до 16-го

ступенів товщини фактично не мають ділової деревини.

Якщо порівняємо розроблені для Слобожанського лісотипологічного району нормативів з нормативами, розробленими для всієї України (Girs, 2007), зауважимо, що у останніх вихід ділової деревини істотно вищий, що пояснюється особливостями формування деревостанів регіону дослідження та вегетативним походженням. Зменшення частки ділової деревини у вільхових деревостанах вегетативного походження після 60-річного віку встановлено також у дослідженнях В. П. Ткача (Тkach, 1999).

Висновки і перспективи. Результати аналізу свідчать про те, що вільхові деревостани регіону досліджень за динамікою росту і товарності істотно відрізняються від деревостанів Полісся України. Тому представлені в цій роботі нормативи таксаційної будови та динаміки товарної структури модальних вільхових деревостанів з урахуванням європейських підходів щодо таксації круглих лісоматеріалів можуть суттєво підвищити якість ведення лісо-

4. Порівняльний аналіз оцінки динаміки розмірно-якісної структури вільхових модальних деревостанів вегетативного походження за чинними та європейськими стандартами

Вік, років	Ділова частина модального деревостану, м ³ ·га ⁻¹			Відхилення за виходом ділової деревини	
	стовбуровий запас	запас ділової деревини		м ³ ·га ⁻¹	%
		за старими нормативами	за європейськими стандартами		
30	87	64	27	-37	-57,5
35	111	81	46	-35	-43,2
40	129	94	64	-30	-32,0
45	146	107	81	-26	-24,0
50	163	119	97	-22	-18,5
55	177	129	109	-20	-15,6
60	190	139	120	-19	-13,5
65	200	146	129	-17	-11,6
70	210	153	138	-15	-10,0
75	218	159	145	-14	-8,9
80	225	164	152	-12	-7,5

вого господарства та точність визначення таксаційних показників вільхових деревостанів Слобожанського регіону.

Доцільність використання розроблених нормативів слід встановити за

результатами дослідно-виробничої перевірки. Для визначення закономірностей розподілу деревини за класами якості у вільхових деревостанах потрібно провести додаткові дослідження.

Список літератури

- Baginsky, V., Katkov, N. & Uss, E. (2017). Peculiarities of black alder stands' structure in Belarussian forests. *Scientific Journal of NULES of Ukraine*, 266, 9–15 [in Russian].
- Bilous, A. M. (Ed.). (2020). *Forest inventory handbook*. Kyiv [in Ukrainian].
- Blyshchuk, V. I. (2015). Net Primary Production of Black Alder Stands of Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 25 (8), 43–48 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40250806>
- Buhaiov, S. M., & Pasternak, V. P. (2020). *Alder forests of the left-bank forest-steppe of Ukraine: state and productivity*. Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian].
- Buhaiov, S. M., Pasternak, V. P., & Bila, Yu. M. (2019). Growing tables of modal alder stands of vegetative origin of Ukrainian Left-Bank Forest-Steppe. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29 (3), 13–17 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/4029030>
- Buhaiov, S. M. (2017). The commodity structure of alder stands in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 1, 185–193 [in Ukrainian].
- Davydov, M. V. (1978). *Alder*. Moscow: Forest Industry [in Russian].
- DSTU EN 1315-1: 2001 (2002). "Dimensional classification. Part 1. Deciduous round timber". Kyiv: State Standard of Ukraine [in Ukrainian].
- Forest Fund of Ukraine (State as 01.01.2011). Reference Book. (2012). Ukrainian State Project Enterprise "Ukrderzhlisproject" [in Ukrainian].
- Girs, O. A. (2007). Proposals for the substantiation of the age of the main felling in the alder forests of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 17 (7), 46–51 [in Ukrainian].
- Girs, O. A. (2011). *Maturity of forest stands and use of wood resources in forests of different functional purposes*. Korsun-Shevchenkivskiy: Izd. Maydachenko I. S. [in Ukrainian].
- Kashpor, S. M. 1999. Methodical bases of stand commodity structure dynamics creation. *Scientific bulletin of National Agrarian University*, 17, 265–268 [in Ukrainian].
- Ostapenko, B. F. & Tkach, V. P. (2002). *Forest typology. Part 2*. Kharkiv, Kharkiv State agrarian university named after V. V. Dokuchayeva [in Ukrainian].
- Pasternak, V., & Buhaiov, S. (2016). Peculiarities of the taxation structure of alder stands of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Journal of NULES of Ukraine. Series of "Forestry and landscape gardening"*, 238, 39–48 [in Ukrainian].
- Pogoda, P., Ochał, W., & Orzeł, S. (2019) Modeling Diameter Distribution of Black Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) stands in Poland. *Forests*, 10 (5), 412. <https://doi.org/10.3390/f10050412>
- Romashov, N. V. (1964). Productivity and assortment structure of black alder stands in different forest zones of the Ukrainian SSR. *Forest science and forestry*. Kharkov, 18–26 [in Russian].
- Storozhenko, V. I., & Pasternak, V. P. (2009). Peculiarities of taxation structure of alder forest stands in the middle stream of Siversky Donets. *Forestry and Forest Melioration*, 115, 80–89 [in Ukrainian].
- Tables of growth and marketability of stands of tree species of Ukraine. (1958). Kyiv: State agricultural publishing house [in Ukrainian].
- Tkach, V. P. (1999). *Floodplain forests of Ukraine*. Kharkiv: Law [in Ukrainian].

Buhaiov S. M., Girs O. A., Pasternak V. P.

PECULIARITIES OF DIAMETER DISTRIBUTION AND DYNAMICS OF MARKETABILITY STRUCTURE OF ALDER STANDS IN SLOBOZHANSKYI FOREST TYPOLOGY DISTRICT

A review of literary sources on the diameter distribution of trees and marketability structure of black alder stands in the Slobozhanskyi forest typological district and the whole of Ukraine is carried

out, the relevance of this study is established. Comparison of forest typological and forest management zoning is presented for a clearer identification of the study region, as a prerequisite for the creation of regional standards for forestry. The analysis of the distribution of black alder in the forest fund of the study region is carried out and the forestry and evaluation indicators of the alder forest stands are studied. The distribution of black alder stands of the region by origin, forest types, density of stocking and productivity has been evaluated. The evaluation indicators and marketability structure of black alder stands in the study region are considered. Models of the diameter variability of the modal stand, the ratio of the variability of the industrial timber part to the total dimensional variability of the stand, taking into account the minimum and maximum diameters in the modal stand, have been calculated. The relationship between the proportion of industrial timber and the age of modal alder stands of coppice origin has been established. The tables of the marketability structure dynamics of modal alder stands were created, taking into account the distribution of the volumes of industrial timber by dimensional classes, consistent with European approaches to round timber measurement. When compiling the standards, the previously developed yield tables of modal black alder stands of coppice origin of the Slobozhanskyi forest typological district, a comparative analysis of the dynamics of the output of industrial timber in modal black alder stands according to different standards is carried out. When comparing the standards developed for the Slobozhanskyi forest typological district with the standards developed for the whole of Ukraine, it was found that in the latter the output of industrial timber is significantly higher, which is primarily associated with the forest site conditions of the region and the coppice origin of forest stands.

Keywords: modal stands, black alder, marketability, dimensional classes.

Отримано: 2021-02-25

ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ ЛІСІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

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

Ю. М. ЮРЧУК, аспірант*
e-mail: Urchuk290@gmail.com

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

Р. П. БОНДАРЧУК, аспірант*
e-mail: ruslanbondarchukzt@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розвиток відновлювальної енергетики є одним із базових напрямів декарбонізації енергетичного сектору України, зокрема й у лісовому господарстві. Підвищення ефективності використання деревної біомаси для енергетичних цілей, поряд із забезпеченням відповідного рівня технологічних процесів і технічного оснащення, потребує водночас надійного інформаційного інструментарію для прийняття управлінських рішень. Важливою складовою цього інструментарію є регіональні оцінки енергетичної функції лісових фітоценозів.

Інформаційною базою дослідження слугувала інформація з бази даних ВО «Укрдержліспроект», що містить повидільну таксаційну характеристику деревостанів досліджуваного регіону, а також система математичних моделей для кількісного оцінювання фітомаси й мортмаси лісів.

У результаті встановлено кількісні значення загальної енергоємності фітомаси та мортмаси лісів Житомирського Полісся. Загальний обсяг енергії, акумульованої у рослинній біомасі лісів регіону, становить 3035,7 ПДж, що за своїм еквівалентом відповідає 100,2 млн тонн умовного палива. Водночас, частка загальної енергоємності мортмаси складає 11,1 %. У структурі енергоємності рослинної біомаси регіону домінують соснові деревостани, в яких акумульовано понад 60 % обсягів енергії лісів Житомирщини, зокрема 70,8 % – у фітомасі стовбурів дерев. Понад 40 % енергії акумульовано у рослинній біомасі деревостанів I класу бонітету, які переважно ростуть у порівняно бідних лісорослинних умовах (суборах).

У загальній структурі енергоємності мортмаси (336,2 ПДж) понад 60 % належить лісовій підстилці (212,8 ПДж), однак її не розглядають як джерело відновлювальної енергії, сухостю – 12,3 % (41,3 ПДж), сухим гілкам – 17,8 % (майже 60 ПДж).

Одержані у процесі дослідження результати слугуватимуть інформаційною основою для формування стратегії розвитку лісової біоенергетики в Житомирській області.

Ключові слова: деревна біомаса, енергія, мортмаса, насадження, низьковуглецевий розвиток, таксаційні характеристики.

Актуальність. Розвиток відновлювальної енергетики є одним із базових напрямів декарбонізації енергетичного сектору України, що відображено в ухваленій Кабінетом Міністрів України у 2018 р. Стратегії низьковуглеце-

вого розвитку (Strategy..., 2018). Цей документ також передбачає підвищення рівня поглинання вуглецю та скорочення викидів парникових газів у секторі лісового господарства, зокрема через розвиток лісової біоенергетики.

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

Підвищення ефективності використання деревної біомаси для енергетичних цілей, поряд із забезпеченням відповідного рівня технологічних процесів і технічного оснащення, потребує водночас надійного інформаційного інструментарію для прийняття управлінських рішень. Важливою складовою цього інструментарію є регіональні оцінки енергетичної функції лісових фітоценозів, які також характеризують енергоємність деревної біомаси та енергопродуктивність модальних насаджень (Vasylyshyn, 2018; Vasylyshyn, Lakyda & Sliusarchuk, 2019).

В умовах Житомирського Полісся, де ліси є ключовим природним об'єктом, що забезпечує екологічну рівновагу довкілля та слугує джерелом деревних ресурсів, оцінювання енергоємності деревної біомаси забезпечить науковий базис для формування регіональної лісової біоенергетичної програми.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині проблематика дослідження різних аспектів виробництва й споживання енергії дістає відображення в наукових роботах технічного (Dubrovin, Korchemnyi & Maslo, 2004), економічного (Prokip, 2010), екологічного (Vasylyshyn, 2016; Sytnyk, 2017) й біологічного (Kukhar, Kuzminskyi & Holub, 2005) спрямування.

Ґрунтовні біоенергетичні дослідження інноваційно-технологічного спрямування використання рослинної біомаси нині здійснюють науковці науково-технічного центру «Біомаса» та інституту технічної теплофізики НАН України під керівництвом Г. Г. Гелету-хи (Geletukha, 2021).

Науковий доробок дослідників інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України теж характеризує екоорієнтовані дослідження енергетики природних екосистем, на прикладі вивчення енергетичного балансу фітоце-

нозів м. Києва та його зеленої зони (Didukh, 2007).

Актуальним є цей науковий напрям для науковців з країн Європейського Союзу, оскільки в переважній більшості випадків розвиток економіки тут залежить від імпортованого природного газу. Зокрема, згадана тематика представлена у дослідженнях представників Швейцарського федерального інституту лісових, снігових та ландшафтних досліджень (Burg et al., 2018). За їхніми оцінками, щорічний теоретичний потенціал біомаси у Швейцарії становить близько 209 ПДж, у тому числі 108 ПДж – за рахунок деревної біомаси.

Для умов Іспанії, з метою оцінювання обсягів біомаси у насадженнях *Pinus sylvestris* L., міжнародна група науковців застосувала лідарну зйомку, що дало змогу встановити обсяги біомаси для семи компонентів деревостану: надземну біомасу, підземну біомасу, біомасу стовбурів, біомасу хвої, біомасу великих, середніх і малих гілок (Hernando et al., 2019).

Екологічні наслідки для лісового біогеоценозу від використання деревної біомаси з енергетичною метою стали об'єктом дослідження науковців зі Швеції (De Jong et al., 2017), які зазначають, що збільшення обсягів заготовівлі деревної біомаси у лісах Швеції може мати негативні наслідки для стану навколишнього середовища. Подібне дослідження провели також польські науковці (Nurek, Gendek & Roman, 2019), які здійснили аналіз фізичних та хімічних властивостей подрібнених лісових залишків *Pinus sylvestris* L. Водночас, для Уругваю актуальним енергетичним ресурсом деревної біомаси є евкалиптові (*Eucalypts* Sp.) плантації, які досліджують для встановлення їхньої продуктивності та енергоємності (Bentancor et al., 2019).

1. Розподіл кількості лісових ділянок Житомирського Полісся за панівними лісотвірними видами

Вид деревних рослин	Кількісний показник		Вид деревних рослин	Кількісний показник	
	шт.	%		шт.	%
Береза повисла	56 146	17,8	Осика	3656	1,2
Вільха клейка	31 128	9,9	Сосна звичайна	178 794	56,8
Граб звичайний	1445	0,5	Ялина європейська	3562	1,1
Дуб звичайний	35 421	11,2	Інші деревні види	4890	1,6
Разом				315 042	100,0

Мета дослідження – здійснити оцінювання вмісту енергії у компонентах фітомаси та мортмаси лісів Житомирського Полісся.

Матеріали і методика дослідження. Інформаційним підґрунтям дослідження слугувала інформація з бази даних ВО «Укрдержліспроєкт», що містить повидільну таксаційну характеристику насаджень (понад 300 тис. лісових ділянок) досліджуваного регіону (табл. 1).

Методика оцінювання показників енергоємності деревної біомаси полягає у інтегрованому поєднанні масиву лісотаксаційних даних із системою математичних моделей для кількісного оцінювання фітомаси й мортмаси лісів регіону (Bilous, 2018; Schepaschenko et al., 2017; Shvidenko et al., 2014) та кількісними параметрами питомої енергоємності компонентів деревної біомаси (Shvidenko, Nilsson, Obersteiner, 2004; Vasylyshyn, 2018) головних лісотвірних видів рослин. Для інших деревних видів згадані показники енергоємності встановлено на основі середньозважених значень вказаних видів.

Результати дослідження та їх обговорення. Процеси, пов'язані з надходженням, трансформацією та використанням енергії, визначають як ключові у навколишньому середовищі, оскільки від їхньої інтенсивності залежить ефективне функціонування будь-яких природних екосистем.

Під час виконання дослідження встановлено, що оцінка загальних обсягів енергії, акумульованої у рослинній біомасі лісів Житомирського Полісся (170,4 млн т абсолютно сухої речовини, зокрема 151,6 – фітомаса, 18,8 – мортмаса), становить 3035,7 ПДж, у тому числі у фітомасі – 2699,5 ПДж (табл. 2). За своїм еквівалентом це орієнтовно відповідає 100,2 млн тонн умовного палива (т у. п.), зокрема для хвойних деревостанів відповідно 1866,4 ПДж, або 61,6 млн т у. п., твердолистяних – 500,4 ПДж, або 16,5 млн т у. п., м'яколистяних – 668,6 ПДж, або 22,06 млн т у. п. Енергетична частка інших деревних видів становить менше ніж 0,1 %.

Частка загальної енергоємності мортмаси у загальній структурі енергії,

2. Загальний вміст енергії у рослинній біомасі лісів Житомирського Полісся

Група порід	Енергоємність рослинної біомаси, ПДж	
	фітомаса	мортмаса
Хвойні	1673,0	193,4
Твердолистяні	426,4	74,0
М'яколистяні	599,7	68,9
Інші деревні види	0,3	0,1
Разом	2699,5	336,2

3. Видова диференціація якісних показників енергоємності біомаси лісів Житомирського Полісся

Панівний деревний вид у насадженні	Якісний показник енергоємності	
	щільність енергії фітомаси, МДж·(м ²) ⁻¹	щільність енергії мортмаси, МДж·(м ²) ⁻¹
Береза повисла	217,81	19,57
Вільха чорна	210,18	32,25
Дуб звичайний	263,48	48,76
Осика	197,95	43,75
Сосна звичайна	302,01	36,17
Ялина європейська	318,53	46,45
Середнє у межах регіону	273,05	34,73

акумульованої у рослинній біомасі лісів Житомирського Полісся, становить 11,1 %.

У загальній структурі енергоємності рослинної біомаси досліджуваного регіону домінуючі позиції займають соснові деревостани, в яких акумульовано понад 60 % (1844,8 ПДж) обсягів енергії лісів Житомирщини. Наступні позиції належать дубовим і березовим деревостанам із показником 15,1 та 14,4 % відповідно. Частка вільхових насаджень становить близько 7 %, тоді як частка грабових, осокових та ялинових деревостанів не перевищує 1 %.

Встановлено, що найвищою щільністю акумульованої енергії на одиниці площі характеризуються ялинові та соснові насадження (табл. 3). Кількісні значення показника щільності енер-

гії фітомаси для цих насаджень досягають 318,53 та 302,01 МДж·(м²)⁻¹ відповідно. Загалом згаданий показник у межах насаджень панівних лісотвірних видів змінюється від 197,95 МДж·(м²)⁻¹ для осикових насаджень до 318,53 МДж·(м²)⁻¹ для ялинових. Середнє значення показника щільності енергії фітомаси у межах насаджень досліджуваного регіону перебуває на рівні 273,05 МДж·(м²)⁻¹. Для мортмаси згаданий показник на порядок нижчий і становить близько 35 МДж·(м²)⁻¹, тоді як домінуючі позиції за щільністю енергії, акумульованої у мортмасі, належать дубовим та ялиновим деревостанам.

Аналізуючи показники середнього приросту енергії у фітомасі стовбурів дерев, потрібно зазначити, що найвищі

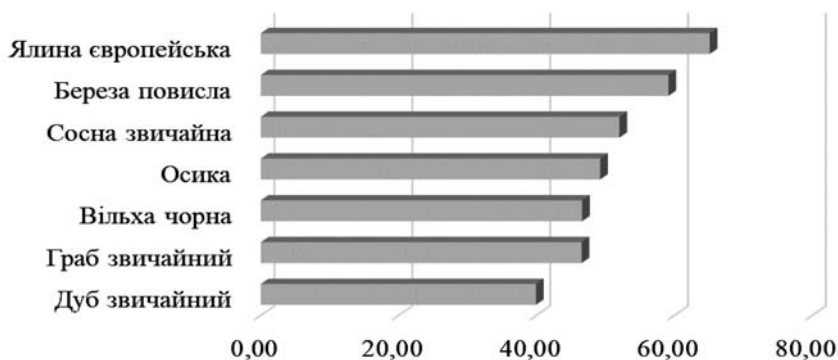


Рис. 1. Приріст енергії у фітомасі стовбурів дерев, ГДж·га⁻¹·рік⁻¹

4. Розподіл запасів енергії у рослинній біомасі лісів Житомирського Полісся у межах класів бонітету

Клас бонітету	Енергоємність рослинної біомаси, ПДж	
	фітомаса	мортмаса
I ^a і вище	480,96	58,71
I	1146,27	136,78
II	858,06	111,19
III	166,52	24,16
IV	29,49	3,94
V і нижче	18,15	1,46
Разом	2699,5	336,2

його значення характерні для ялинових і березових насаджень – 65,12 та 59,13 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹ відповідно. Загалом в умовах Житомирського Полісся у середньому приростає 51,81 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹ енергії (рис. 1).

У регіоні дослідження понад 40 % енергії акумульовано у рослинній біомасі деревостанів I класу бонітету (4). Ще близько третини – у деревостанах II класу бонітету, що цілком закономірно, враховуючи регіональний розподіл площі та бонітетну структуру деревостанів у межах вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Житомирського Полісся.

Водночас, аналізуючи якісні показники енергоємності, що представлені на рис. 2, варто звернути увагу на різ-

ницю у трендах їх зміни для фітомаси та мортмаси лісів регіону.

Фітомасі притаманна пряма залежність щільності енергії з продуктивністю деревостанів, яка характеризується зокрема класом бонітету. Кількісні значення згаданого показника змінюються від 350,69 МДж·(м²)⁻¹ для деревостанів I^a і вище класів бонітету до 139,30 МДж·(м²)⁻¹ для деревостанів V і нижче класів бонітету. Аналогічні тенденції характерні й для зміни показника приросту енергії у фітомасі стовбурів дерев, зокрема у деревостанах I^d класу бонітету спостерігається значення 115,9 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹, яке поступово знижується до 16,1 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹ у деревостанах V^b класу бонітету.

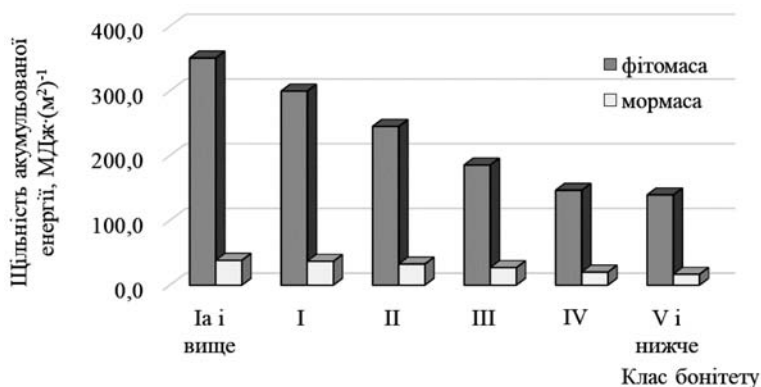


Рис. 2. Кількісні значення якісних показників енергоємності біомаси лісів Житомирського Полісся у межах класів бонітету

5. Розподіл запасів енергії у рослинній біомасі лісів Житомирського Полісся у межах трофотопів

Трофотоп	Енергоємність рослинної біомаси, ПДж	
	фітомаса	мортмаса
Бори (A_1)	277,68	29,86
Субори (B_1)	1411,39	159,93
Сугруди (C_1)	888,32	128,72
Груди (D_1)	122,08	17,73
Разом	2699,5	336,2

Інтенсивність продукування енергії значно залежить від типів лісорослинних умов, у яких зростають деревостани. У процесі дослідження встановлено, що найвищі значення показника приросту енергії у фітомасі стовбурів дерев характерні для насаджень у свіжих суборах (B_2) та свіжих сугрудах (C_2), де його значення становлять близько 60 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹. Водночас мінімальні значення цього показника притаманні дуже сухим та мокрим борам – 33,1 і 25,1 ГДж·га⁻¹·рік⁻¹ відповідно.

Загалом у борах Житомирського Полісся акумульовано близько 10 % енергії рослинної біомаси (табл. 5). При цьому понад 50 % енергії зосеред-

жено в біомасі насаджень у суборах, де домінують деревостани сосни звичайної.

Щодо щільності акумульованої енергії, то тут найвищі значення характерні для деревостанів у свіжих суборах (B_2), сугрудах (C_2) і грудах (D_2) – понад 320 МДж·(м²)⁻¹.

У компонентній структурі загальної енергоємності фітомаси лісів Житомирського Полісся домінують стовбури дерев, частка яких становить понад 70 % (табл. 6). Цей компонент деревної біомаси наразі є найважливішим з позиції енергетичного використання лісових деревинних ресурсів.

У фітомасі гілок зосереджено 8,4 % акумульованої енергії. Це також вагоме

6. Розподіл запасів енергії у фітомасі лісів Житомирського Полісся за компонентами

Група порід, деревний вид	Енергоємність фітомаси за компонентами, ПДж						
	деревина та кора стовбурів	деревина та кора гілок	хвоя (листя)	корені	підріст, підлісок	живий надгрунтовий покрив	разом
Хвойні	1228,79	107,81	23,14	271,93	11,33	29,99	1672,99
зокрема сосна звичайна	1214,53	106,60	22,86	269,30	11,21	29,72	1654,22
Твердолистяні	289,09	54,70	4,87	62,17	6,74	8,88	426,44
зокрема дуб звичайний	266,12	50,25	4,38	56,10	6,27	8,16	391,29
М'яколистяні	394,27	63,49	16,13	104,98	7,21	13,64	599,72
зокрема береза повисла	260,82	49,22	13,51	64,18	4,56	8,72	401,02
осика	10,46	1,28	0,26	4,53	0,24	0,43	17,19
Інші деревні види	0,22	0,03	0,01	0,05	0,005	0,01	0,32
Усього	1912,37	226,04	44,14	439,12	25,29	52,51	2699,47

**7. Розподіл запасів енергії у мортмасі лісів
Житомирського Полісся за компонентами**

Група порід, деревний вид	Енергоємність мортмаси за компонентами, ПДж				
	сухостій	деревна ламань	сухі гілки	лісова підстилка	разом
Хвойні	19,34	5,80	42,54	125,69	193,37
зокрема сосна звичайна	19,06	5,72	41,93	123,89	190,60
Твердолистяні	6,35	3,06	11,07	53,49	73,97
зокрема дуб звичайний	5,78	2,76	10,15	49,00	67,70
М'яколистяні	15,65	13,28	6,30	33,62	68,85
зокрема береза повисла	7,93	7,05	2,58	19,29	36,85
осика	1,97	0,55	0,31	1,22	4,04
Інші деревні види	0,01	0,005	0,01	0,03	0,05
Усього	41,35	22,15	59,91	212,83	336,24

джерело відновлювальної енергії, яка нині має значні резерви для нарощування своєї частки у структурі регіонального сектору відновлювальної енергетики. Водночас використання згаданого енергоресурсу має відбуватися з дотриманням принципів сталого лісоуправління, спрямованих на забезпечення достатнього рівня формування біологічного кругообігу елементів живлення у системі «ліс – ґрунт».

Досить перспективною складовою енергетичного потенціалу деревної біомаси є такі компоненти мортмаси лісів регіону, як сухостій, деревна ламань та сухі гілки.

Загалом у мортмасі лісів Житомирського Полісся акумульовано понад 330 ПДж енергії (табл. 7).

У процесі дослідження встановлено, що близько 60 % у загальній структурі енергоємності мортмаси належить лісовій підстилці, однак вона не розглядається як джерело відновлювальної енергії. Водночас енергоємність сухоостою становить 41,3 ПДж, або 12,3 %, а сухих гілок – майже 60 ПДж, або 17,8 %.

На енергоємність мортмаси насаджень хвойних деревних видів припадає 57,5 %, водночас частка компонентів мортмаси досліджуваних деревостанів, які потенційно можуть

використовуватися для одержання теплової енергії (сухостій, деревна ламань та сухі гілки), становить близько 20 %. Для твердолистяних насаджень таке співвідношення становить 22,0 та 6,1 % відповідно, а для м'яколистяних – 20,5 та 10,5 %.

Висновки і перспективи. За результатами проведених досліджень встановлено, що загальна енергоємність рослинної біомаси лісів Житомирського Полісся становить 3035,7 ПДж, що за своїм еквівалентом відповідає 100,2 млн тонн умовного палива. Частка загальної енергоємності мортмаси лісів Житомирського Полісся становить 11,1 %. У структурі енергоємності рослинної біомаси регіону домінують соснові деревостани, в яких акумульовано понад 60 % обсягів енергії лісів Житомирщини, зокрема 70,8 % – у фітомасі стовбурів дерев.

У загальній структурі енергоємності мортмаси (336,2 ПДж) понад 60 % належить лісовій підстилці. Водночас енергоємність сухоостою становить 41,3 ПДж, а сухих гілок – майже 60 ПДж.

Одержані у процесі дослідження результати слугуватимуть інформаційною основою для формування стратегії розвитку лісової біоенергетики в Житомирській області.

Список літератури

- Bentancor, L., Hernandez, J., del Pino, A., Resquin, F., & Gonzalez-Barrios, P. (2019). Evaluation of the biomass production, energy yield and nutrient removal of Eucalyptus dunnii Maiden grown in short rotation coppice under two initial planting densities and harvest systems. *Biomass and Bioenergy*, 122, 165–174.
- Bilous, A. M. (2018). *Woody detritus in forests of Ukrainian Polissia*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Burg, V., Bowman, G., Erni, M., Lemm, R., & Thees O. (2018). Analyzing the potential of domestic biomass resources for the energy transition in Switzerland. *Biomass and Bioenergy*, 111, 60–69.
- Didukh, Ya. P. (2007). Comparative assessment of energy stock in Ukraine's ecosystems. *Ukrainian botanical journal*, 64.2, 177–194 [in Ukrainian].
- De Jong, J., Akselsson, C., Egnell, G., Lofgren, S., & Olsson, B. A. (2017). Realizing the energy potential of forest biomass in Sweden – How much is environmentally sustainable? *Forest Ecology and Management*, 383, 3–16.
- Dubrovin V. O., Korchemnyi M. O., & Maslo I. P. (2004). *Biofuels (Technologies, machinery and equipment)*. Kyiv: CTI "Energetics and electrification" [in Ukrainian].
- Geletukha, G. G. (2021). Scientific and technical principles of energy production from biofuels. (Abstract of doctoral dissertation, Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine) [in Ukrainian].
- Hernando, A., Puerto, L., Mola-Yudego, B., Manzanera, J. A., Garcia-Abril, A., Malta-mo, M., & Valbuena, R. (2019). Estimation of forest biomass components using airborne LIDAR and multispectral sensors. *Forest-Biogeosciences and Forestry*, 12, 207–213.
- Kukhar, V., Kuzminskyi, Ye., & Holub, N. (2005). Ecobiotechnology and bioenergy: foundation and development problems. *Bulletin of NAS of Ukraine*, 9, 3–18 [in Ukrainian].
- Lakyda, P. I., Shevchuk, O. V., & Vasylyshyn, R. D. (2020). *Energy potential of forests in Kyiv Polissia and its sustainable use*. Korsun-Shevchenkivsky: FOP I. V. Maidachenko [in Ukrainian].
- Nurek, T., Gendek, A., & Roman, K. (2019). Forest Residues as a Renewable Source of Energy: Elemental Composition and Physical Properties. *Bioresources*, 14(1), 6–20.
- Prokip, A. V. (2010). *Ecological and economic assessment of biological replacement of non-renewable energy resources*. Lviv: ZUKC [in Ukrainian].
- Sytnyk, S. A. (2017). Energy potential of black locust stands in Ukraine's Northern Steppe. *Scientific bulletin of NFTU of Ukraine*, 27.1, 79–82 [in Ukrainian].
- Strategy of low-carbon development of Ukraine until 2050. (2018). Kyiv [in Ukrainian].
- Schepaschenko, D., et al. (2017). Biomass plot data base. PANGAEA. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.871465>
- 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*. Korsun-Shevchenkivsky: FOP V. M. Gavryshenko [in Ukrainian].
- Shvidenko, A., Nilsson, S., & Obersteiner, M. (2004). Wood for bioenergy in Russia: Potential and Reality. In G. H. Kohlmaier (Eds.), *Wood Energy in the Industrialized World* (pp. 323–340). Graz, Austria: International BIOCLIMECO Workshop.
- Vasylyshyn, R. D. (2016). *Forests of Ukrainian Carpathians – features of growth, biological and energy productivity*. Kyiv: LLC "KOMPRINT" [in Ukrainian].
- Vasylyshyn, R. D. (2018). *Environmental and energy potential of forests in Ukrainian Carpathians and its sustainable use*. Kyiv: LLC "KOMPRINT" [in Ukrainian].
- Vasylyshyn, R. D., Sliusarchuk, V. V., & Lakyda, I. P. (2019). *Energy function of beech forests in Bukovyna Precarpathian region*. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 45, 60–66 [in Ukrainian].

**Vasylyshyn R. D., Yurchuk Yu. M., Lakyda I. P., Bondarchuk R. P.
ENERGY CONTENT IN WOODY BIOMASS OF ZHYTOMYR POLISSIA'S FORESTS**

Development of renewable energy production is one of the main directions of decarbonizing the Ukraine's energy sector as well as the forestry sector. Increase in woody biomass utilization efficiency at producing energy, alongside with securing the proper level of technological processes and technical

equipment, also requires a reliable information support toolbox that would facilitate managerial decisions. An important constituent of this toolbox is represented by the regional assessments of energy function of forest plant communities.

The information basis of the research is formed by the information from the industrial database of IA "Ukrderzhlisproekt", which contains the detailed biometric characteristics of the stands in the studied region, as well as by a system of mathematical models for quantitative assessment of forests' live biomass and dead organic matter.

As a result, the quantitative values of the total energy content in live biomass and dead organic matter of Zhytomyr Polissia's forests were determined. The total amount of energy accumulated in vegetal biomass of the region's forests is 3035.7 PJ, which corresponds to 100.2 million tons of conventional fuel. At the same time, the share of the total energy content in dead organic matter is 11.1 %. The structure of energy content in vegetal biomass in the region is dominated by pine stands, which accumulate more than 60 % of the energy of forests of Zhytomyr region, including 70.8 % – in live biomass of tree trunks. More than 40 % of energy is accumulated in vegetal biomass of stands of I site index class, which mainly grow in fairly infertile forest growth conditions.

In the general structure of energy content in dead organic matter (336.2 PJ) more than 60 % belongs to forest litter (212.8 PJ which is not considered a source of renewable energy), standing dead trees 12.3 % (41.3 PJ), dry branches – 17.8 % (close to 60 PJ).

The results obtained in the course of the research will serve as an information background for the formation of a strategy for development of forest bioenergy in Zhytomyr region.

Keywords: woody biomass, energy, dead organic matter, stand, low-carbon development, biometric indices.

Отримано: 2021-01-30

FEATURES OF APPLICATION OF TIMBER HARVEST METHODS IN THE FORESTS OF UKRAINE

O. V. TOKARIEVA, PhD, Assistant Professor

<https://orcid.org/0000-0002-1617-7025>, e-mail: o.v.tokareva@nubip.edu.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

In this paper, we present the basic features of final felling in Ukraine. Prevailing timber harvest methods and their areas were considered. For analyzing the volumes of modern forest exploitation were data from permits for final felling on actual cuttings in of all forestry enterprises of Ukraine. Studies were conducted for the period 2019–2020. It was installed that clearcutting is the main timber harvest method (95 % in Kyiv region, 45 % in Lviv region). Among other methods, the leading place is shelterwood. During the study period, only two (uniform and strip) and three (group) reception of shelterwood were recorded. The areas of stands designed for shelterwood final felling are significantly lower than those defined by the rules. The use of the single tree selection method is more related to deciduous plantations, which indirectly indicates the predominance of deciduous stands of uneven-aged stands in Ukraine.

Shelterwood and single tree selection removes methods are applied in Chernihiv, Chervivtsi, Ivano-Frankivsk, Kyiv, Lviv, Zakarpattia, Zhytomyr regions. A characteristic feature is the predominance of coniferous areas stands during clearcutting. Area of deciduous stands are larger compared to coniferous during shelterwood. Combined method is the less popular in Ukraine. It has been carried out at 9,4 hectares for two years.

Average logging areas range from 1-2 hectares for clearcutting, 1–5 hectares for shelterwood and 2-8 hectares for combined method. Designed logging areas are significantly lower than those introduced by Ukrainian legislation.

The implementation of the principles of close-to-nature forestry can be provided by reduction in the volume of clearcutting. Increasing of shelterwood and single tree selection methods, which are close-to-nature, will ensure the cultivation of mixed uneven-aged forest stands of high vigor, productivity and biological stability.

Studies reflect regional and species features and benefits of timber harvest methods in the forests of Ukraine.

Keywords: clearcutting, single tree selection removes, shelterwood and combined methods, even-aged and uneven-aged stand.

Introduction. Forests are complex ecosystems that must be treated carefully and skillfully. The present is demanding a higher level of resource stewardship to conserve and protect a wide array of forest-related values. The total area of forest lands in Ukraine is 10.4 million hectares, forests covered area is 9.6 million ha or 15.9 per cent of the Ukraine's territory. Approximately half of forest land areas are production forest, with the remainder in reserves and non-production forest areas. More than 16,1 % of the total area of forest in Ukraine is held in reserves

for conservation. The majority of the area available for wood production is artificial forest. By reserves of industrial stem wood, Ukraine ranks the sixth in Europe. In Ukraine, forest stands dominated by finewood occupy 88,6 % of wood covered area. Of them, pine accounts for 33,6 % (*Pinus silvestris* L. leading the way), oak – 24,4% (*Quercus robur* L. dominates), and beech (*Fagus silvatika* L.) – 7,4 % (Timber industry, 2007).

For each forest enterprise the allowable cut is calculated annually, based on forest inventory data and distinguished

by tree species groups. The real size of harvest felling usually equals 84–90 % of the allowable volume of cutting. Special use of forest resources at the allocated forest plot shall be carried out on the basis of a special permit (The Forest Code, 2006). Annually in Ukraine there harvested about 20 million m³ of wood. About 45 % of wood is harvested in main cuttings, 70 % of this wood is round.

Recent government measures include a pilot project of an electronic register of logging tickets for timber harvesting (State Forest, 2020).

Analysis of recent researches and publications. Ecologically oriented forestry advocates for mixed (multiple-species) and structurally complex forests. This forestry is directed toward a diverse array of objectives (ecosystem function, biodiversity conservation, wildlife habitats, visual quality, nutrient recycling, water retention, soil productivity, carbon sequestration, and amenity values), in addition to the provision of classic economic forestry commodities (Yavorovskiy et al., 2019). Close-to-nature forestry is the system of forest management that promote a continuous renewal and formation of stands which most similar in structure and genesis to natural ones (Krynytskyi, 2017). Research of cutting methods and volumes of timber harvesting were carry out in mountain forests in Ukrainian Carpathians (Parpan et al., 2017). The effect of technological processes and systems of machines used in mountain forests on the forest environment were estimated by Byblyuk et al., 2010. The logging methods in Eastern European Countries, including Ukraine were studied by Moskalik et al., 2017.

Analyze of timber harvest methods on the entire territory of Ukraine were not conducted.

Purpose of the research. The aim of this study was to reveal the current vol-

umes of forest use in Ukraine; to establish the prevailing methods of timber harvesting; to determine the average areas, in particular limited (by area) cutting; to identify the dependence of the use of non-clearcutting in coniferous and deciduous stands.

Materials and methods of the research. Materials for analyzing the volumes of modern forest exploitation were data from the open register of permits for timber harvesting in of all forestry enterprises of Ukraine (Forest tickets). Studies were conducted for the period 2019–2020. In order to achieve the intended aim, we analyzed a large amount of data, among others, the characteristics of forest resources, methods of timber harvesting, their area, differentiation in terms of species. Particular attention was paid to the use of discontinuous felling methods within the regions of Ukraine.

Results of the research and their discussion. In Ukraine forest growing relies on three parts of a silvicultural system: regeneration, stand tending and harvesting.

Regeneration method is a cutting procedure by which a new age class is created. The major regeneration methods are clearcutting, shelterwood, single tree selection and combined. Choosing of regeneration methods is carried out depending on the natural and economic conditions, location, the functioning role and species composition of the forests, type of regeneration (natural, artificial, coppice). To better understanding what regeneration methods is necessary to apply, we should to analyze the following parameters: the main function of forest, species composition, origin and structure of the stand.

Forests with ecological (protective) and social functions can be make a project at non-clearcutting methods. Carrying out of clearcutting in reserves is prohibited.

For growth even-aged (two-aged) forest it can be applied clearcutting and shelterwood methods.

Clearcutting (in Ukraine includes seed tree cutting) is a regeneration or harvest method that removes essentially all trees in a stand (Matthews, 1992).

Clearcutting method includes four stages of even-aged regeneration formation: mature stand → clearcut → establishment → tending → mature stand. It can be highly profitable. However, its application in ecological or social functions forests often involves unacceptable risks and impairs landscape values.

This method can be employed during coppice versus clearcutting.

Seed tree cutting is the removing of all trees except for a small number of trees retained for seed production and to produce a new age class in a fully exposed microenvironment. Seed tree method includes five stages of even-aged regeneration formation: mature stand → seed tree cut → establishment → removal cut → tending → mature stand.

The maximum area of clearcutting (seed tree cutting) in production forests can be up to 5 hectares (only for deciduous trees), and in forests that are not used for timber production – 3 hectares (for deciduous and coniferous trees).

There are only clearcutting is used in Cherkasy, Dnipropetrovsk, Donetsk, Kharkiv, Kherson, Khmelnytsk, Kirovohrad, Luhansk, Mykolaiv, Odesa, Poltava, Rivne, Sumy, Volyn, Zaporizhzhia region.

Shelterwood is the cutting of most trees, leaving those needed to produce sufficient shade to produce a new age class in a moderated microenvironment. Shelterwood method includes five stages of even-aged regeneration formation.

Shelterwood has the next stages: mature stand → establishment cut → establishment → no removal cut → tending → mature stand.

Shelterwood method includes the various ways of successive regeneration felling together with the selection system. Old crop is felled over the area in uni-

form, group or strip. The number of receptions of uniform and strip shelterwood can be 2 or 3. The duration of this method is up to 20 years.

The maximum area of shelterwood in production forests can be up to 10 hectares, and in forests that are not used for timber production – 5 hectares.

Another type of harvesting is group shelterwood. It is logging cuts too small to be considered clearcut. The number of receptions of group shelterwood can be 3 or 4.

The maximum area of group shelterwood can be up to 300 m². The number of raincoats for felling is 4–8 pieces. The duration of these felling is 30–40 years. This cutting contributes to light demanding species growing faster.

Uniform, group, strip shelterwood method are intensively applied Chernihiv, Chernivtsi, Ivano-Frankivsk, Kyiv, Lviv, Ternopil, Vinnytsia, Zakarpattia, Zhytomyr region. For the last 2 years uniform and strip shelterwood were carried out in two receptions, and group shelterwood – in three.

The last reception of shelterwood is carried out in the presence of viable natural regeneration from seed in quantity: not less than 8 thousand pieces in pine forests; not less than 15 thousand pieces in beech and fir forests; not less than 12 thousand pieces in spruce forests; not less than 10 thousand pieces in oak, maple, ash and other forests. Figure 5 shows the area allocated for the first reception of uniform felling in a deciduous stand.

Single tree selection removes individual trees of all size classes more or less uniformly throughout the stand to maintain an uneven-aged stand and achieve other stand structural objectives. Single tree selection method is an uneven-aged method where individual trees are removed uniformly throughout the stand, to increase growth of remaining trees and to provide space for regeneration. The basic tenets for successful single tree selection are to provide sufficient

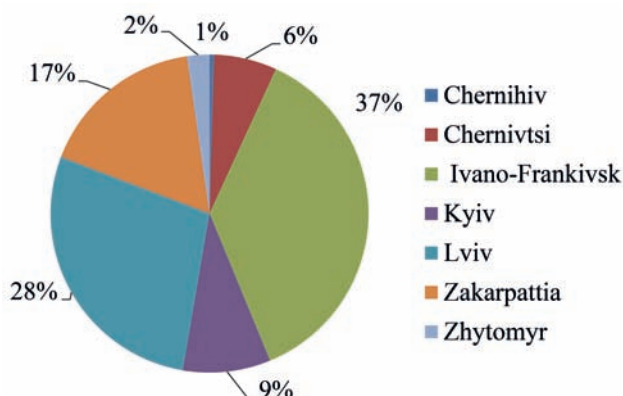


Fig. 1. Distribution of the stand area intended for single tree selection method by regions of Ukraine

gaps for regeneration and to maintain vigor throughout the stand.

This method can be strong (removal cut 25–35 %), medium (11–24 %) and low (up to 10 %) intensity. If is carried out strong cutting intensity, the frequency should be more than 20 years; medium intensity – 11–20 years and low intensity – up to 10 years.

In the last 2 years, the single tree selection method was used in Chernihiv (4,5 hectares), Chernivtsi (62 hectares), Ivano-Frankivsk (358 hectares), Kyiv (86 hectares), Lviv (272 hectares), Zakarpattia (164 hectares), Zhytomyr (22 hectares) region (figure 1). The largest areas of single tree selection method are carried out in Broshniv, Deliatyn, Sambir, Drohobych, Skole, Ivano-Frankivsk, Teteriv, Kolomyia, Rava-Ruska State Forestry Enterprise; Berehomet, Brustury State Forestry-Hunting Enterprise; Oster, Uzhhorod State Military Forestry Enterprise.

While single tree selection is been carried out, timber harvest is time consuming, but is the best way for continuous cover forestry.

The distribution of areas of stands assigned to the single tree selection method by tree species allows assessing forestry

benefits separately for coniferous and deciduous stands (figure 2).

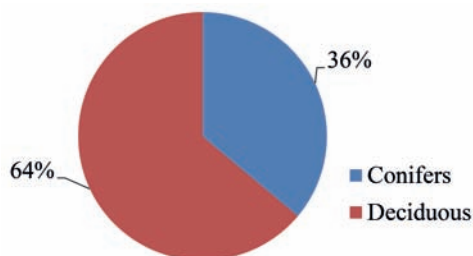


Fig. 2. Distribution of the stand areas intended for single tree selection method by tree species

As for the single tree selection method, it is most often used in deciduous stands (64 %). Usually in Ukraine deciduous stands are uneven-aged and complex in structure. In coniferous stands, this method is used to transform even-aged in uneven-aged stands.

Having selected the regions of Ukraine in which non-continuous methods are introduced to the greatest (Lviv) and least (Kyiv) extent, we obtained the following results (fig. 3 and fig. 4).

There are only 5 % of area, where was carried out non-clearcutting methods in Kyiv region. In 95 % of area was conducted not close-to-nature cutting. Kyiv

region has a lot of recreational forest, in which better to provide ecologically oriented forestry, in particular single tree selection removes.

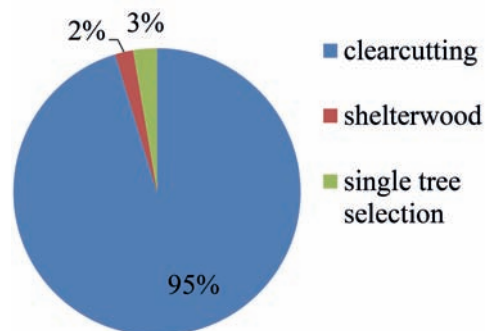


Fig. 3. Distribution of used harvesting methods in Kyiv region

There are the same area with clearcutting and shelterwood in Lviv region – more than 2000 hectares each. Single tree

selection removes amount 270 hectares. So much more than half of the area is restored by close-to-nature forestry.

In Ukraine there is a combined timber harvest method. This method is a hybrid with the single tree selection and shelterwood methods. The maximum area of combined method is up to 5 hectares. Combined method was carried out only in Novoaidar State Forestry-Hunting Enterprise (4,4 hectares), Teteriv State Forestry Enterprise (5,0 hectares). The last one was carried out in coniferous stands located in the recreational area (figure 6).

As can be seen from table 1, the areas of stands designed for final felling are significantly lower than those defined by the rules (Rules, 2009).

A characteristic feature of clearcutting is the predominance of areas in coniferous stands compared to deciduous. For example, in Ivano-Frankivsk region aver-

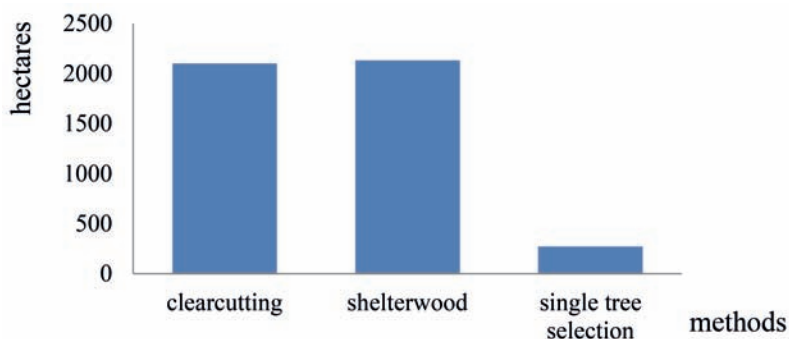


Fig. 4. Area of harvesting methods in Lviv region

1. Average logging area, hectares

Regions	Clearcutting		Shelterwood		Single tree selection	
	Conifers	Deciduous	Conifers	Deciduous	Conifers	Deciduous
Chernihiv	2,12	1,85	5,25	4,08	4,50	-
Chernivtsi	1,49	1,32	1,80	2,07	7,75	-
Ivano-Frankivsk	1,84	1,34	1,04	1,10	3,00	3,58
Kyiv	1,79	1,77	3,76	-	3,15	2,53
Lviv	0,98	0,87	0,84	1,00	1,90	2,58
Zakarpattia	1,19	0,9	-	1,00	4,17	4,59
Zhytomyr	1,80	1,76	2,46	-	2,7	3,25



Fig. 5. Shelterwood method area in Ivano-Frankivsk Forestry Enterprise



Fig. 6. Combined method area in Teteriv Forestry Enterprise

age logging area of clearcutting are 1,84 hectares of conifers and 1,34 hectares of deciduous stands. Shelterwood has the opposite feature. In all regions, except Chernihiv, the average area allocated for this timber harvest method in deciduous stands are larger compared to coniferous.

Single tree selection method has no restrictions on the area. Therefore, the maximum area of this method was up to 10 hectares.

The main method of cleaning loggers consists in collecting felling residues in heaps for decay. Less often it uses the fire method of cleaning areas from felling residues or combined (fire and non-fire methods).

Conclusions and future perspectives. Forest in Ukraine usually composed of one or very few tree species. To achieve an irregular structure, these stands must be transformed through by measures. These measures must consider current and future stand stability, the development of uneven-aged structure, promotion of natural regeneration and sustained timber production.

As we have seen, clearcutting remains the main method in Ukraine. The most foresters choose clearcutting because it's an efficient way to harvest timber and create an ideal site for growing the next generation trees. Shelterwood and single tree selection methods were used in Chernihiv, Chernivtsi, Ivano-Frankivsk, Kyiv, Lviv, Zakarpattia, Zhytomyr region.

The rich natural conditions of Ukraine allow the use of non-clearcutting methods on a much larger scale. The experience of such felling is insignificant in the eastern and southern regions of Ukraine. Usually shelterwood and single tree selection methods are time consuming, but they are the best way for continuous cover forestry.

Recently, methods of timber harvesting are moving away from clearcutting to selective cutting. The implementation of the principles of close-to-nature forestry can be provided by reduction in the volume of clearcutting. Increasing of shelterwood and single tree selection methods, which are close-to-nature, will ensure the cultivation of mixed uneven-aged forest stands of high vigor, productivity and biological stability.

References

- Byblyuk, N., Styranivsky, O., Korzhov, V., & Kudra, V. (2010). Timber harvesting in the Ukrainian Carpathians: Ecological problems and methods to solve them. *Journal of Forest Science*, 56 (7), 333–340. <https://www.researchgate.net/publication/>

- 298115486_Timber_harvesting_in_the_Ukrainian_Carpathians_Ecological_problems_and_methods_to_solve_them. *Forest tickets*. Available at <https://lk.ukrforest.com/forest-tickets>.
- Krynytskyi, H. T., Chernyavskiy, M. V., Krynytska, O. H., Deineka, A. M., Kolisnyk B. I., & Tselen, Ya. P. (2017). Close-to-Nature Forestry as the Basis for Sustainable Forest Management in Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27 (8), 26–31. <https://doi.org/10.15421/40270803>.
- Matthews, John D. (1992). *Silvicultural systems*. Oxford: Clarendon press.
- Moskalik, T., Borz, S., Dvořák, Ji., Ferencik, M., Glushkov, S., Muiste, P., Lazdiňš, A., & Styranivsky, O. (2017). Timber Harvesting Methods in Eastern European Countries: a Review. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 38 (2), 231–241. Available at https://www.researchgate.net/publication/319902722Timber_Harvesting_Methods_in_Eastern_European_Countries_a_Review.
- Parpan, V., Hudyma, V. D., & Parpan, T. (2017). Cutting methods and volumes of timber harvesting in mountain forests in Ukrainian Carpathians. *Forestry and agroforestry*, 131, 135–142 [in Ukrainian].
- Procedure of Forest Division into Categories and the Allocation of Specially Protected Forest Sites*. (2007). Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF#Text>.
- Rules of final felling*. (2009). Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/lz0085-10#Text>.
- State Forest Resources Agency of Ukraine*. (2020). The State Agency of Forest Resources of Ukraine is launching a pilot project of an electronic register of logging tickets for timber harvesting. Available at <https://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/index>.
- The Forest Code*. (1994). Available at <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>.
- Timber industry of Ukraine*. (2007). Ministry of Economic Development and Trade. Available at <http://www.ukrexport.gov.ua/eng/economy/brief/industry/ukr/196.html>.
- Yavorovskiy, P. P., Maurer, V. M., Zibtsev, S. V., Maliuha, V. M., Kaidyk, O. Yu., & Sendonin, S. Ye. (2019). *Ecologically oriented forestry*. Kyiv: Naukova stolitsia [in Ukrainian].

Токарева О. В. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ РУБОК ГОЛОВНОГО КОРИСТУВАННЯ В ЛІСАХ УКРАЇНИ

У роботі проаналізовано особливості проведення рубок головного користування в Україні. Розглянуто переважні системи рубок головного користування та їх площі. Для аналізу обсягів сучасного лісокористування було використано реєстр лісорубних квитків для всіх лісогосподарських підприємств України. Дослідження проведено за період 2019–2020 рр. Було встановлено, що суцільно лісосічна рубка є основною системою під час проведення рубок головного користування та становить 95 % у Київській області, 45 % у Львівській області. Серед несучільних способів рубок перше місце посідає рівномірно-поступова рубка. Протягом досліджуваного періоду було зафіксовано проведення лише двопрійомних (рівномірно-поступових та смугово-поступових) і трипрійомних (групово-поступових) рубки. Причому суцільно-лісосічні рубки найчастіше проводять у хвойних деревостанах, а поступові – у листяних.

Використання вибіркової системи рубок здебільшого стосується листяних насаджень, що опосередковано свідчить про переважання різновікових листяних деревостанів в Україні. Добровільно-вибіркові рубки проводили у Чернігівській, Чернівецькій, Івано-Франківській, Київській, Львівській, Закарпатській, Житомирській областях. Комбіновану систему рідко застосовують в Україні. Протягом останніх двох років її провели на площі 9,4 га.

Середні площі рубок головного користування коливаються від 1–2 гектарів під час суцільних рубок, 1–5 гектарів під час поступових рубок та 2–8 гектарів при застосуванні комбінованої системи. Запроектовані площі рубок головного користування значно нижчі від тих, що запроваджені українським законодавством.

Реалізацію принципів наближеного до природи лісівництва може бути забезпечено шляхом зменшення обсягів суцільних рубок. Збільшення площ поступової, вибіркової та комбінованої системи, які є більш наближеними до природи, забезпечать вирощування мішаних різновікових деревостанів із високою життєздатністю, продуктивністю та біологічною стійкістю. Дослідження відображають регіональні та видові особливості й переваги методів рубок головного користування.

Ключові слова: суцільна, поступова, вибіркова та комбінована системи, одновіковий і різновіковий деревостани.

Отримано: 2021-02-03

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ДИФУЗІЇ ВОЛОГИ ЧЕРЕЗ ПОЛІМЕРНУ ОБОЛОНКУ ТЕРМІЧНО МОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

Ю. В. ЦАПКО, доктор технічних наук, професор
<http://orcid.org/0000-0003-0625-0783>, e-mail: juriyts@ukr.net

О. Ю. ГОРБАЧОВА, кандидат технічних наук
<http://orcid.org/0000-0002-7533-5628>, e-mail: gorbachova.sasha@ukr.net
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проведено аналіз процесу термічного модифікування деревини, яку було отримано шляхом контрольованого процесу нагрівання. Унікальні технологічні властивості (довговічність, низька гігроскопічність і розмірна стабільність) термомодифікованої деревини роблять можливим її застосування у різних сферах. Унаслідок впливу температури виникають деякі хімічні зміни у структурах компонентів клітинної стінки (лігнін, целюлоза та геміцелюлоза) деревини. Це призводить до збільшення щільності, твердості, підвищується гідрофобність (відштовхування води), тим самим зменшується здатність деревини вбирати вологу і набрякати. Вироби поглинають вологу поступово, менш схильні до набрякання та всихання, але все-таки потребують еластичних покриттів. Доведено, що термооброблена деревина з часом набуває сірого кольору під впливом сонячних променів, а тому необхідне додаткове оброблення поверхні покриттям. Додаткове нанесення захисних речовин на поверхні виробів із термомодифікованої деревини сприяє стабільності розмірів і захищає від швидкого вивітрювання поверхні за умов відкритого повітря. Прозорі покриття та масла не захищають поверхні від знебарвлення під час вивітрювання. Їх рекомендують для виробів із термічно модифікованої деревини, які експлуатуються подалі від прямих сонячних променів та дощу. Математично змодельовано параметри проникнення вологи у деревину на основі квазістаціонарного рівняння дифузії вологи через полімерну плівку на поверхні плоского зразка. Експериментально досліджено динаміку зміни частки вологи в термічно модифікованій деревині за різних режимних параметрів. Отримані математичні співвідношення на основі результатів експериментальних досліджень дають можливість здійснювати розрахунки коефіцієнта дифузії вологи у термічно модифікованій деревині за наявності полімерної оболонки. Встановлено, що застосування воскового покриття на поверхні виробу зменшує процес дифузії вологи у понад 10 разів для поверхонь, оброблених уже за температури 160 °С упродовж однієї години, що дає змогу використовувати її на об'єктах із підвищеною вологою.

Ключові слова: деревина, ефективність термічної модифікації, вологопоглинання, дифузія води, розклад, стійкість деревини.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Унікальні технологічні властивості (довговічність, низька гігроскопіч-

ність і розмірна стабільність) термомодифікованої деревини роблять можливим її застосування в різних сферах.

Матеріал часто використовують дизайнери для внутрішнього оформлення завдяки набутому забарвленню під дією високої температури. З огляду на стабільність геометричних розмірів і стійкість до зовнішнього середовища термомодифіковану деревину використовують у виробництві меблів, віконних рам, дверей, паркетної дошки. Jirouš-Rajković & Miklečić (2021) стверджують про можливе використання цього матеріалу як зовнішнього облицювання фасадів, у вигляді терасної дошки і садових доріжок. Матеріал добре підходить для обшивання сауни і лазень.

Особливості гальмування процесу просування вологи у термічно модифікованої деревини полягають у тому, що утворюються водостійкі компоненти, а також капілярно пористі елементи, завдяки яким на поверхні деревини формується водозахисний шар (Tsapko et al., 2021).

Стійкість термообробленої деревини до атмосферних впливів (УФ-проміння, змочування) є дещо кращою порівняно з необробленою деревиною, однак потрібне додаткове оброблення поверхні покриттями. На ринку пропонують багато речовин для зовнішнього оброблення деревини. Для горизонтальних поверхонь (палуба, терасне покриття, садові доріжки) Miklečić (2010) рекомендує проводити проникальне оброблення за допомогою масел. На ринку є багато масел, які зберігають «природний» вигляд і чинять опір атмосферним впливам.

Відомо, що термооброблена деревина з часом набуває сірого кольору. Як повідомляли Schaller & Rogez (2007), прозорі покриття та масла не захищають поверхні від знебарвлення під час вивітрювання. Таке поверхневе оброблення рекомендують для виробів із термічно модифікованої деревини, які експлуатують подалі від прямих со-

нячних променів і дощу. Останнім часом усе більше уваги приділяють впливу сонячного світла на поверхню термообробленої деревини. Розроблено новий підхід щодо стабілізації темного кольору термомодифікованої деревини, що поєднує екрани видимого світла з органічними поглиначами УФ-світла (Slabejová et al., 2019).

Опорядження термообробленої деревини схоже на оброблення висушеної деревини, однак потрібно враховувати зміну деяких її властивостей. Akyildiz & Kesik (2014) виявили, що термічно оброблена деревина стає більш гідрофобною; поглинає вологу поступово; менш схильна до набрякання та всихання, але все-таки потребує еластичних покриттів; має темніший колір, який може вицвітати через вплив світла.

Vernois (2001) зауважив, що розтріскування термомодифікованої деревини відбувається значно менше порівняно з натуральною внаслідок покращення стабільності розмірів. Розтріскування деревини ялини та сосни після термомодифікування, що потрапляє в зовнішні умови без захисного покриття, було еквівалентно розтріскуванню необробленої деревини з непігментованими покриттями. Jëamsëa et al. (2000) виявили, що нанесення масла не запобігало появі тріщин на термомодифікованій деревині після експозиції у природних умовах.

А от Miklečić (2010) обробленням маслом вдалося зменшити розтріскування зразків термічно обробленої деревини. Результати досліджень свідчать, що під час прискореного вивітрювання зразки без захисного поверхневого покриття мали менше поверхневих тріщин, ніж термічно оброблені зразки без покриття.

Pavlič et al. (2021) вивчали сумісність дев'яти різних покриттів із термічно модифікованою деревиною со-

сни шотландської. Покриття, нанесені на термічно модифіковану деревину, демонстрували кращі показники, ніж покриття на немодифікованій деревині. Це явище автори пояснювали зміненими характеристиками термічно модифікованої деревини, такими як нижчий рівноважний вміст вологи, нижча водопроникність, підвищена стабільність розмірів, краща стійкість до ультрафіолетового випромінювання та стійкість до грибків синіх плям порівняно з немодифікованою деревиною. Також було продемонстровано краще проникнення покриття у модифіковану деревину та краще її змочування захисними речовинами. Крім того, лакофарбові матеріали на основі розчинників демонстрували кращі результати після одного року зовнішнього вивітрювання порівняно із водними покриттями.

Оліфи забезпечують найкращий захист виробів із деревини, однак їх застосування обмежується тривалою полімеризацією. Arminger et al. (2020) досліджували поведінку висихання лляної олії, тунгової олії та їх суміші 1:1. Повторювані вимірювання кута контакту з водою покриттів, нанесених на деревину бука та дуба, показали чіткі відмінності у змочуванні. Тунгова олія надавала гідрофобність усім зразкам деревини незабаром після нанесення, навіть у разі використання без сушарки. Лляна олія потребувала довшого часу сушіння і була більш сприйнятливою до впливу субстрату, однак у кінцевому підсумку досягала найвищих кутів контакту після примусового сушіння.

Отже, з літературних джерел встановлено, що термічне модифікування деревини позитивно впливає на стійкість до температурно-вологісних факторів. Додаткове оброблення поверхні захисними речовинами сприяє стабільності розмірів виробу та захищає від

швидкого вивітрювання поверхні за умов відкритого повітря. На ринку постійно з'являються нові товари, які призначені для захисту кольору деревини в інтер'єрі та для запобігання зміни розмірів виробу в природних умовах. Це свідчить про доцільність проведення цього дослідження із визначення ефективності захисту виробів із деревини лакофарбовими матеріалами, що сприятиме зростанню терміну застосування будівельних конструкцій в умовах навколишнього середовища.

Метою дослідження є оцінка ефективності оброблення поверхні маслом-воском на основі визначеного коефіцієнта дифузії на стійкість виробів із термомодифікованої деревини до температурно-вологісних умов середовища.

Матеріали та методи дослідження. Для визначення вологопоглинання було використано довільно відібрані 90 зразків деревини граба радіального перерізу, попередньо висушені. Зразки мали розміри 20×10×10 мм. Далі зрази пройшли термомодифікацію за температур 160, 190 і 220 °С, витримка в камері 1, 10, 20 годин. Відповідно до режимних параметрів термомодифікування всі зразки було поділено на дев'ять груп і групу контрольних зразків (немодифікована деревина) (рис. 1).

Далі зразки обробили маслом-воском методом занурення з повторним обробленням після висихання першого шару за 24 години. Після висихання зразки помістили в ексікатор на 1 добу. Після чого зафіксували розміри та вагу кожного зразка. Процедура повторювали на 2, 3, 6, 9, 13, 20, 30 добу.

Результати дослідження та їх обговорення. Було змодельовано параметри дифузії вологи у деревину. Квазістаціонарне рівняння дифузії вологи через полімерну плівку на поверхні плоского зразка деревини має такий вигляд:

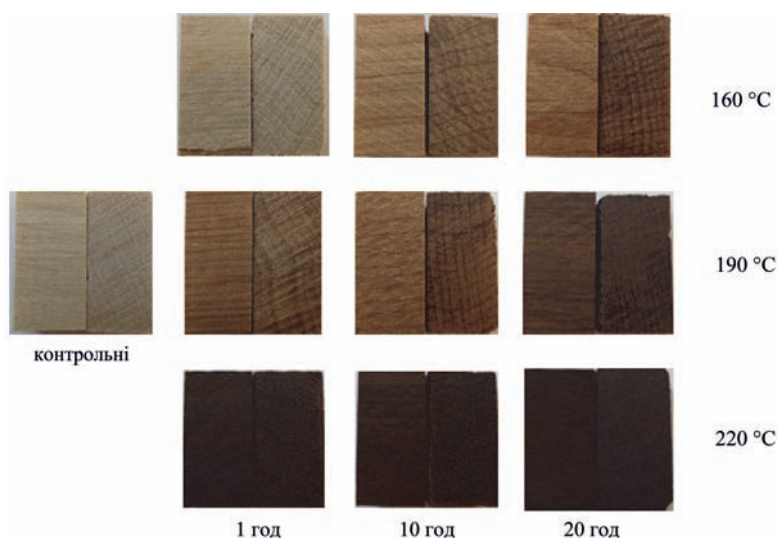


Рис. 1. Дослідні зразки необробленої (контрольні) та термомодифікованої деревини

$$\frac{d^2 C_w}{dx^2} = 0, \quad (1)$$

де C_w – концентрація вологи на відстані x від середини зразка деревини (за товщиною).

Подвійний інтеграл рівняння (1) обчислюємо за формулою:

$$C_w = Ax + B, \quad (2)$$

де A і B – постійні, які знаходимо з граничних умов:

за $x = H$

$$C_w = C_0, \quad (3)$$

за $x = H + \delta$

$$C_w = C_0, \quad (4)$$

де H – половина товщини зразка,
 δ – товщина полімерної оболонки,
 C_0, C_1 – концентрація вологи усередині зразка і в зовнішньому середовищі відповідно.

Шляхом математичних перетворень розв'язок (2) можна подати у вигляді:

$$C_x = \delta^{-1}(C_0(H + \delta) - C_1 H - (C_0 - C_1)x). \quad (5)$$

Оскільки дифузійний потік вологи через поверхню деревини, покриту оболонкою, становить:

$$j = -S \cdot D \frac{dC_x}{dx}, \quad (6)$$

де S – площа поверхні зразка, то після підстановки (5) у (6) і інтегрування отримуємо вираз для дифузійного потоку вологи:

$$j = \frac{S \cdot D(C_0 - C_1)}{\delta}. \quad (7)$$

Тоді рівняння масообмінного процесу через оболонку матиме вигляд:

$$\frac{S \cdot D(C_0 - C_1)}{\delta} = V_1 \frac{dC_1}{dt}, \quad (8)$$

де τ – час;

V_1 – об'єм зовнішнього середовища.

Використовуючи рівняння матеріального балансу, знаходимо невідомі величини рівняння (8) C_0 і C_1 :

$$V_0 C_0 + V_1 C_1 = m, \quad (9)$$

де V_0 – об'єм деревини,

m – маса вологи у зразку перед початком досліду.

Із рівняння (9) знаходимо значення:

$$C_0 = C_0^* - \gamma C_1, \quad (10)$$

де $C_0^* = \frac{m}{V_0}$ – початкова концентрація вологи у зразку;

$\gamma = \frac{V_1}{V_0}$ – відношення об'ємів зовнішнього середовища та зразка.

Підставляючи (10) у (8), отримуємо рівняння для визначення C_1 :

$$\frac{dC_1}{d\tau} = \frac{S \cdot D}{\delta \cdot V_1} (C_0^* - (1 + \gamma) C_1). \quad (11)$$

Інтеграл рівняння (11) за умови $C_1|_{\tau=0} = 0$ дає такий вираз:

$$\ln\left(\frac{C_0^* - (1 + \gamma)C_1}{C_0^*}\right) = -\frac{D \cdot (1 + \gamma)}{\delta^2 \cdot \gamma} \tau. \quad (12)$$

Із рівняння (12) випливає, що концентрація вологи у зразку змінюється з урахуванням $\gamma \gg 1$ за залежністю:

$$C_1 = \frac{C_0^*}{\gamma} \left(1 - e^{-\frac{D}{\delta^2} \tau}\right). \quad (13)$$

Зробивши математичні перетворення, рівняння (12) можна подати у вигляді:

$$\ln\left(\frac{C_0^*}{C_0^* - \gamma C_1}\right) = \frac{D}{\delta^2} \tau. \quad (14)$$

Товщина полімерної оболонки відповідала значенню близько 10 мк, вологість в ексикаторі становила 100 %, а відношення об'ємів зовнішнього середовища до зразка – 5. У табл. 1 наведено приріст маси зразків за їх експозиції у вологому середовищі.

На рис. 2 показано залежність (14) від часу τ для контрольного зразка, на рис. 3 – для режиму оброблення 160/1, на рис. 4 – для 190/1, на рис. 5 – для режиму оброблення 220/1. Тангенс кута нахилу ($\text{tg } \alpha$) цієї прямої дає коефіцієнт за τ , тобто:

$$(\text{tg } \alpha) = \frac{D}{\delta^2}. \quad (15)$$

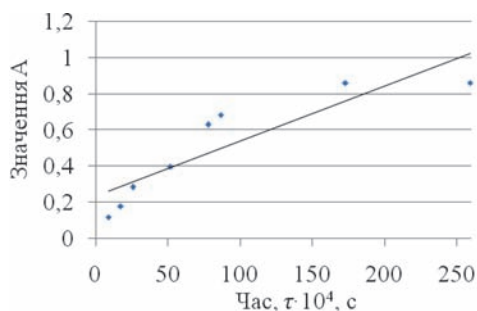


Рис. 2. Динаміка зміни частки вологи в деревині для контрольного зразка

1. Результати експериментального визначення приросту маси зразків

Режим термічного модифікування		Зміна маси зразків під час витримування у вологому середовищі, г								
		Час витримки в ексикаторі, діб								
$T, ^\circ\text{C}$	τ , год	0	1	2	3	6	9	10	20	30
контрольні		1,82	1,86	1,88	1,91	1,94	1,99	2,00	2,03	2,03
160	1	1,87	1,89	1,91	1,94	1,98	2,02	2,03	2,07	2,08
	10	1,87	1,88	1,90	1,92	1,97	2,00	2,01	2,03	2,05
	20	1,85	1,86	1,87	1,90	1,95	1,97	1,98	2,00	2,02
190	1	1,95	1,95	1,97	2,00	2,05	2,09	2,08	2,12	2,13
	10	1,86	1,86	1,87	1,90	1,93	1,95	1,96	1,99	2,00
	20	1,82	1,82	1,83	1,84	1,86	1,88	1,89	1,91	1,92
220	1	1,84	1,84	1,85	1,88	1,91	1,93	1,94	1,97	1,99
	10	1,77	1,77	1,77	1,78	1,79	1,81	1,80	1,83	1,84
	20	1,84	1,84	1,84	1,85	1,86	1,88	1,88	1,91	1,92

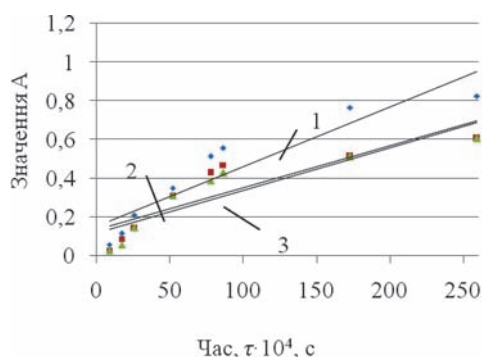


Рис. 3. Динаміка зміни частки вологи в деревині, термічно модифікованій за температури 160 °С протягом: 1 – 1 години, 2 – 10 годин, 3 – 20 годин

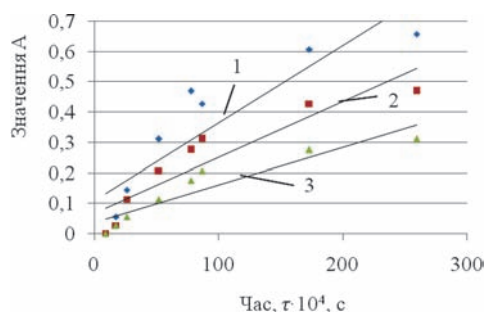


Рис. 4. Динаміка зміни частки вологи в деревині, термічно модифікованій за температури 190 °С протягом: 1 – 1 години, 2 – 10 годин, 3 – 20 годин

За залежністю (15) розраховано коефіцієнти дифузії вологи, які наведено в табл. 2.

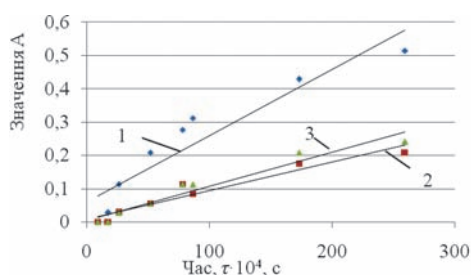


Рис. 5. Динаміка зміни частки вологи в деревині, термічно модифікованій за температури 220 °С протягом: 1 – 1 години, 2 – 10 годин, 3 – 20 годин

Висновки і перспективи. Отримані математичні співвідношення на основі результатів експериментальних досліджень дають можливість здійснювати розрахунки коефіцієнта дифузії вологи у термічно модифікованій деревині за наявності полімерної оболонки. Встановлено, що застосування воскового покриття на поверхні виробу зменшує процес дифузії вологи у понад 10 разів для поверхонь, оброблених уже за температури 160 °С упродовж 1 год. Таке покриття значною мірою підвищує термін експлуатації деревини та дає змогу застосовувати її на об'єктах із підвищеною вологістю.

Результати досліджень допоможуть також цілеспрямовано вирішувати подальші завдання щодо створення нових засобів і способів захисту деревини відповідно до умов експлуатації деревини на різних об'єктах.

2. Значення коефіцієнта дифузії за вологопоглинання термомодифікованої деревини

Показник	контрольний зразок	Параметри режиму модифікування								
		Температура оброблення, °С								
		160			190			220		
		Тривалість оброблення, год								
		1	10	20	1	10	20	1	10	20
Коефіцієнт дифузії вологи, $\cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$	0,753	0,077	0,0062	0,0047	0,0031	0,0028	0,0015	0,00127	0,000088	0,000177

Список літератури

- Akyildiz, M. H., & Kesik, H. I. (2014). Effect of heat treatment ontheadhesion strength of water based wood varnishes. In L. Nunes, D. Jones, H. Callum et al. (Eds.), *Proceedings of the Seventh European Conference on Wood Modification*. Lisbon, Portugal, 2014.
- Arminger, B., Jaxel, J., Bacher, M., Gindl-Altmutter, W., & Hansmann, C. (2020). On the drying behavior of natural oils used for solid wood finishing. *Progress in Organic Coatings*, 148:105831. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105831>
- Jäämsä, S., Ahola, P., & Viitaniemi, P. (2000). Long-term natural weathering of coated ThermoWood. *Pigment & Resin Technology*, 29 (2), 68–74. <https://doi.org/10.1108/03699420010317807>
- Jirouš-Rajković, V., & Miklečić, J. (2019). Heat-Treated Wood as a Substrate for Coatings, Weathering of Heat-Treated Wood, and Coating Performance on Heat-Treated Wood. *Advances in Materials Science and Engineering*, 8621486; 8621486, 9. <https://doi.org/10.1155/2019/8621486>
- Miklečić, J., Jirouš-Rajković, V., Pervan, S., & Grujić, S. (2010). Oils usage in finishing of thermally modified wood in outdoor applications. In D. Radovan (Ed.), *Conference: Wood is Good-Transfer of Knowledge in Practice as a Way Out of the Crisis*. University of Zagreb, Faculty of Forestry, Zagreb, Croatia.
- Schaller, C., & Rogez, D. (2007). Light stabilization of modified wood species. In C. A. S. Hill, D. Jones, H. Militz, G. A. Ormondroyd (Eds.), *The Third European Conference on Wood Modification*. Cardiff, UK.
- Slabejová, G., & Vidholdová, Z., Šmidriaková, M. (2019). Surface finishes for thermally modified beech wood. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 61 (2), 41–50. <https://doi.org/10.17423/afx.2019.61.2.04>
- Pavlič, M., Petrič, M., & Zigon, J. (2021). Interactions of Coating and Wood Flooring Surface System Properties. *Coatings*, 11 (1), 91. <https://doi.org/10.3390/coatings11010091>
- Tsapko, Yu., Horbachova, O., Tsapko, A., Mazurchuk, S., Zavialov, D., & Buiskykh, N. (2021). Establishing regularities in the propagation of phase transformation front during timber thermal modification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/10 (109), 30–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.22531>
- Vernois, M. (2001). Heat treatment of wood in France-State of the art. In *Proceedings of Special Seminar of Review on Heat Treatments of Wood*. Antibes, France.

Tsapko Yu. V., Horbachova O. Yu.

ESTABLISHMENT OF MOISTURE DIFFUSION REGULARITIES THROUGH THE POLYMER SHELL OF THERMALLY MODIFIED WOOD

An analysis of the process of thermal modification of wood, which was obtained by a controlled heating process, was done. The unique technological properties (durability, low hygroscopicity and dimensional stability) of thermomodified wood make it possible to use it in various scope. Due to the influence of temperature there are some chemical changes in the structures of the wood cell wall components (lignin, cellulose and hemicellulose). This leads to an increase in density, hardness, improved hydrophobicity (water repellency), thereby reducing their ability to absorb moisture and swell. The products absorb moisture gradually, are less prone to swelling and shrinkage, but still need the elastic coatings application. It is proved that heat-treated wood turns gray over time under the influence of sunlight, and therefore requires additional surface treatment with a coating. Additional protective substances application on the thermo-modified wood products surface promotes dimensional stability and protects against rapid weathering of the surface in open air conditions. The use of transparent coatings and oils does not protect the surface from discoloration during weathering. They are recommended for products are manufactured from thermomodified wood, which are operated away from direct sunlight and rain. The parameters of moisture penetration into wood are mathematically modeled on the basis of the moisture diffusion quasi-stationary equation through the polymer coating on the flat sample surface. The dynamics of moisture content changes in thermally modified wood by different schedules parameters has been experimentally studied. The obtained mathematical relations based on the experimental studies results make it possible to calculate the moisture diffusion coefficient in thermally modified wood in the presence of a polymer shell. It is established that the wax coating application on the surface of the product reduces the moisture diffusion process more than 10 times for surfaces treated at a temperature of 160 °C for 1 hour. That is, such products can be used on objects with high humidity.

Keywords: wood, efficiency of thermal modification, moisture absorption, water diffusion, decomposition, wood stability.

Отримано: 2021-02-15

ОЦІНЮВАННЯ ВМІСТУ ^{90}Sr У ДЕРЕВИНІ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ НА ОСНОВІ ВИМІРЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ ПОТОКУ БЕТА-ЧАСТИНОК ІЗ ПОВЕРХНІ КОРИ СТОВБУРА

Д. М. ГОЛЯКА, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0001-8025-8885>, e-mail: holyaka_d_m@ukr.net

С. Є. ЛЕВЧУК, кандидат біологічних наук

<https://orcid.org/0000-0001-5167-7773>, e-mail: slavalevchuk64@gmail.com

Я. А. САВИЦЬКА, кандидат технічних наук

<https://orcid.org/0000-0002-5771-0076>, e-mail: yasawitskaya@gmail.com

О. М. ЛЕСНИК, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-4287-3454>, e-mail: lesnik@nubip.edu.ua

В. В. ГУМЕНЮК, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0003-4143-0739>, e-mail: v.v.gumeniuk@nubip.edu.ua

В. С. МОРОЗОВА, кандидат біологічних наук

<https://orcid.org/0000-0002-7245-1084>, e-mail: biohimik@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ю. С. ПРОКОПУК, кандидат біологічних наук

<https://orcid.org/0000-0001-8844-0219>, e-mail: ju.prokopuk91@gmail.com

Інститут еволюційної екології НАН України

О. В. КАШПАРОВА, аспірантка*

<https://orcid.org/0000-0002-3879-2010>, e-mail: elena.kasharova@gmail.com

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Процес вимірювання вмісту ^{90}Sr у компонентах лісових екосистем із застосуванням радіохімічних методів потребує значних затрат часу та праці для отримання вихідних результатів. Менш точне, однак швидке оцінювання цього радіонукліда на етапі польових робіт може значно пришвидшити процес прийняття рішення про можливість залучення певної лісової ділянки до експериментальних робіт чи використання її у господарських цілях. Вітчизняні й іноземні наукові колективи часто присвячують публікації схожим експрес-методам визначення вмісту біологічно мобільних радіонуклідів (^{137}Cs і ^{90}Sr): питомої активності, щільності забруднення і т. д., тому що вони дають змогу значно зменшити обсяги польових і лабораторних робіт. Спираючись на зібрані польові матеріали з 13 експериментальних майданчиків, чистих за складом соснових деревостанів, виявлено тісні ($r = 0,85\text{--}0,94$), статистично значущі за $p = 0,05$, зв'язки між питомою активністю ^{90}Sr у стовбурній деревині та результатами вимірювання щільності бета-потіку радіометром із поверхні кори деревних стовбурів сосни звичайної на висоті 1,3 м у межах 10 км зони навколо Чорнобильської АЕС. Встановлено прямі, лінійні залежності між усередненим вмістом ^{90}Sr у анатомічних частинах стовбурів дерев соснових деревостанів (заболоні, ядрі й усій деревині) та поверхневою щільністю

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

поток бета-частинок з кори дерев, що використані для створення регресійних рівнянь, які придатні для попереднього оцінювання питомої активності досліджуваного радіоізотопу в деревині у польових умовах ($R^2 = 0,90-0,96$). Ідентифіковано тісну кореляцію ($r = 0,93$) між середнім діаметром деревостану та відношенням концентрації ^{90}Sr у заболоні до питомої активності радіонукліда в ядровій деревині стовбурів. Встановлено залежності вмісту ^{90}Sr від щільності потоку бета-частинок із поверхні кори стовбурів дерев та співвідношення питомої активності цього радіонукліда між заболонню і ядром цілком можна рекомендувати як спосіб для експрес-вимірювання ^{90}Sr у деревині сосни звичайної. Однак, враховуючи незначний обсяг вибірки та важливість розглянутого питання, необхідно продовжити роботи у вказаному напрямі зі збільшенням кількості емпіричних даних для соснових деревостанів, а також залученням спостережень за іншими основними лісотвірними деревними видами зони відчуження.

Ключові слова: лісова екосистема, радіонуклід, питома активність, заболонь, ядро, стовбурна деревина, Чорнобильська зона відчуження.

Актуальність. Гетерогенність радіоактивного забруднення полягає не тільки у значній просторовій мінливості, а й неоднорідності радіонуклідного складу та різними фізико-хімічними особливостями його перерозподілу в екосистемах (Khomutinin et al., 2020). Водночас, коренева доступність біологічно мобільних радіонуклідів (^{137}Cs і ^{90}Sr) для біомаси лісових угруповань може різнитися на порядки, що найчастіше виражається у вигляді відповідних коефіцієнтів переходу (Vilous et al., 2020). З огляду на це, завжди існує ймовірність отримання на «відносно чистій» ділянці насадження елементи деревостану зі значним перевищенням рівнів радіологічного забруднення, або навпаки. Результатами такого явища може стати перевищення рівнів гігієнічних нормативів за вмістом ^{137}Cs і ^{90}Sr для деревини й деревної продукції у місцях заготівлі деревини (Vilous et al., 2020) або необхідність значно збільшувати обсяг вибірки на експериментальних майданчиках із вивчення міграції радіонуклідів навіть у межах 10-кілометрової зони навколо ЧАЕС, бо часто малі значення питомих активностей цих радіонуклідів у компонентах лісових екосистем не дають змоги з достатньою статистичною достовірністю встановити показники їх

розподілів (Khomutinin et al., 2020). Тому попереднє уточнювальне польове оцінювання вмісту радіонуклідів, із можливістю отримання вихідних результатів протягом декількох годин, допоможе розпочинати лісогосподарські чи наукові роботи на лісових ділянках, постраждалих унаслідок радіаційного забруднення, без побоювань щодо отримання забрудненої лісової продукції чи незадовільних емпіричних даних дослідження.

Неруйнівні способи вимірювання вмісту радіонуклідів у компонентах лісових екосистем є надзвичайно важливими для прижиттєвих радіодозиметричних досліджень дерев'янистих рослин. За їх допомогою встановлюють величини внутрішнього опромінення референтних організмів, що зазвичай сягає понад 50 % загального опромінення у ближній зоні навколо Чорнобильської АЕС, в основному внаслідок розпаду ^{90}Sr та його дочірнього радіонукліда ^{90}Y (Beresford et al., 2020). Важливими критеріями можливості поширення таких експрес-методів є вартість обладнання і необхідна кваліфікація персоналу для роботи з ним. Розробки зазначених підходів і підтвердження їх достовірності часто висвітлюють у публікаціях українські та іноземні вчені (Agamrun et al., 2018;

Keisuke et al., 2018; Yoschenko et al., 2011; Yoshihara et al., 2019). Вдосконалення і апробація способів радіаційного контролю складових навколишнього середовища є надзвичайно актуальним завданням для держав, які мають розвинуту інфраструктуру об'єктів ядерної промисловості й атомної енергетики або зазнали локального радіоактивного забруднення техногенними радіонуклідами. Особливу увагу в цьому аспекті потрібно приділяти лісовим екосистемам, оскільки компоненти деревної біомаси можуть депонувати до 50 % валової активності ^{137}Cs та ^{90}Sr , локалізованих на лісових ділянках (Holiaka et al., 2020a).

Актуальність дослідження зумовлено можливістю використання його результатів для реалізації експрес-оцінювання шляхом непрямого вимірювання вмісту ^{90}Sr у деревині сосни звичайної за допомогою одного із найпоширеніших в Україні радіометрів-дозиметрів *СТОРА-ТУ РКС-01* (ЕКОТЕСТ, Україна).

Мета дослідження – охарактеризувати залежність питомої активності ^{90}Sr стовбурної деревини від щільності потоку бета-частинок із поверхні кори дерев сосни звичайної на висоті 1,3 м у зоні відчуження.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі основні *завдання дослідження*: виявити та статистично оцінити ймовірні кореляції і залежності питомої активності ^{90}Sr у стовбурній деревині та її анатомічних частинах від щільності потоку бета-частинок з поверхні кори дерев сосни звичайної; охарактеризувати вплив лісотаксаційних показників на співвідношення вмісту ^{90}Sr між заболонню і ядром стовбурів; запропонувати алгоритм проведення експрес вимірювання концентрації ^{90}Sr у деревині для лісогосподарських цілей і під час радіологічних досліджень.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає у тому, що вперше підтверджено статистичну достовірність використання поверхневої щільності потоку бета-частинок для роздільного оцінювання вмісту ^{90}Sr у анатомічних частинах стовбурної деревини (заболоні, ядрі) дерев сосни звичайної.

Практичну значущість результатів дослідження зумовлено можливістю у польових умовах на лісових ділянках, представлених сосновими деревостанами, за короткий проміжок часу (від 2–3 хв.) здійснювати оцінювання вмісту ^{90}Sr у стовбуровій деревині, що дасть змогу ефективніше здійснювати радіаційний моніторинг лісових екосистем Чорнобильської зони відчуження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розвиток способів детектування і вимірювання рівнів радіаційного забруднення тісно пов'язаний із технічним прогресом приладів і устаткування, які використовують у цій сфері. Фактично, це окремий напрям досліджень, що нині переживає «бум» завдяки сучасним досягненням інформаційних технологій та автоматизації переважної більшості процесів передусім у медичних цілях, зокрема медичній радіології і радіаційній медицині, однак доробок у цій царині швидко знаходить практичне застосування і в інших галузях радіології (Ewert, 2016; Volterrani et al., 2019). Приміром, звичайні персональні дозиметри використовують у хвойних лісах Японії, постраждалих унаслідок аварії на АЕС у Фукусімі, для оцінювання динаміки вмісту ^{137}Cs у підстилці протягом року (Yoshihara et al., 2019). Розвиваються та модифікуються підходи щодо картування радіонуклідного забруднення за допомогою роботизованих комплексів і безпілотних літальних апаратів, де вміст і склад радіоі-

зотопів оцінюють на основі вимірювання їх бета- й гамма-випромінювань (Briechle et al., 2018; Zabulonov et al., 2015). Однак математичний апарат, який використовують для реалізації згаданих «ідей», розроблено ще в 1960–1970-х рр. (Khomutinin et al., 2018).

Швидке встановлення величини радіаційного забруднення компонентів лісу без відбору проб дає змогу одночасно вирішувати два основні завдання у процесі радіоекологічного моніторингу лісових екосистем: зменшується час перебування персоналу на ділянках із підвищеними рівнями іонізуючих випромінювань; повніше забезпечується бар'єрна функція лісів забруднених територій (зразки не транспортують для вимірювань до лабораторій). Зважаючи на це, українські та іноземні вчені розробили низку підходів із прогнозування поверхневої щільності забруднення ґрунту техногенними радіонуклідами гамма-випромінювачами (ІАЕА, 2003), зокрема із використанням аерообстежень (Pradeep Kumar et al., 2020), що надалі ставали основою для створення карт забруднення радіоізотопами, що характеризуються альфа- й бета-розпадом (Kashparov et al., 2018; Kashparov et al., 2020). Встановлення обмежень на вивезення зразків у разі перевищення регламентованих рівнів радіаційного забруднення за межі Чорнобильської зони відчуження сприяло розробленню способів оцінювання вмісту радіонуклідів у біомасі деревних рослинних угруповань *in situ* та *in vivo* (Ministry of Health of Ukraine & State Emergency Service of Ukraine, 2008), що успішно використано для встановлення прижиттєвих внутрішніх доз опромінення дерев сосни і берези в межах пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів (ПТЛРВ) (Yoschenko et al., 2011). Постійний пе-

рерозподіл біологічно мобільних радіонуклідів у лісових біогеоценозах потребує щоразу здійснювати валідацію та верифікацію перелічених методів у разі їх застосування, особливо для ^{90}Sr , який у 7–10 разів швидше мігрує в елементах ґрунту і біомаси порівняно з ^{137}Cs .

Матеріали та методи дослідження. Упродовж 2017 р. на 13 експериментальних майданчиках у вигляді кругових пробних площ, представлених чистими сосновими деревостанами, на відстані 5–10 км від Чорнобильської АЕС, виміряно поверхневу щільність потоку бета-частинок із кори і відібрано проби деревини із 78 дерев на висоті 1,3 м, згідно зі способом пропорційно-ступінчастого представництва. Середні таксаційні показники деревостанів були в інтервалі: вік – 27–97 років, діаметр – 12–36 см, висота – 12–28 м, відносна повнота – 0,62–1,19, запас стовбурів – 129–409 м³·га⁻¹. Щільності забруднення ґрунту (в перерахунку) станом на січень 2020 р. перебували у діапазоні для ^{137}Cs – 170–1700 кБк·м⁻², для ^{90}Sr – 50–750 кБк·м⁻². Вміст ^{90}Sr у стовбурній деревні становив 0,9–23,1 кБк·кг⁻¹. Проби деревини відбирали за допомогою вікового бура *Haglof* ($d = 5,5$ мм, $l = 500$ мм) і механічно розділяли на заболоневу та ядрову анатомічні частини.

Питому активність ^{90}Sr у деревині вимірювали за допомогою радіохімічного виділення радіонукліда після висушування зразків за температури 70°C, їх механічної гомогенізації, з наступним озоленням у муфельних печах за температур до 550°C (Central Research Institute of Agrochemical Service, 1985). Поверхневу щільність частинок бета-випромінювання кори стовбура (φ_{β}) встановлювали за допомогою радіометра-дозиметра *СТОРА-ТУ РКС-01* у два етапи: із закритою і

відкритою металічною кришкою бета-фільтра до чотирьох лічильників Гейгера–Мюллера, що відповідає значенням оцінок створюваних лише гамма-фоном (φ_γ) та гамма- і бета-забрудненням ($\varphi_{\beta+\gamma}$) відповідно, після чого виконували розрахунок показника:

$$\varphi_\beta = \varphi_{\beta+\gamma} - \varphi_\gamma \quad (1)$$

Аналіз отриманих вихідних польових і лабораторних даних виконано програмними продуктами *Microsoft Excel 365* і *RStudio 1.2* (мова програмування *R 3.6*).

Результати дослідження та їх обговорення. Кореляційний аналіз виявив тісні залежності між середніми арифметичними значеннями щільності потоку бета-частинок із поверхні кори і питомою активністю ^{90}Sr у стовбурній деревині ($r = 0,94$) дерев сосни звичайної на експериментальних майданчиках (критичне значення $r = 0,58$ за $p = 0,05$), а також її анатомічними частинами: заболонню ($r = 0,85$) і ядром ($r = 0,94$). Ідентифіковано сильний

зв'язок між середнім діаметром деревостану та відношенням вмісту ^{90}Sr у заболоні до питомої активності цього радіонукліда в ядрі ($r = 0,93$). З іншими таксаційними показниками концентрація ^{90}Sr у стовбурній деревині та її частинах характеризувалася значно меншими величинами коефіцієнта кореляції ($r = 0,02\text{--}0,49$).

Графічна інтерпретація залежностей питомої активності ^{90}Sr ($A_{\text{Sr-90}}$) у елементах деревини стовбура від щільності потоку бета-частинок із поверхні кори дерев (φ_β) вказує на можливість її опису простою лінійною функцією лише з одним кутовим коефіцієнтом (рис. 1). Прогнозні значення кутового коефіцієнта лінійних регресій становили (\pm квадратичне відхилення) для заболоні – $23,1 \pm 8,5$ Бк·см²·хв·(кг·част.)⁻¹, для ядра – $42,3 \pm 10,8$ Бк·см²·хв·(кг·част.)⁻¹, та усереднена величина для всієї стовбурної деревини (при об'єднанні анатомічних частин) – $26,8 \pm 6,8$ Бк·см²·хв·(кг·част.)⁻¹. Отримані результати виявилися схожими з вихідними даними

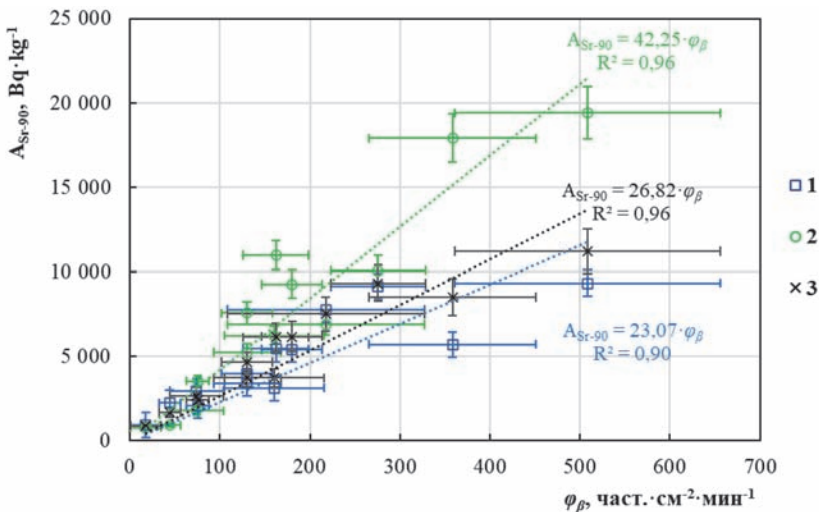


Рис. 1. Залежність середньої питомої активності ^{90}Sr у деревині стовбура (1 – заболоні, 2 – ядрі, 3 – всій деревині) від поверхневої щільності потоку бета-частинок на висоті дерева 1,3 м

наукової роботи, проведеної 15 років тому у соснових деревостанах 15–16-річного віку в межах ПТЛРВ «Рудий ліс» (Yoschenko et al., 2011), де такий самий коефіцієнт для заболоні стовбурів оцінений у $26 \pm 8 \text{ Бк} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{хв} \cdot (\text{кг} \cdot \text{част.})^{-1}$, однак зазначені дослідження проводили у такому віці дерев, коли ядрова частина деревини стовбура була ще не сформована, тому умовно вказаний показник представляє всю деревину стовбура у радіальному напрямку, що робить порівнювальні результати двох експериментальних робіт майже ідентичними (Holiaka et al., 2020b). Ці дослідження, на відміну від попередніх, дають змогу використовувати цей спосіб для оцінювання вмісту питомої активності ^{90}Sr у ядровій деревині.

Збільшення величини відношення вмісту ^{90}Sr у заболоні до питомої активності радіоізоотопу в ядрі ($A_{\text{S/H}}$) із збільшенням середнього діаметра деревостану (D) на соснових ділянках (рис. 2) пояснюється особливостями депонування цього радіонукліда у стовбурній деревині. Наразі, у радіальному напрямку, ^{90}Sr найбільше акумулювався на ймовірній межі заболоні та ядра дерев сосни звичайної в 1986–1992 рр. (Holiaka et al., 2020b). Від вказаного максимуму питомої активності радіонукліда в напрямку до кори стовбура вміст ^{90}Sr у деревині поступово зменшується у декілька разів. Однак у деревах віком понад 70 років (у цьому дослідженні вони відповідають середньому діаметру деревостану понад 30 см) через низьку мобільність радіоізоотопу в ядровій деревині після її формування у центрі стовбура утворюється місце з дуже низькою концентрацією ^{90}Sr , що «розбавляє» середню питому активність радіонукліда в ядрі стовбура, та відповідно спостерігається зростання значень відношення вміс-

ту ^{90}Sr у заболоні до його питомої активності в ядрі ($A_{\text{S/H}}$). Ця закономірність вступає у суперечність щодо застосування побудованих лінійних регресійних рівнянь (рис. 1) та/чи їх прогнозних кутових коефіцієнтів для оцінювання вмісту ^{90}Sr у елементах стовбурної деревини залежно від щільності потоку бета-частинок з поверхні кори, оскільки вони не відтворюють співвідношення між концентраціями ^{90}Sr в анатомічних частинах деревного стовбура з рахуванням середнього діаметра деревостану. Отже, потрібно застосувати різні алгоритми для оцінювання загальної питомої активності всієї деревини та за окремими анатомічними складовими стовбурної деревини. Зокрема, найдоцільнішим способом консервативного оцінювання вмісту ^{90}Sr у стовбурній деревині без виділення анатомічних частин є використання лінійної залежності питомої активності радіонукліда від щільності потоку бета-частинок із поверхні кори дерева на висоті 1,3 м (рис. 1), але у разі необхідності оцінити вміст радіонукліда у заболоні та ядрі роздільно (що зазвичай необхідно здійснювати під час радіологічних досліджень лісів), оптимальніше спочатку вирахувати концентрацію ^{90}Sr у заболоні із застосуванням відповідної лінійної регресії (рис. 1) та надалі розрахувати ймовірну питому активність радіонукліда для ядра на основі зміни відношення концентрацій ^{90}Sr у заболоні до його вмісту в ядрі залежно від середнього діаметра деревостану (рис. 2).

Отримані закономірності для експрес-оцінювання вмісту ^{90}Sr у стовбурній деревині деревостанів сосни звичайної розробленим способом не є статичними. З моменту потрапляння радіонукліда у 1986 р. до навколишнього середовища відбувається поступова трансформація і перерозподіл ^{90}Sr

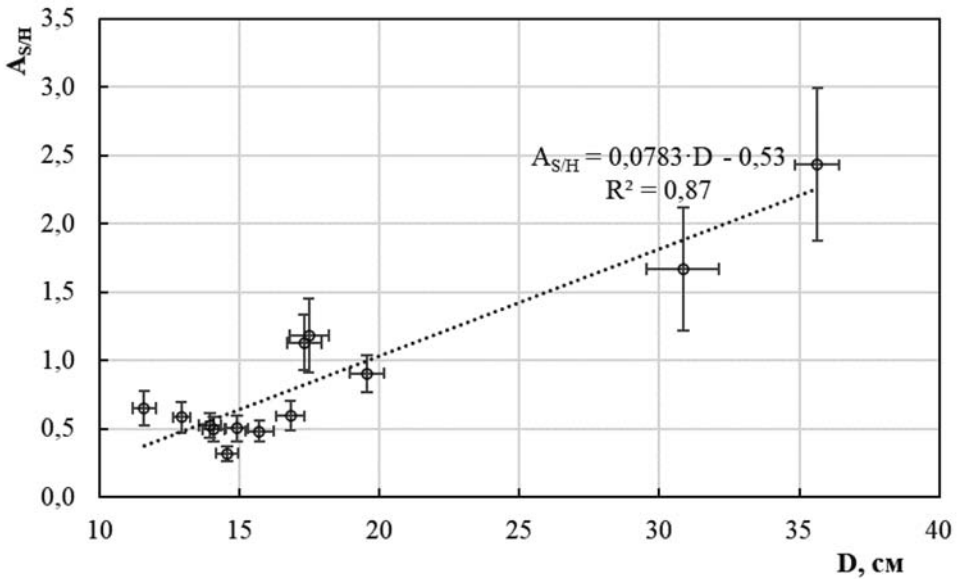


Рис. 2. Залежність значень відношення питомої активності ^{90}Sr у заболоні до ядра від середнього діаметра деревостану

у лісових екосистемах, зокрема у стовбурі деревних рослин, що потребує періодичного підтвердження вихідних кількісних показників цього дослідження у випадку практичної реалізації способу непрямого вимірювання питомої активності ^{90}Sr у стовбурній деревині на основі поверхневої щільності потоку бета-частинок із кори. Також необхідно врахувати «малий» обсяг отриманих спостережень для достовірної інтерпретації виявлених закономірностей із метою кращого розуміння обмежувальних чинників для застосування представленого підходу.

Висновки і перспективи. За результатами проведених досліджень підтверджено спроможність використання показника щільності потоку бета-частинок, отриманого за допомогою вимірювань радіометром-дозиметром *СТОРА-ТУ РКС-01* з поверхні кори деревного стовбура дерев сосни звичайної для попереднього оцінювання вмісту ^{90}Sr в стовбурній

деревині у польових умовах. Зв'язок між переліченими вище ознаками характеризується прямою лінійною залежністю, що використано для побудови регресійних рівнянь та пошуку їх параметрів. Описаний у роботі експрес-спосіб вимірювання питомої активності радіонукліда придатний для використання за питомої активності деревини стовбура понад $1 \text{ kBq} \cdot \text{kg}^{-1}$, тому може нині практично реалізовуватись у межах 30-кілометрової зони відчуження навколо Чорнобильської АЕС. Цей підхід оцінювання ^{90}Sr можна рекомендувати для попереднього оцінювання вмісту радіонукліда під час радіоекологічних і прижиттєвих радіодозиметричних досліджень соснових фітоценозів. Однак бажано виконувати верифікацію способу на «власному» масиві спостережень, оскільки отримана вибірка у цьому й попередніх дослідженнях та їх репрезентативність представлені незначним обсягом емпіричних даних.

Список літератури

- Aramrun, P., Beresford, N. A., & Wood, M. D. (2018). Selecting passive dosimetry technologies for measuring the external dose of terrestrial wildlife. *Journal of Environmental Radioactivity*, 182, 128–137. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.12.001>
- Beresford, N. A., Barnett, C. L., Gashchak, S., Maksimenko, A., Guliaichenko, E., Wood, M. D., & Izquierdo, M. (2020). Radionuclide transfer to wildlife at a 'Reference site' in the Chernobyl Exclusion Zone and resultant radiation exposures. *Journal of Environmental Radioactivity*, 211, 105661. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.02.007>
- Bilous, A., Holiaka, D., Matsala, M., Kashparov, V., Schepaschenko, D., Lakyda, P., Shvidenko, A., Myroniuk, V., & Otrshko, L. (2020). ⁹⁰Sr content in the stemwood of forests within Ukrainian Polissya. *Forests*, 11, 270. <https://doi.org/10.3390/f11030270>
- Briechle, S., Sizov, A., Tretyak, O., Antropov, V., Molitor, N., & Krzystek, P. (2018). UAV-based detection of unknown radioactive biomass deposits in Chernobyl's exclusion zone. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-2*, 163–169. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-163-2018>
- Central Research Institute of Agrochemical Service. (1985). *Methodical instructions for the determination of strontium-90 and cesium-137 in soils and plants* [in Russian].
- Ewert, U. (2016). Progress in digital industrial radiology – Part 1: Radiographic techniques-film replacement and backscatter imaging. *Nondestructive Testing and Diagnostics*, 1–2, 37–43. <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-051b8cf1-7577-40cf-a615-3066ee951f01/c/Ewert.pdf>
- IAEA. (2003). *Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data: IAEA-TECDOC-1363*.
- Holiaka, D. M., Levchuk, S. E., Kashparov, V. A., Holiaka, M. A., Yoschenko, L. V., Otrshko, L. N., Kosarchuk, O. V., & Lazarev, N. M. (2020a). Vertical distribution of ⁹⁰Sr in soil profiles and its uptake by Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood growing within the Chernobyl exclusion zone. *Nuclear Physics and Atomic Energy*, 21 (2), 157–165 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/jnpae2020.02.157>
- Holiaka, D., Yoschenko, V., Levchuk, S., & Kashparov, V. (2020b). Distributions of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr activity concentrations in trunk of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Chernobyl zone. *Journal of Environmental Radioactivity*, 222, 106319. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106319>
- Iliev, I. I. (2019). Calibration of a system for airborne gamma spectrometry survey and mapping implementation. *Bulgarian Chemical Communications*, 51 (4), 611–617. <https://doi.org/10.34049/bcc.51.4.5128>
- Kashparov, V., Levchuk, S., Zhurba, M., Prot-sak, V., Beresford, N. A., & Chaplow, J. S. (2020). Spatial radionuclide deposition data from the 60 km radial area around the Chernobyl Nuclear Power Plant: results from a sampling survey in 1987. *Earth System Science Data*, 12 (3), 1861–1875. <https://doi.org/10.5285/a408ac9d-763e-4f4c-ba72-73bc2d1f596d>
- Kashparov, V., Levchuk, S., Zhurba, M., Prot-sak, V., Khomutinin, Yu., Beresford, N. A., & Chaplow J. S. (2018). Spatial datasets of radionuclide contamination in the Ukrainian Chernobyl Exclusion Zone. *Earth System Science Data*, 10 (1), 339–353. <https://doi.org/10.5285/782ec845-2135-4698-8881-b38823e533bf>
- Keisuke, K., Mitsutaka, Y., Yuto, N., Nobuo, S., Yong-Gen, Y., Toshihiro, Y., & Naoki, K. (2018). Development of an easy and simple method to measure the environmental radioactivity in trees with efficient personal dosimeters. *Radioisotopes*, 67 (9), 427–434. <https://doi.org/10.3769/radioisotopes.67.427>
- Khomutinin, Y., Glukhovskiy, O., Protsak, V., Kashparov, V., Levchuk, S., & Pavliuchenko, V. (2018). Cartographing of "spots" of radioactive pollution. *Nuclear and Radiation Safety*, 2 (78), 49–54 [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.32918/nrs.2018.2\(78\).08](https://doi.org/10.32918/nrs.2018.2(78).08)
- Khomutinin, Yu., Fesenko, S., Levchuk, S., Zhebrowska, K., & Kashparov, V. (2020). Optimising sampling strategies for emergency response: Soil sampling. *Journal of Environmental Radioactivity*, 222, 106344. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106344>
- Ministry of Health of Ukraine & State Emergency Service of Ukraine (2008). *About the statement of Rules of radiation safety at carrying out of works in the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement*. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0754-08#Text> [in Ukrainian].
- Pradeep Kumar, K. A., Shanmugha Sundaram, G. A., Sharma, B. K., Venkatesh, S., & Thiruvengadathan, R. (2020). Advances in gamma radiation detection systems for emergency radiation monitoring. *Nuclear Engineering and Technology*, 52 (10), 2151–2161. <https://doi.org/10.1016/j.net.2020.03.014>
- Volterrani, D., Erba, P. A., Carrio, I., Strauss, H. W., & Mariani, G. (Eds.). (2019).

- Nuclear Medicine Textbook*. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-95564-3>
- Yoschenko, V. I., Kashparov, V. A., Melnychuk, M. D., Levchuk, S. E., Bondar, Yu. O., Lazarev, M., Yoschenko, M. I., Farfán, E. B., & Jannik, G. T. (2011). Chronic irradiation of Scots pine trees (*Pinus sylvestris*) in the Chernobyl exclusion zone: dosimetry and radiobiological effects. *Health Physics*, 101(4), 393–408. <https://doi.org/10.1097/hp.0b013e3182118094>
- Yoshihara, T., Kurita, K., Matsumura, H., Yoschenko, V., Kawachi, N., Hashida, Sh., Konoplev, A., & Yoshida, H. (2019). Assessment of gamma radiation from a limited area of forest floor using a cumulative personal dosimeter. *Journal of Environmental Radioactivity*, 204, 95–103. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2019.03.023>
- Zabulonov, Yu. L., Burtnyak, V. M., & Zolkin, I. O. (2015). Airborne gamma spectrometric survey in the Chernobyl exclusion zone based on octocopter UAV type. *Problems of Atomic Science and Technology*, 5(99), 163–169. https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2015_5/article_2015_5_163.pdf

Holiaka D. M., Levchuk S. E., Savytska Ya. A., Lesnik O. M., Humeniuk V. V., Morozova V. S., Prokopuk Yu. S., Kashparova O. V.
ESTIMATION OF ⁹⁰Sr CONTENT IN WOOD OF SCOTS PINE BASED ON MEASUREMENT SURFACE FLUX DENSITY OF BETA-PARTICLES FROM STEM BARK

This paper presents an approach for indirect measuring of ⁹⁰Sr activity concentration in stem wood of Scots pine's live trees within the Chernobyl exclusion zone based on values of beta-particles surface flux density from stem bark at a tree height of 1.3 m above the forest floor that obtained by use STORA-TU RKS-01 radiometer-dosimeter under field condition. The similar express-methods often consider in scientific publications so as they allow to obtain probable levels of radiation contamination without taking samples for laboratory measurements. That in turn can be used to optimize sampling or for example in the case of the need to preserve the intact initial state of the biota during long-term in situ or/and in vivo observations. The empirical data for validation of the method have received on 13 experimental sites of artificial (plantation) even-aged stands which consist only of one woody species: Scots pine. The correlation analysis discovered statistical significant relation at p-value=0.05 between arithmetic averages of beta-particles surface flux density from stem bark of pine trees at the forest sites and ⁹⁰Sr activity concentration in stem wood elements (sap wood, heartwood and all stem wood), and functional dependencies among these parameters are described by a simple linear equation with only one slope parameters ($R^2 = 0.90-0.96$) whose predicted values for sap wood, heartwood, and all stem wood are (\pm standard deviation) 23.1 ± 8.5 , 42.3 ± 10.3 , and 26.8 ± 6.8 Bq·cm²·min·(kg·pcs)⁻¹, respectively. Moreover, the influence of biometric indicators of individual trees (diameter, height, age) on this pattern was not detected. However, the average diameter (DBH) of stands has the strongest influence among forest inventory indicators on the value of the ⁹⁰Sr activity concentration ratio between sap wood and heartwood ($r = 0.93$), that is, the radial distribution of the studied radionuclide in stem wood of pine trees. The results of these studies should be confirmed by a larger collection of observations for Scots pine given the small sample size for her in this paper. Also, scientists are necessary to include empirical data for other major forest-forming woody species within the research region due to the importance of using express-methods of radioactive contamination levels estimation for the planning and optimization of forest management.

Keywords: forest ecosystem, radionuclid, activity concentration, sap wood, heartwood, stem wood, Chernobyl exclusion zone.

Отримано: 2021-02-10

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ НА ЛІСОВІ ДІЛЯНКИ ЖИТОМИРЩИНИ

С. Б. КОВАЛЕВСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор
<https://orcid.org/0000-0002-0506-6055>, e-mail: s.kovalevsky@ukr.net

Ю. М. МАРЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
e-mail: dendrology.nudip@gmail.com

К. В. МАЄВСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
e-mail: kv_maevsky@nubip.edu.ua

С. С. КОВАЛЕВСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
e-mail: kovalevskyis.s@nubip.edu.ua

А. М. ЧУРИЛОВ, кандидат біологічних наук, доцент
e-mail: churilov_konf@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Видобуток бурштину вже призвів до екологічної катастрофи регіонального масштабу. За офіційними даними, понад тисяча гектарів земель, які переважно розташовані на території Центрального поліського регіону (Житомирська область), зазнали дуже сильних ушкоджень і потребують відновлення. Природоохоронне значення таких територій втрачено, а подальше використання для ведення лісового чи сільського господарства є дуже ризикованим. Для розроблення норм антропогенних навантажень на ландшафти обов'язковим є дослідження антропогенної трансформації шляхом виявлення їх сучасного екологічного стану, встановлення залежності змін від інтенсивності антропогенних навантажень індивідуально для кожного природного регіону. Вихідними матеріалами для отримання результатів є матеріали польових досліджень, таксаційні описи насаджень, супутникові та аерофотознімки, а також закладання тимчасових пробних площ за загальноприйнятою у лісовому господарстві методикою. Унаслідок несанкціонованого видобутку бурштину на території Житомирщини стрімко зростає антропогенне навантаження на лісгосподарські ландшафти, що завдає їм непоправимої шкоди, призводить до екологічної та економічної кризи району, дисбалансу соціального становища жителів району, значних збитків у сфері лісового господарства, створює підґрунтя для виникнення супутніх екологічних проблем. Відбуваються значні перетворення у структурі та мінеральному складі шару ґрунту лісових земель, повністю або частково знищується живий надґрунтовий покрив і підлісок, підріст зазнає значного перетворення умов місцезростання та антропогенного тиску. Порушення екологічної рівноваги лісу на різних етапах біологічного розвитку, може призвести до незворотних наслідків у лісгосподарській галузі. Отримані результати є перспективними для подальшого розроблення власної методики еколого-економічної оцінки заподіяної шкоди, наслідком яких є незаконний видобуток бурштину.

Ключові слова: дендрорекультивація, бурштин, лісові ділянки, ерозія, екологія.

Актуальність. Україна вирізняється багатством надр, розроблення яких неминуче призводить до порушення наявних екосистем. Останніми роки гостро постала проблема відновлення значних земельних площ, пошкоджен

них унаслідок несанкціонованого видобутку бурштину на території Поліського бурштиноносного району. За офіційними даними, понад тисяча гектарів земель зазнали дуже сильних ушкоджень і потребують відновлення. При-

родоохоронне значення таких територій втрачено, а подальше використання для ведення лісового чи сільського господарства є дуже ризикованим. Видобуток бурштину із використанням мотопомп призводить до руйнування структури ґрунту та різкого погіршення його водно-фізичних властивостей. Складність відновлення таких територій пов'язана не лише з фінансуванням, а й із тим, що у світовій практиці немає досвіду дендрорекультивациї земель з аналогічними ушкодженнями. Тому дуже важливою є всебічна оцінка ушкоджень та наслідків, які вони несуть для всіх компонентів екосистеми, зокрема деревних насаджень. Лісова дендрорекультивация, як порівняно дешевий і досить ефективний спосіб оздоровлення порушених промисловістю земель, отримала широке поширення у лісовій зоні Європи, Росії та Північної Америки. Під час лісової дендрорекультивациї порушених земель велику увагу приділяють підбору асортименту деревних і кущових видів, основному елементу типів проєктованих штучних лісових насаджень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Центральне (Житомирське) Полісся є одним із найбільш заліснених регіонів України. Земельний фонд Житомирської області становить 2 982,7 тис. га. У його складі найвищу питому вагу – більше ніж половину (53,9 %, або 1608,5 тис. га), мають сільськогосподарські землі (Trembitskyi et al., 2011). Понад третину земель становлять ліси та вкриті лісовою рослинністю лісові площі. Лише 166,7 тис. га земель області перебувають у їхньому природному стані: болота, озера, ріки, відкриті землі.

На території області прогресують ерозійні процеси, площі еродованих та ерозійно небезпечних земель постійно зростають. Ерозійні процеси поширені

на 104,8 тис. га сільськогосподарських угідь, що складає 3,5 % території області і 6,5 % площі сільгоспугідь (Trembitskyi et al., 2011).

Лісова рослинність у минулому, достатньо вологий і м'який клімат, позитивний баланс вологи у ґрунті, легкий механічний склад і безкарбонатність порід зумовили виникнення на Поліссі, зокрема у центральній його частині, дерново-підзолистих (неоглеєних і оглеєних) ґрунтів, переважно легкого механічного складу (піщаного, глинисто-піщаного, супіщаного та піскуватого-легкосуглинистого) (Hooke et al., 1958). Дерново-підзолисті ґрунти Полісся характеризуються низкою негативних рис: кислою реакцією, ненасиченістю основами, бідністю на гумус, на валову кількість поживних речовин (азотних, фосфатних, калійних) та на мікроелементи (Huck et al., 1958). Нестача будь-яких хімічних елементів у ґрунтах зумовлює їх нестачу в рослинах.

Лісистість території Центрального Полісся збільшується від південних районів до північних від 5 % до 50 % і в середньому становить 33,3 % (Pylypenko et al., 2010). Серед усіх типів лісів на території Центрального Полісся найбільше поширені ліси суборового типу, які переважно приурочені до дерново-слабо та дерново-середньопідзолистих глинисто-піщаних та піщаних ґрунтів різного ступеня зволоження (Lavrinenko, 1954). У свіжих суборах сосна перебуває в оптимальних умовах свого розвитку і дає деревину найкращої якості (Kucheriavui et al., 2006).

Прояви бурштину в межах поліської частини Житомирської області, виявлені науковцями і місцевими жителями, належать до меж Житомирського Полісся. В його геологічній будові головне місце займають докембрійські

породи, перекриті антропогеновими відкладами (Vyshnivskiy & Kushnir, 2007). Зважаючи на порівняно незначну відстань між Клесівським родовищем і виявленими ареалами покладів бурштину, де нині проводять його несанкціонований видобуток в Олевському і Коростенському районах, а також подібність геоморфологічних і ґрунтових умов територій, слід вважати зазначені ареали продовженням Клесівського родовища. Найбільш бурштиноносним вважають нижній шар кварцових пісків межигірської свити харківської серії олігоцену. Він представлений дрібно- і середньозернистими пісками переважно зеленувато-сірого кольору з глауконітом, вміст якого сягає 5 %. Потужність шару насиченого водою піску становить від одного до п'яти метрів. Середній вміст бурштину в пісках цього типу становить 57 гм³ (Shcherbak & Hoshovskiy, 2006).

Останнім часом найбільша активність несанкціонованого видобутку бурштину на лісових землях спостерігалася в межах Олевського і Овруцького районів Житомирської області, Рокитнівського, Дубровицького, Володимирецького, Зарічненського і Сарненського районів Рівненської області та Ратнівського і Любешівського районів Волинської області. Також, зважаючи на географію залягання покладів, у своєрідну зону ризику потрапляє ще ряд районів перелічених областей, а також території Київської області. Фактично, несанкціонованим видобутком бурштину охоплена майже вся північнозахідна частина України площею понад 14,6 тис. км² (Kovalevsky & Legky, 2018; Nadtochii, 2007; Vyshnivskiy & Kushnir, 2007).

Видобуток бурштину здійснюється ручним і гідромеханічним способами (помповим методом, помпуванням).

Останній на цей час переважає і має більш катастрофічні для екології наслідки. Гідромеханічний спосіб видобутку полягає в розмиванні струменем води під великим тиском ґрунту до 6–10 метрів у глибину (Kovalevsky & Legky, 2018; Nadtochii & Myslyva, 2007, 2015; Slobodian, 2009). Видобуток таким способом повністю знищує родючий шар ґрунту в місці ймовірного залягання корисної копалини, оскільки під час «розмивання» гумусовий шар переміщується з основною масою підстеляючих піщаних і супіщаних порід. Для відновлення родючого шару потрібні десятки років. Під час видобутку помповим методом повністю руйнується коренева система дерев, що призводить до знищення десятків і сотень гектарів лісу. Значні ушкодження деревної рослинності за такого видобутку бурштину пояснюються тим, що самовільне розроблення переважно ведуть у закритих і напівзакритих місцевостях: лісах, чагарниках, лісосмугах, віддалених від населених пунктів, в умовах бездоріжжя, що не дає змоги забезпечити належну охорону родовищ і проявів (Nadtochii & Myslyva, 2007; Nadtochii & Myslyva, 2015; Slobodian, 2009).

Однак питання рекультивації та дендрорекультивації лісових земель, порушених унаслідок несанкціонованого видобутку бурштину на території Українського Полісся, зокрема Житомирської області, є новим і маловивченим. Перші наукові публікації з цієї проблеми з'явилися лише п'ять років тому, їх основними темами є супутниковий моніторинг порушених територій (Slobodian, 2009) та оцінка екологічних наслідків і економічних збитків (Dorenko, 1979; Vovk et al., 2008; Nadtochii & Myslyva, 2015), завданих видобутком бурштину. В роботах науковців ми не виявили аналогів комп-

лексного підходу до оцінки та відновлення порушених унаслідок видобутку бурштину лісових територій Українського Полісся.

Доволі цікавими на сьогодні є наукові дослідження М. Казимира і Т. Бедернічека «Рекультивация земель порушених внаслідок видобутку бурштину на поліссі: проблеми та перспективи» (Kazimir & Bedernichek, 2017) та П. Надточія «Еколого-економічна оцінка впливу діяльності, пов'язаної з незаконним видобуванням бурштину на стан довкілля Житомирщини» (Nadtochii, 2015).

У наукових публікаціях С. Ковалевського та В. Легкого «Інтегральна оцінка антропогенної трансформації лісових ландшафтів Дубровицького району внаслідок несанкціонованого видобутку бурштину» та «Типологічне оцінювання лісових масивів Дубровицького лісництва, порушених унаслідок несанкціонованого видобутку бурштину» висвітлено результати дослідження лісових насаджень Дубровицького лісництва, ушкоджених унаслідок незаконного видобутку бурштину (Kovalevsky & Legky, 2017; Kovalevsky & Legky, 2018).

Мета дослідження полягає у виявленні екологічних наслідків негативного впливу несанкціонованого видобутку бурштину на землі лісового фонду Житомирської області, що були вкриті деревною рослинністю.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр. на території земель лісового фонду Житомирського обласного управління лісового та мисливського господарства. За результатами рекогносрування ушкоджень на території зазначених підприємств визначено для подальшої роботи три державні підприємства та сім лісництв у їх складі: ДП «Білокоровицьке ЛГ» (За-

мисловицьке, Озерянське, Тепеницьке, Поясківське лісництва), ДП «Олевське ЛГ» (Юрівське та Кам'янське лісництва), ДП «Словечанське ЛГ» (Сирницьке та Можарівське лісництва). У подальшому тимчасові пробні площі закладено на території кварталів 20 і 21 Поясківського лісництва, кварталу 27 Можарівського лісництва та кварталу 29 Сирницького лісництва. Тимчасові пробні площі закладали у місцях найбільш інтенсивного пошкодження ділянок унаслідок видобутку бурштину та на суміжних ділянках, які не зазнали негативного впливу.

Вихідними матеріалами для роботи є матеріали польових досліджень, таксаційні описи насаджень, супутникові та аерофотознімки, дані спеціалізованої літератури, накази та розпорядження державних органів влади України (Yanchuk et al., 2017). Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих у лісовому господарстві методичних рекомендацій (Gordienko et al., 2000). Технологію створених лісових культур, проведення господарських заходів у них було відновлено за архівними даними і матеріалами лісовпорядкування, а також уточнено під час обстеження в натурі.

Пробні площі закладали у характерних для ділянок місцях. Пробну площу прив'язували до кварталної мережі. У натурі пробні площі обмежували візирами, а на кутах викопували шурфи (30×30×30 см) і поряд на віддалі 30–35 см залишали землю. Вік окремих деревних рослин встановлювали за даними таксаційних описів, а якщо таких не було – візуально, відповідно до загального стану рослин, таксаційних показників, умов місцезростання. Вимірювання основних таксаційних показників дерев проводили за загальноприйнятою методикою (Anuchin, 1982). Тип лісорослинних умов визна-

чали за лісотипологічною класифікацією Алексєєва–Погребняка (Pogrebniak, 1968) з урахуванням індикаторів типів лісу, ґрунту і рельєфу. Об'ємну масу визначали пікнометричним методом у двократній повторності, *pH* сольової витяжки – потенціометричним методом, гідролітичну кислотність – за Каппеном, суму поглинених основ – за Каппеном–Гільковцем, вміст гумусу – за Тюріним. Ґрунтові аналізи виконані у трикратній повторності з допустимим відхиленням від середнього арифметичного не більше ніж $\pm 5\%$ (Arinushkina, 1970).

Результати дослідження та їх обговорення. Масовий видобуток бурштину на території Житомирської області розпочався дещо пізніше, ніж у сусідніх Волинській і Рівненській областях. Це стало однією з передумов того, що загальна площа пошкоджених територій і зокрема земель лісогосподарського призначення є меншою, ніж у сусідніх регіонах.

Ділянки лісових насаджень, що потребують дендрорекультиваци, виявлено на території трьох підприємств. Найбільше порушених площ (336,60 га) – на території ДП «Білокоровицьке ЛГ», ДП «Олевське ЛГ» (30,70 га) і ДП «Словечанське ЛГ» (2,15 га). За результатами аналізу ушкоджень на території цих підприємств визначено для подальшої роботи сім лісництв у їх складі: ДП «Білокоровицьке ЛГ» (Замисловицьке, Озерянське, Тепеницьке, Поясківське лісництва), ДП «Олевське ЛГ» (Юрівське та Кам'янське лісництва), ДП «Словечанське ЛГ» (Сирницьке та Можарівське лісництва). У подальшому тимчасові пробні площі закладено на території кварталів 20 і 21 Поясківського лісництва, кварталу 27 Можарівського лісництва та кварталу 29 Сирницького лісництва.

На території ДП «Білокоровицьке» ЛГ найбільша площа ушкоджених земель припадає на 20, 21, 22 і 25 квартали Поясківського лісництва, 60 та 64 квартали Юрівського лісництва ДП «Олевське ЛГ», 29 квартал Сирницького лісництва ДП «Словечанське ЛГ».

Дані лісовпорядкування та візуальне обстеження порушених ділянок вказують на те, що в результаті видобутку бурштину було знищено переважно середньовікові насадження *Pinus sylvestris* L., місцями з домішкою *Quercus robur* L., також молодняки *Betula pendula* Roth. та пристигаючі насадження *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. У переважній більшості випадків лісо-стани були суцільно вирубані, а в деяких випадках випалені разом із піднаметовим вкриттям. Частина насаджень, зокрема молодняки *Betula pendula* Roth., загинула після залиття верхнього шару ґрунту пульпою з піщаних горизонтів унаслідок гідронамиву мотопомпами. На багатьох ділянках намівні роботи призвели до порушення рівня ґрунтових вод.

У результаті обстеження ділянок встановлено низку типів порушень ґрунтового покриву. Це, зокрема, канали для підводу води до гідропомп, декілька типів кратерів, ями від первинного та вторинного ручного копання та так звані ями-шахти з укріпленими стінками.

Тимчасові пробні площі закладено у місцях найбільш інтенсивного пошкодження ділянок унаслідок видобутку бурштину та на суміжних ділянках, які не зазнали негативного впливу. Лише на території Можарівського лісництва пробні площі для порівняння було закладено на порівняно легко порушених територіях.

Враховуючи той факт, що, за даними експертів-геологів, під час незакон-

ного видобутку методом помпування з надр видобувають лише близько 20–30 % бурштину, існує великий ризик повторного порушення території. У практиці місцевих лісівників уже були випадки, коли підготовлені або вже засаджені лісовими культурами ділянки повторно порушувалися. Також, зважаючи на вже розвідану щільність залягання бурштину, є значна вірогідність розширення в майбутньому порушених площ.

Агрохімічні показники ґрунтів, зокрема їхні хімічний склад та фізико-механічні властивості, часто відіграють визначальну роль при виборі деревних видів і технології створення насаджень. Оскільки значні площі поверхні досліджуваної території в межах земель ДП «Білокорівське ЛГ» у процесі незаконного видобутку бурштину гідромеханічним методом вкриті шаром розкритих порід, потужність якого сягає 0,9 м, є потреба у вивченні зазначеного потенційного субстрату. Загалом, розкриті породи, що становлять намитий шар, – кварцеві, кварце-

во-глаукомітові, нижньокрейдяні та третинні кварцеві піски, а також четвертинні піщано-глинисті відклади, характеризуються відповідними показниками (табл. 1).

Складна сумарна взаємодія абіотичних і техногенних факторів, по-різному збалансованих на досліджуваних територіях, призводить до формування різних за властивостями ділянок порушених земель. Як правило, сильно порушені землі вкриті шаром кварцового піску. Ділянки, сформовані кварцово-глаукомітовими пісками, відрізняються більш сприятливими умовами для зростання рослин. За результатами проведених аналізів встановлено, що в них міститься значна кількість поживних речовин, зокрема кальцію, калію, фосфору марганцю, сірки та мікроелементів. Показник *pH* пісків із вмістом глаукоміту близький до нейтрального, саме цим можна пояснити зниження показників кислотності на ділянках, де помпування закисленою водою відбувалося в горизонтах із вмістом глаукоміту.

1. Склад та агрохімічні властивості розкритих порід на території ДП «Білокорівське ЛГ» (дослідження 2019 р.)

Показники	Розкриті породи		
	кварцово-глауконітовий пісок	кварцовий пісок	супіщаний ґрунт
Мінералогічний склад	кварц, глауконіт, польові шпати, фосфат, кальцій, гіпс, пірит, монтмо-рілоніт, гідрослюда, каолініт	кварц, польові шпати, слюди, гідрослюда, монтморилоніт	кварц, польові шпати, слюди, гідрослюда, хлорит, каолініт, монтморилоніт
Сухий залишок, %	0,1–0,4	0,04–0,05	0,002–0,04
<i>pH</i> водний	5,4–6,8	4,1–5,7	6,3–6,5
Сума поглинутих основ мг-екв·(100 г) ⁻¹	7–11	0–0,3	2,0–6,2
фракція < 0,01 мм, %	10	7,5–9,3	10,5
Гумус, %	0,3–0,7	0,2–0,5	1,5–3,9
Фосфор рухомий, мг-екв·(100 г) ⁻¹	14	2,5	7,5
Калій рухомий, мг-екв·(100 г) ⁻¹	10	2,5	5,0

2. Агрохімічні властивості субстратів із домішкою розкривних порід на ТПП, вкритих самосівом, у межах Поясківського лісництва ДП «Білокоровицьке ЛГ» (шар розкривних порід 0–40 см)

№ пор.	Вид	Вік, років	Місяці	Агрохімічні властивості								
				pH (KCl)	гумус, %	рухомий азот, мг·(100 г) ⁻¹	P ₂ O ₅ , мг·(100 г) ⁻¹	K ₂ O, мг·(100 г) ⁻¹	S*	H*	V*	
1	Сз, Бп	5	V	3,96	0,20	2,19	6,2	8,5	0,67	1,86	26,5	
			VII	4,13	0,21	1,64	7,7	10,7	1,04	1,86	49,8	
			IX	4,15	0,19	1,49	6,9	10,9	1,18	1,48	44,4	
2	Сз, Бп, Ос	3–4	V	4,01	0,18	1,04	7,5	14,5	0,40	1,64	19,6	
			VII	4,16	0,24	2,79	9,2	9,0	1,55	1,64	48,6	
			IX	4,04	0,24	1,42	7,9	14,0	0,61	1,64	27,1	
3	Сз, Бп, Ос	2–3	V	3,98	0,18	1,52	6,8	9,0	0,55	1,64	48,6	
			VII	4,01	0,20	1,66	7,7	11,5	0,79	1,97	28,6	
			IX	3,86	0,18	1,81	8,2	13,0	0,61	1,97	23,6	
4	Бп	3–4	V	3,82	0,18	1,68	6,6	8,5	0,45	1,64	20,4	
			VII	3,76	0,18	1,47	7,0	13,5	0,99	3,45	22,3	
			IX	3,84	0,22	1,82	7,4	12,0	0,55	1,97	21,8	
5	Бп, Влч, Сз	2–4	V	4,49	0,22	2,78	9,0	12,0	2,67	1,15	69,3	
			VII	4,39	0,22	1,77	9,0	14,5	1,73	1,15	60,1	
			IX	4,25	0,20	2,01	6,3	10,5	1,37	1,31	51,0	
6	Бп, Сз, Ос	2–3	V	4,20	0,14	1,14	5,2	13,5	1,37	1,31	51,0	
			VII	4,24	0,22	2,66	5,6	15,5	0,98	1,15	46,0	
			IX	4,21	0,22	1,26	5,0	14,5	1,17	1,15	50,4	
7	Сз, Бп	2–4	V	4,19	0,22	1,89	6,0	9,0	0,42	1,31	24,2	
			VII	4,09	0,24	3,10	8,2	11,4	0,61	1,31	31,8	
			IX	4,06	0,20	1,16	4,0	10,0	0,61	1,48	29,2	

S* – сума обмінних основ, мг-екв на 100 г субстрату;

H* – гідролітична кислотність, мг-екв на 100 субстрату;

V* – ступінь насичення субстрату основами.

Після незаконного видобутку бурштину гідромеханічним методом порушені лісові землі, в основному, представлені субстратами, складеними сумішшю дрібнозернистих кварцових пісків. До основних показників розкривних порід, що обмежують або різко знижують ефективність біологічного освоєння земель, належать кислотність, вміст поживних речовин і оводненість. Результати досліджень агрохімічних властивостей піщаних субстратів на ТПП у межах 19, 20, 21, 22 кварталів Поясківського лісництва ДП «Білокоровицьке ЛГ» подано у табл. 2.

За ступенем кислотності досліджувані субстрати належать до сильнокислих. Реакція pH коливається у межах 2,76–4,49. Зональні ґрунти вирізняються низьким вмістом органічної речовини. За даними наших досліджень, вміст гумусу на всіх досліджуваних ділянках, вкритих шаром розкривних порід, дуже низький і становить 0,14–0,24 %. Однак цей факт свідчить про наявність гумусотвірного процесу і його зв'язок із функціонуванням та розвитком біоти. Розкривні породи на досліджуваній території містять незначну кількість азоту, тому вміст його доступної форми оцінюють як дуже

низький. Майже весь рухомий азот на досліджуваних ділянках міститься в аміачній формі, оскільки нітратна схильна до або швидкого поглинання корінням рослин, або вимивання у глибші шари, або трансформації. Кількість доступного азоту (табл. 2) свідчить лише про характер його циркуляції у безперервних кругообігах між рослинністю і субстратом.

У техногенних наливних субстратах не спостерігається істотних сезонних змін утримання рухомого азоту. Майже на всіх досліджуваних ділянках мають місце два, досить різко відокремлені один від одного, періоди протягом року: період переважного споживання, що збігається у часі з сезоном активної вегетації, і період заповнення лабільного фонду, що охоплює холодну пору року. При цьому, утворення довготривалих резервів (запасу гумусу) майже не відбувається. Утримання рухомого азоту в техногенних субстратах може вистачати тільки на забезпечення поточних потреб біоти, але його може не бути в резерві.

Агрохімічний аналіз техногенних субстратів дав змогу встановити, що вміст доступного фосфору (P_2O_5) протягом усього вегетаційного періоду склав 4,0–9,2 $mg \cdot (100 g)^{-1}$, із деякою тенденцією до збільшення до кінця липня. За ступенем забезпеченості доступним фосфором (P_2O_5) досліджувані субстрати також належать до мало-забезпечених.

За цими показниками вони поступаються зональним ґрунтам, де вміст P_2O_5 коливається у межах 9,3–14,7 $mg \cdot (100 g)^{-1}$ ґрунту. Кількість обмінного калію (K_2O) в субстратах пробних площ за весь вегетаційний період перебувала на рівні 8,5–15,5 $mg \cdot (100 g)^{-1}$ субстрату, що відповідає змісту обмінного калію в зональних ґрунтах, де його кількість коливається від 10,7 до

14,5 $mg \cdot (100 g)^{-1}$ ґрунту. На ділянках № 2 і 3 спостерігається зниження вмісту K_2O в червні, порівняно з наявністю в травні, а потім знову відбувається його підвищення до кінця вересня. На всіх інших ділянках максимальний вміст обмінного калію в субстратах припадає на липень. Найвищий вміст K_2O спостерігається упродовж вегетаційного періоду на ділянці № 6, де його кількість коливається в межах 13,5–15,5 $mg \cdot (100 g)^{-1}$ субстрату. Визначення ступеня насиченості ґрунтів основами, поряд із визначенням *pH* сольової витяжки, гідролітичної кислотності і суми обмінних основ є одним з найважливіших прийомів дослідження кислих ґрунтів із метою вапнування. На ділянках № 1, 2, 3, 4, 6, 7 досліджувані субстрати належать до I групи за потребою у вапні, тому що ступінь їх насиченості основами дорівнює 50 % і менше. До II групи належать субстрати на ділянці № 5, ступінь їх насиченості основами – у межах 51,0–69,3 %. Ці субстрати менше потребують вапна. Отже, дані представлених досліджень свідчать про своєрідність агрохімічних властивостей субстратів. Тим не менш, вони не є токсичними і за своїми агрохімічними властивостями цілком придатні для зростання як місцевих, так і інтродукованих видів деревних рослин.

У результаті гідронамиву на поверхню ділянок виносяться глибокі шари ґрунту, а верхній шар зонального ґрунту виявляється похованим під шаром до 0,9 м. Це позначається на фізичних властивостях розкривних порід залежно від типів їх субстрату (табл. 3). У результаті сильного перемішування під час використання гідромеханічного способу видобутку бурштину відбувається перемішування всіх шарів і, як наслідок, гумусовий шар поступається за багатьма показниками кварцовому піску.

3. Фізичні властивості розкривних порід на території ДП «Білокоровицьке ЛГ»

Тип субстрату	Питома вага, г·(см ³) ⁻¹	Об'ємна маса, г·(см ³) ⁻¹	Гігроскопічна вологість, %	Коефіцієнт пористості	Коефіцієнт фільтрації, м·(доба) ⁻¹	Загальна пористість субстрату, %
Гумусовий шар ґрунту	2,66	1,50	2,20	0,785	1,32	43,6
Кварцовий пісок	2,65	1,55	0,80	0,724	1,61	41,5
Кварцовий пісок із домішками глауконіту та каоліну	2,65	1,40	4,60	0,893	1,37	47,1

Мінеральне живлення має велике значення для фізіології дерева, оскільки для його нормального росту необхідно достатнє постачання певними мінеральними елементами. На окремих етапах росту і розвитку рослини відчують різну потребу в елементах мінерального живлення, тому знання динаміки споживання і перерозподілу поживних речовин у перші роки життя рослини слугує біологічною основою агротехніки їх вирощування.

Частка порушених земель є доволі значною й кожного дня зростає. Цей показник свідчить про значні втрати деревної сировини, недревних ресурсів лісу, підросту, підліску та живого надґрунтового покриву. Водночас із цими втратами зростає клас пожежної небезпеки на пошкоджених територіях, що може призвести до неминучих наслідків. Порушені лісові ділянки є джерелом виникнення та розповсюдження шкідників лісу і грибкових захворювань. Негативна тенденція, що склалась у лісових масивах окремих лісгоспів, унеможливує проведення сертифікації лісів, що дало б змогу підприємству перейти на новий рівень господарювання.

Висновки і перспективи. Масове поширення видобутку бурштину в останні роки має соціально-економічні, юридичні та геологічні передумови й спричиняє екологічні, соціальні та економічні наслідки. Видобуток здійснюють ручним і гідромеханічним спо-

собом, останній на сьогодні переважає і є більш катастрофічним для екології регіону.

Для осередків масового видобутку бурштину характерна катастрофічна екологічна ситуація, яка є рушійною силою для дисбалансу всіх екологічних показників району, виникнення побічних екологічних проблем і може призвести до незворотних наслідків. Лісова екосистема зазнає негативного впливу на різних стадіях свого розвитку. Лісові насадження потерпають зокрема від змін у гідрологічній системі району, які пов'язані з незаконним видобутком, що, своєю чергою, може призвести до збільшення обсягів втраченої деревини.

Проаналізувавши сукупне антропогенне навантаження на лісові ландшафтні системи, ми виявили, що для більшої частини території району характерна суттєва антропогенна трансформованість. У межах району дослідження сформувались потужні осередки незадовільного екологічного стану внаслідок несанкціонованого видобутку бурштину. Нині спостерігається тенденція стрімкого зростання частки перетворених земель за рахунок незаконного промислу.

Головними причинами негативних змін у регіоні є брак єдиної екологічно збалансованої системи раціонального природокористування та ігнорування параметрів допустимих норм навантаження на ландшафтні системи, брак

відповідних законодавчих актів щодо врегулювання незаконного видобутку бурштину, бездіяльність правоохоронних органів, перешкоджання діяльності працівників лісового господарства, скрутне соціально-економічне становище населення району.

Перспектива подальших досліджень полягає у встановленні особливостей та шляхів стимулювання природного

поновлення рослинності на деградованих унаслідок незаконного видобутку бурштину територіях, дослідженні впливу абіотичних екологічних факторів на процеси поновлення рослинного покриву, розробленні власної методики еколого-економічної оцінки шкоди, завданої лісовим масивам у результаті несанкціонованого видобутку бурштину.

Список літератури

- Anuchin, N. (1982). *Forest taxation*. Moscow: Forest industry [in Russian].
- Arinushkina, E. (1970). *Instructions for the chemical analysis of soils*. Moscow: IDU [in Russian].
- Belichenko, O., & Ladzhun, Iu. (2011). Deposits and occurrences of raw gem materials in northwest Ukraine as objects for geological excursions. In *Materials of Second International theoretical and practical conference "Geological heritage – bright evidencedence of Earth"* (pp. 16–18). Kyiv: Logos [in Ukrainian].
- Bohdasarov, M. (2006). The problem of the formation of amber and other fossil resins. *Geological and mineralogical messenger*, 2 (16), 18–26 [in Ukrainian].
- Dorenko, E. (1979). *Remediation of lands affected by open development*. Moscow: Nedra [in Russian].
- Gensiruk, S. (1981). *Integrated forest zoning of Ukraine and Moldova*. Kyiv: Naukova Dumka [in Ukrainian].
- Gordienko, M., Mayer, V., & Kovalevskiy, S. (2000). *Methodological guidelines for the study and research of forest crops*. Kyiv: NAUU publishing [in Ukrainian].
- Huck, M., Polovko, K., & Sweetheart, G. (1958). *The climate of the Ukrainian SSR*. Kyiv: Soviet school [in Ukrainian].
- Kazimir, M., & Bedernichek, T. (2017). Reclamation of lands disturbed as a result of amber mining in Polissya: problems and prospects. *Economics of nature management: state, problems, prospects*, 1, 90–94 [in Ukrainian].
- Kovalevsky, S., & Legky, V. (2017). Integral assessment of anthropogenic transformation of forest landscapes of Dubrovytsia district as a result of unauthorized amber mining. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 27, 52–55 [in Ukrainian].
- Kovalevsky, S., & Legky, V. (2018). Typological assessment of forests of Dubrovytsia forestry, disturbed as a result of unauthorized amber mining. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 19, 61–64 [in Ukrainian].
- Kovalevskii, S., Marchuk, Y., Maevskii, K., Kurduk, A., & Kovalevskii, S. (2018). The condition of the plantations of Zhytomyr RDFH for the areas damaged as a result of amber mining. *Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 133–140 [in Ukrainian].
- Kovalevsky, S., & Kovalevskiy, S. (2019). Amber minerals: history of study, extraction methods and impact on forest ecosystems. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 29 (3), 56–60 [in Ukrainian].
- Kucheriavii, V., Henyk, Ia., Dyda, A., & Kolodko, M. (2006). *Reclamation and phyto-melioration*. Lviv [in Ukrainian].
- Lavrinenko, D. (1954). *Types of forests of the Ukrainian SSR*. Moscow: Goslesb. Mizdat [in Russian].
- Maidanovych, Y., & Makarenko, D. (1988). *Geology and genesis of amber deposits of Ukrainian Polesye*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Nadtochii, P., & Myslyva, T. (2015). *Environmental consequences of amber mining in Zhytomyr region*. Zhytomyr: ZhNAEU [in Ukrainian].
- Nadtochii, P. (2015). Ecological-economic assessment of the impact of activities related to the illegal mining of amber on the state of the environment of Zhytomyr region. *Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University*, 1 (47), 28–50 [in Ukrainian].
- Nadtochii, P., Myslyva, T., & Morozov, V. (2007). *Protection and rational use of natural resources and land reclamation*. Zhytomyr: Zhytomyr National Agroecological University [in Ukrainian].
- Pogrebniak, P. (1968). *General forestry*. Moscow: Kolos [in Russian].
- Pylypenko, O., Yukhnovskiy, V., Dudarets, S., & Maluha, V. (2010). *Forest melioration*. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian].

- Shcherbak, M., & Hoshovskyi, S. (2006). *Metallic and nonmetallic minerals of Ukraine*. Lviv: Tsentr Europy [in Ukrainian].
- Slobodian, O. (2009). Something about the illegal extraction of amber. Available at <http://ua.112.ua/mnenie/deshcho-pro-nezakonnyi-vydobutok-burshtynu-250536.html>.
- Trembitskyi, V., Myslyva, T., Marteniuk, O., & Biliavskyi, Iu. (2011). *Atlas of agro-ecological status of soil cover of Zhytomyr region*. Zhytomyr: PPTs "Oblderzhrodyuchist" [in Ukrainian].
- Vasylyshyn, I., Panchenko, V., & Maydanovych, I. (1995). Amber of Ukraine. *Mineral resources of Ukraine*, 3–4, 28–32 [in Ukrainian].
- Vovk, O. O., Pechak, O. O., & Sydorenko, N. A. (2008). Influence of Ukraine's Mining Complex on the Environment. *Bulletin of the National Aviation University*, 1, 131–134 [in Ukrainian].
- Vyshnivskyi, O., & Kushnir, S. (2007). Amber of Ukraine. *Notes of the Ukrainian Mineralogical Society*, 4, 128–130 [in Ukrainian].
- Yanchuk, R., Prokopchuk, A., & Trokhymets, S. (2017). Identification and determination of areas affected by amber mining based on multi-zone satellite images Sentinel-2. *Modern achievements of geodetic science and production*, 1, 120–124 [in Ukrainian].
-

Kovalevskii S. B., Marchuk Y. M., Maevskii K. V.,
Kovalevskiy S. S., Churilov A. M.

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF NEGATIVE IMPACT OF UNAUTHORIZED AMBER MINING IN FOREST AREAS OF ZHYTOMYR REGION

Amber mining has already led to an environmental catastrophe on a regional scale. According to official data, more than a thousand hectares of land, mostly located in the Central Polissya region (Zhytomyr region), have suffered very severe damage and need to be restored. The conservation value of such areas is lost, and further use for forestry or agriculture is very risky. To develop norms of anthropogenic loads on landscapes, it is mandatory to study anthropogenic transformation by identifying their current ecological status, establishing the dependence of changes on the intensity of anthropogenic loads individually for each natural region. The source materials for obtaining the results are the materials of field research, taxonomic descriptions of plantations, satellite and aerial photographs, as well as the establishment of temporary test areas according to the generally accepted methodology in forestry. The problem that arose in the Zhytomyr region as a result of unauthorized amber mining contributes to the rapid growth of anthropogenic pressure on forestry landscapes, causes them irreparable damage, leads to environmental and economic crisis, imbalances in the social situation of the population, environmental problems, there are significant changes in the structure and mineral composition of the soil layer of forest lands, completely or partially destroyed the living above-ground cover and undergrowth, undergrowth undergoes significant changes in habitat conditions and anthropogenic pressure. Violation of the ecological balance of the forest at different stages of biological development can lead to irreversible consequences in the forestry sector. The obtained results are promising for further development of own methods of ecological and economic assessment of the damage caused by the consequences of illegal amber mining.

Keywords: dendrorecultivation, amber, forest areas, erosion, ecology.

Отримано: 2021-01-21

НОМЕНКЛАТУРА ДЕРЕВНИХ РОСЛИН У ДЕРЖАВНОМУ РЕЄСТРІ СОРТІВ РОСЛИН УКРАЇНИ

В. М. МЕЖЕНСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор

<http://orcid.org/0000-0002-3154-1120>, e-mail: mez1956@ukr.net

Л. О. МЕЖЕНСЬКА, кандидат біологічних наук, доцент

<http://orcid.org/0000-0002-6520-1853>, e-mail: mela57@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ефективність використання рослинних ресурсів залежить від правильного вживання назв рослин. У науковій сільськогосподарській літературі широко застосовують українські назви рослин, що належать до ботанічної та агробіологічної класифікації, проте обидві з них остаточно не упорядковано. Назви сільськогосподарських культур вживали в аграрній практиці, зокрема під час систематизації районованих сортів рослин. У процесі реєстрації сорту позначають, до якого таксона він належить, і під цією назвою вносять до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Перелік рослин, що прийняті в Державному реєстрі, є сумішшю правильних і неправильних назв, що виникла внаслідок неосмисленого адаптування назв агробіологічної номенклатури шляхом уподібнювання їх назвам ботанічних таксонів. Державний реєстр містить перелік зареєстрованих сортів, що належать до певних таксонів, які згруповано за господарським використанням. Інколи сорти й таксони розміщено в невідповідних групах. Сорти, що належать до одного й того самого таксона, подекуди позначені різними видовими назвами. Для деяких таксонів деревних рослин наведено застарілі латинські назви або їхнє написання має відхилення від прийнятого. Частина ботанічних таксонів замість української наукової назви позначено назвами культур. Трапляються зросійщені назви культур замість питомо українських, порушуються правила нормативної транслітерації сортових назв. Сконструйовані в Державному реєстрі назви рослин негативно впливають на фахову літературу. Вони руйнують систему агробіологічної номенклатури і суперечать нормам наукового стилю літературної української мови. Для виправлення недоліків потрібно дотримуватися рекомендацій Міжнародного кодексу номенклатури для водоростей, грибів і рослин і застосовувати «Правила номенклатури, таксономії та культури рослин», розроблені для упорядкування української фітонімії.

Ключові слова: таксони, види, дерева, назви рослин.

Актуальність. Види деревних рослин становлять значну частку культурної флори України. Дерева та кущі широко застосовують у лісівництві, плодівництві й декоративному садів-

ництві заради деревини, що має різноманітне застосування; їстівних плодів, які є важливим компонентом раціонального харчування; естетичного та фітосанітарного ефекту; використання

декоративних, лікарських та інших властивостей. Ефективність застосування рослинних ресурсів безпосередньо залежить від правильного вживання назв рослин, які можуть різнитися в науковій і народній номенклатурі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На відміну від латинської номенклатури, де назви таксонів регламентує Міжнародний кодекс номенклатури водоростей, грибів і рослин (Turland et al., 2018), українська наукова номенклатура залишається доволі неупорядкованою. У ХХІ сторіччі вийшли друком декілька нових словників, присвячених назвам рослин. Підхід до їхнього укладання можна умовно визначати як «традиційний», що базується на назвах, які широко використовували у виданнях попередніх років (Hrodzynskiy, 2001; Kohno & Kuznetsov, 2001; Kucheriavyi, 2001; Kokhno, 2002; Kokho & Trofimenko, 2005). Натомість інші вчені під час добирання нових назв пропонують застосовувати «національний» підхід, спираючись на народні назви (Kobiv, 2005), або, навпаки, керуватися «інтернаціональними» поглядами, приводячи національну номенклатуру в якомога більшу відповідність до авторської латини (Zyman et al., 2008). На нашу думку, упорядкування українських наукових назв деревних видів найдоцільніше здійснювати на основі загальноприйнятих міжнародних назв (Mezhenskiy, 2010, 2017, 2018; Yakubenko et al., 2017).

Мета дослідження полягає в аналізі назв видів деревних рослин, що прийняті в Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні (Державний реєстр), яким у багатьох випадках керуються автори, визначаючись із тим, які назви використати для позначення об'єкта досліджень.

Матеріали і методи дослідження.

Проаналізовано основні словники та довідники, що стосуються назв латинських та українських назв деревних рослин, видані у в ХХІ ст., а також, насамперед, найостаннішу версію Державного реєстру. Її порівняно з версією Державного реєстру п'ятирічної давнини (2016 р.), яку проаналізовано раніше (Mezhenskiy, 2017), а також із довідником районованих сортів (Raionovani, 1990), який передував Державному реєстру.

Результати дослідження та їх обговорення. У 1961 році в Парижі було підписано Міжнародну конвенцію з охорони нових сортів рослин (далі – Конвенція UPOV), що підняло номенклатуру сільськогосподарських рослин до рівня міжнародного права. Конвенція UPOV набула чинності у 1968 р. і потім декілька разів переглядалася – у 1972, 1978 і 1991 рр. Україна стала членом Міжнародного союзу з охорони нових сортів рослин (UPOV) у 1995 р., приєднавшись до Акта 1978 р., а у 2007 р. – до Акта 1991 р. У Конвенції UPOV визначено, що сорт – це «група рослин у рамках нижчого з відомих ботанічних таксонів» (International, 1991). Отже, до Державного реєстру заносять сорти, придатні для поширення у країні, з наведенням ботанічного таксона, до якого вони належать.

До початку ведення в Україні Державного реєстру Державна служба із сортовипробування сільськогосподарських культур в УРСР щорічно випускала переліки районованих сортів. В останньому такому довіднику (Raionovani, 1990) деревні рослини представлено в таких групах культур:

- плодові культури (яблуна, груша, айва тощо);
- ягідні культури (порічки, малина, обліпіха тощо);
- горіхоплідні (фундук, грецький горіх);

- шовковиця;
- клонові підщепи яблуні;
- підщепи персика;
- лісові культури (тополя);
- квітково-декоративні культури (троянда чайногібридна, жасмин садовий, бузок тощо).

Назви культур районуваних сортів деревних рослин, як правило, однослівні (яблуня, шовковиця, тополя тощо) і збігаються, у більшості випадків, з українськими назвами ботанічних родів. Якщо до складу одного й того самого роду входять декілька різних культур, їх також помічено однослівними традиційними назвами, наприклад: черешня і вишня, слива й алича. Численні декоративні сорти троянд розподілено між культурами, що мають двослівну назву: троянда чайногібридна, троянда грандифлора, троянда флорибунда, троянда поліантова, троянда напівплетиста, троянда плетиста. Двослівні назви мають ще декілька культур: грецький горіх, смородина чорна й жасмин садовий. У випадку двох останніх культур прикметник стоїть у неправильній постпозиції до іменника, тоді як у назвах цих культури має бути навпаки. Застосована назва *смородина чорна* є калькою з російської мови, де є необхідність розмежовувати культури «красная смородина» і «черная смородина». В українській мові такої потреби немає, бо словом «смородина» позначають лише один аборигенний вид – *Ribes nigrum*, і плоду культуру, що базується на цьому таксоні та його гібридах. Водночас він має загальну родову назву для роду *Ribes* – порічки. Через подібність такого написання культури до видової назви, ця назва сприймається як видова, хоча в цьому випадку, як і в усіх інших, це назва не таксона, а культури. Назва культури, яка збігається з родовою назвою *Philadelphus*,

має правильно відображатися як садовий жасмин. У назвах груп троянд прикметник має передувати іменнику, проте за прийнятою у виданні системою назви подібних культур упорядковувалися гніздовим методом, коли родову назву поміщували на перше місце. Через це подібні назви сприймаються як видові назви, хоча не є такими.

Отже, районувани сорти сільськогосподарських рослин зазвичай відносили до певних культур і груп культур. Назви цих культури мали українські назви, що входять до агробіологічної терміносистеми. Традиційні українські назви культур у більшості випадків збігаються з ботанічними родовими назвами. Назви деяких культур через русифікацію мають спотворений вигляд, як, наприклад, грецький горіх (замість волоський горіх), персик (замість бросквина), абрикос (замість абрикоса). Недоліком цього переліку районуваних сортів є також помилкове віднесення мигдалю до ягідних культур.

Зі здобуттям Україною незалежності і вступом до UPOV змінилася система реєстрації сортів рослин. Зареєстровані сорти, замість переліку районуваних сортів, почали заносити до Державного реєстру, бо тільки зареєстровані сорти дозволялися для промислового вирощування в країні. Оскільки реєстрація нового сорту ув'язується з назвою таксона, до якого цей сорт належить, у Державному реєстрі сорти почали групувати вже не за назвами культур, а за назвами таксонів. Проте неусвідомлення переходу від агробіологічної номенклатури, прийнятої для районуваних сортів, до ботанічної номенклатури, прийнятої для зареєстрованих сортів, призвело до еkleктичного змішування обох систем.

В останній редакції Державного реєстру, що є чинною на 4 березня

2021 р. (Derzhavnyi, 2021), сорти деревних рослин розподілено між такими господарськими групами:

- сільськогосподарські: злаки (*Vitex agnus-castus* L.);
- сільськогосподарські: кормові (*Vitex cannabifolia* L.);
- плодові та ягідні (*Malus domestica* Borkh.; *Pyrus communis* L.; *Cydonia oblonga* Mill. та інші);
- виноград (*Vitis vinifera* L.);
- декоративні та лікарські (*Rhododendron simsii* Planch.; *Syringa vulgaris* L.; *Rosa* L. тощо);
- лісові (*Pinus sylvestris* L.);
- інші (*Salix fragilis* L.; *Salix viminalis* L.; *Paulownia* Sieb. et Zucc. тощо).

Така класифікація викликає подив, бо немає жодних підстав відносити види роду *Vitex* до злакових чи кормових культур. Укладачі Державного реєстру необгрунтовано розмістили плодові сорти *хеномелеса каліфорнійського* у групі декоративних культур, хоча сорти *хеномелеса японського* (названого *хеномелес японская!*) розташовані серед плодових культур. Назва самої групи «плодові та ягідні» ненауково протиставляє ягоди плодам. Виноград виокремлено з плодових рослин. З цим можна погодитися, бо вирощування винограду здавна винесено у специфічну галузь – виноградарство, хоча він відповідає визначенню «плодова культура».

Деревні рослини становлять найбільшу частку серед плодових культур, переважну більшість яких представлено деревами, кущами та ліанами. Сорти розподілено між таксонами різного рангу. Зазвичай це видова назва: *Prunus avium* L., *Ribes rubrum* L., *Viburnum opulus* L. тощо. Деякі з таксонів наведено назвою родового рангу, наприклад *Actinidia* Lindl., або рангу секції роду, як-от *Rubus* subgenus *Eubatus* sect. *Moriferi* & *Ursini*. Проте,

водночас, на інших сторінках наведено сорти, що належать до конкретних видів цих родів, наприклад *Actinidia chinensis* Planch. чи *Rubus idaeus* L. Окремі сорти позначено не оприлюдненими нотовидовими назвами, а гібридними формулами: *Cydonia oblonga* Mill. × *Malus domestica* Borkh. Недоліком усіх наведених у Державному реєстрі назв є написання авторів таксонів та позначень рангу таксонів курсивом, тимчасом як вони мають відображатися прямим шрифтом. Трапляються випадки неправильного або застарілого цитування авторів: *Actinidia purpurea* Rehd. × *Actinidia arguta* Planch. замість *Actinidia arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq. × *Actinidia arguta* var. *purpurea* (Rehder) C.F.Liang ex Q.Q.Chang, *Chaenomeles* × *californica* W.Clarke ex C.Weber замість *Chaenomeles* × *californica* W.B.Clarke ex C.Weber, *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. замість *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach, *Paulownia* Sieb. & Zucc. замість *Paulownia* Siebold & Zucc., *Prunus avium* L. замість *Prunus avium* (L.)L., *Vitex cannabifolia* L. замість *Vitex cannabifolia* Siebold & Zucc., причому остання назва є застарілою. Це лише синонім *Vitex negundo* var. *cannabifolia* (Siebold & Zucc.) Hand.-Mazz. Непотрібним є наведення поряд із назвою таксона численних синонімів, як-от *Cornus mas* L. (*Cornus maculata* L.; *Cornus erythrocarpa* St.-Lag.; *Cornus flava* Steud.; *Cornus homerica* Bub.; *Cornus nudiflora* Dumort.; *Cornus praecox* Stokes; *Cornus vernalis* Salisb.; *Macrocarpium mas* Nakai; *Cornus sativa* Poit. et Turp.; *Eucrania mascula* Raf.), або *Pistacia vera* L. (*Pistacia trifolia* L.; *Pistacia narbonensis* L.; *Pistacia nigricans* Crantz; *Pistacia terebinthus* Mill.; *Pistacia officinarum* Ait.; *Pistacia macrophylla* Pers.; *Pistacia reticulata* Willd.), які є зайвим «інформа-

ційним шумом». Нині жодного сенсу не має додавання позначки *sensu stricto* до родової назви *Cydonia* Mill.

Суттєвішим недоліком Державного реєстру є використання застарілих назв, які не відповідають сучасному рівню знань. Приміром, сорти фундука розміщено під назвою таксона *Corylus maxima* Mill. Це походить від того, що за методикою проведення експертизи сортів фундука їх відносили до *Corylus maxima*. Оскільки нині немає підстав виокремлювати *Corylus maxima* з *Corylus avellana* L., нові сорти фундука заносять до Державного реєстру під правильною назвою, проте одночасне наведення двох назв одного й того самого таксона плутає аграріїв. Деякі з них використовують у своїх наукових працях застарілі назви, посилаючись на Державний реєстр, який необґрунтовано вважають взірцевим із номенклатурних питань. До не менших непорозумінь призводить наведення сортів однієї і тієї самої культури під різними видовими назвами: *Vaccinium myrtilloides* Michx. та *Vaccinium corymbosum* L., причому перший таксон названо чорницею канадською, а другий в одному місці названо лохиною високорослою, а в іншому – чорницею. Сорти ожини розміщено в різних місцях під застарілою назвою *Rubus* subgenus *Eubatus* sect. *Moriferi* & *Ursini*. Насправді зареєстровані сорти ожини є складними гібридами між представниками різних секцій підродів *Rubus* й *Idaeobatus*. Хибним є розміщення сортів *Cydonia oblonga* 'IC 2-3' і 'IC 4-6' під назвою *Pyrus communis*. У багатьох випадках «міни» закладено вже на етапі експертизи сортів, бо заявнику нового сорту пропонують вибрати ботанічну назву з переліку затверджених назв таксонів, який не відповідає сучасному рівню знань.

Щодо українських назв Державний реєстр демонструє явну непослідов-

ність. В одних випадках наведено українську назву таксона, що відповідає латинському оригіналу: *Cydonia oblonga* – айва довгаста, *Actinidia chinensis* – актинідія китайська, в інших випадках її підмінено запозиченою назвою культури. Наприклад, *Vaccinium corymbosum*, лохину щиткову, названо лохиною високорослою (за американською назвою культури – Highbush Blueberry). *Hippophae rhamnoides* L., щець жостероподібний, названо обліпихою крушиновидною (за російською назвою, видовий епітет якої не відповідає латинському оригіналові, бо крушина – це *Frangula*, а *Rhamnus* – жостір; обліпиха – це прийнята назва плодової культури, проте нею немає потреби підмінити питому українську родову назву рослини, що є аборигенною для України). *Juglans regia* L., горіх царський, названо горіхом грецьким (зросійщена назва, яка у російській мові є українізмом), що відомий у культурі як волоський горіх. Деякі таксони в українській мові мають однослівні назви (черешня, смородина), тому наслідування російської назви для *Ribes nigrum* L. як «смородина чорна» є зайвим. Деякі таксони, що мають бінарну видову латинську назву, в перекладі подано однослівною українською назвою *Ribes rubrum* L. – порічки (замість порічки червоні). Визнання роду *Prunus* s.l. привело до заміни видових назв кісточкових культур, проте в ужитку садівників варто залишити традиційні назви культур: абрикоса, вишня, мигдаль, пам'ятаючи про різницю між бінарною назвою таксона та назвою культури. Варто позбутися зросійщених назв абрикос (українською «абрикоса»), персик (українською «бросквина»). Сорти однієї з кісточкових культур, занесених до Державного реєстру, віднесено до таксона зі застарілою назвою *Prunus*

Назви деревних культур за різними системами класифікації

Ботанічна класифікація		Агробіологічна класифікація	Невідповідні назви таксонів у Державному реєстрі
латинська видова назва	українська видова назва	назва культури	
<i>Chaenomeles japonica</i> (Thunb.) Lindl. ex Spach	Японська айва звичайна, або хеномел(ес) японський	Японська айва	Хеномелес японська
<i>Corylus avellana</i> L.	Ліщина авелльська	Фундук	Ліщина звичайна
<i>Cornus mas</i> L.	Дерен чоловічий	Дерен	Дерен справжній (кизил)
<i>Diospyros kaki</i> L.	Хурма какі	Хурма	Хурма східна
<i>Hippophae rhamnoides</i> L.	Щець жостероподібний	Обліпіха	Обліпіха крушиновидна
<i>Juglans regia</i> L.	Горіх царський	Волоський горіх	Горіх грецький
<i>Prunus armeniaca</i> L.	Слива вірменська, або абрикоса	Абрикоса	Абрикос звичайний
<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh.	Слива вишненосна, або алича	Алича	Алича (слива розлога, вишнеслива)
<i>Prunus cerasus</i> L.	Слива вишнева	Вишня	Вишня звичайна
<i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A.Webb	Слива солодка	Мигдаль	Мигдаль звичайний
<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Слива перська	Бросквина (персик)	Персик звичайний
<i>Rhododendron simsii</i> Planch.	Рододендрон Сімса	Рододендрон	Азалія Сімса
<i>Rosa</i> L.	Шипшина	Шипшина; троянда	Троянда
<i>Rosa damascena</i> Mill.	Шипшина дамаська	Етероолійна троянда	Троянда ефіроолійна дамаська
<i>Ribes nigrum</i> L.	Порічки чорні, або смородина	Смородина	Смородина чорна
<i>Ribes rubrum</i> L.	Порічки червоні	Червоні порічки; порічки	Порічки
<i>Ribes uva-crispa</i> L.	Порічки виноградо-кучеряві, або агрус виноградокучерявий	Агрус	Агрус звичайний
<i>Salix viminalis</i> L.	Верба лозова (лозяна)	Верба (лозова верба, кошикарська верба)	Верба прутувидна
<i>Vaccinium corymbosum</i> L.	Лохина щиткова	Високоросла лохина	Лохина високоросла; чорниця

divaricata Ledeb. і названо аличею (сливою розлогою, вишнесливою). Насправді це міжвидові гібриди *Prunus cerasifera* Ehrh. × *Prunus salicina* Lindl., які в садівничій практиці прийнято називати гібридною, або великоплодою аличею. Так само сорти, що зареєстровані як вишня звичайна – *Prunus cera-*

sus L., є міжвидовими гібридами *Prunus avium* (L.)L. × *Prunus cerasus* L. Це стосується й інших культур, де сорти міжвидового походження віднесено до одного з батьківських видів, хоча вони належать до визнаних нототаксонів.

Назви вітчизняних сортів дублюються латинською транслітерацією,

а назви сортів на латиниці мають українські відповідники. Проте назви транслітеровано так, що не можна правильно встановити оригінальну назву, наприклад, сорт яблуні ‘SQ 159’ передано як ‘СКЮ 159’. Замість нормативної транслітерації, затвердженої постановою Кабміну від 27.01.2010 р. № 55, у Державному реєстрі чомусь застосовується правила стандарту ГОСТ 7.79–2000 (ISO 9:1995), який Україна не прийняла. Назви сортів супроводжуються назвами російською мовою, причому, українські сорти то перекладено, то транслітеровано, то залишено в оригінальному написання. Ці та інші невідповідності притаманні й попереднім редакціям Державного реєстру (Mezhenskyj, 2017).

Під впливом Державного реєстру в наукових працях, зокрема в дисертаційних роботах, останніми десятиріччями все ширше почали вживати не правильні конструкції назв, які не відповідають ні номенклатурному кодексу,

ні нормам наукового стилю української мови (Mezhenskyj, 2020).

Висновки і перспективи. У рослинництві, зокрема у лісівництві та садівництві, паралельно застосовують дві системи номенклатури: агробіологічну, яка оперує назвами культур, і ботанічну, яка базується на наукових назвах таксонів. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, містить невідповідності в назвах таксонів і кульгонів та розподілі сортів за групами використання. Відбувається неусвідомлена заміна назв культур назвами, які за формою наслідують видові назви. Це руйнує систему агробіологічної номенклатури і суперечить нормам наукового стилю літературної української мови. виправити становище можливо за дотримання рекомендацій Міжнародного кодексу номенклатури для водоростей, грибів і рослин та послідовного застосування «Правил номенклатури, таксонії та культономії рослин».

Список літератури

- Hrodzynskyi, D. M. (2001). *Four-language dictionary of plant names (Ukrainian-Russian-English-Latin)*. Kyiv: Fitosociotzentr [in Ukrainian].
- International Convention for the Protection of New Varieties of Plants of December 2, 1961, as Revised at Geneva on November 10, 1972, on October 23, 1978, and on March 19, 1991. (1991). Available at https://www.upov.int/edocs/pubdocs/en/upov_pub_221.doc
- Kobiv, Yu. (2004). *Dictionary of Ukrainian scientific and vernacular names for vascular plants*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Kokhno, M. A. (Ed.). (2002). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms*. Part I. Kyiv: Fitosociotzentr [in Ukrainian].
- Kokhno, M. A., & Kuznetsov, S. I. (Eds.). (2001). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Gymnosperms*. Kyiv: Vishcha Shkola [in Ukrainian].
- Kokhno, M. A., & Trofimenko, N. M. (Eds.). (2005). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms*. Part II. Kyiv: Fitosociotzentr [in Ukrainian].
- Kucheriavyi, V. P. (Ed.). (2001). *Dictionary of taxonomic names of woody plants (Ukrainian, Latin, Russian, English, German)*. Lviv: Svit [in Ukrainian].
- Mezhenskyj, V. M. (2010). On the issue of improving the Ukrainian botanical nomenclature. *Plant Introduction*, 3, 69–76 [in Ukrainian].
- Mezhenskyj, V. M. (2017). On streamlining the Ukrainian names of plant varieties. Information 8. Fruit crops names. *Plant Varieties Studying and Protection*, 13 (1), 75–84 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.13.1.2017.97324>
- Mezhenskyj, V. M. (2018). On streamlining the Ukrainian names of plant. Information 10. Rules of Plant Nomenclature, Taxonomy, and Cultonomy. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14 (1), 28–44 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.1.2018.126502>
- Mezhenskyj, V. M. (2020). What is the difference between miaka pshenytsia or pshenytsia miaka (common wheat)? In *Ethnobotanical traditions in agronomy, pharmacy and garden design: materials of the III In-*

- ternational scientific conference. (July 6–9, 2020, Uman) (pp. 224–231). Uman [in Ukrainian].
- Regionalized Varieties of Agricultural Crops in the Ukrainian SSR for 1991.* (1990). Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
- State Register of Plant Varieties suitable for dissemination in Ukraine in 2021.* (2021). Available at <https://sops.gov.ua/reestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian].
- Turland, N. J., Wiersema, J. H., Barrie, F. R., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., ... Gedeon, F. S. (Eds.). (2018). International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code). *Regnum Vegetabile*, 159. Available at <https://www.iapt-taxon.org/nomen/main.php>.
- Yakubenko, B. Ye., Mezhenskyj, V. M., & Yakubenko, N. B. (2017). Nomenclature of woody plants of flora of Ukraine: modern challenges. In *Current state and harmonization of names of cultivated plants in the UPOV system: materials of the scientific-practical conference (October 13, 2017, Kyiv)* (pp. 53–55). Kyiv [in Ukrainian].
- Zyman, S. M., Didukh, Ya. P., Hrodzynskyi, D. M., Fedoronchuk, M. M., & Bulakh, O. V. (2008). *Trilingual dictionary of names for vascular plants of flora of Ukraine*. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].

Mezhenskyj V. M., Mezhenska L. O.
NOMENCLATURE OF WOODY PLANTS IN THE STATE REGISTER
OF PLANT VARIETIES OF UKRAINE

The efficiency of plant resources depends on the correct use of plant names. Ukrainian names of plants belonging to the botanical and agrobiological classification are widely used in the scientific agricultural literature, but both of them are not definitively organized. The crop names have long been used in agricultural practice, in particular during the systematization of regionalized plant varieties. During the registration of a variety, the taxon to which it belongs is indicated and the taxon is indicated by this name in the State Register of Plant Varieties suitable for dissemination in Ukraine. The names of plants adopted in the State Register are a mixture of correct and incorrect names, which arose as a result of an unconscious adaptation of the names of agrobiological nomenclature by likening them to the names of botanical taxa. The list of registered varieties belonging to certain taxa, which are grouped by economic use there is in the State Register. Sometimes varieties and taxa are placed in inappropriate groups. Varieties belonging to the same taxon are sometimes denoted by different species names. Obsolete Latin names or their spelling has a deviation from the accepted given for some taxa of woody plants. Some of the botanical taxa are named by crop names. Russified crop names instead of specifically Ukrainian ones occur and the rules of normative transliteration of varietal names are violated. The plant names constructed in the State Register have negative impact on professional literature. They destroy the system of agrobiological nomenclature and contradict the norms of the scientific style of the literary Ukrainian language. The recommendations of the International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants should be followed and the «Rules of Plant Nomenclature, Taxonomy, and Cultonomy», designed to regulate Ukrainian plant names to correct these shortcomings, should be applied.

Keywords: taxa, species, trees, plant names.

Отримано: 2021-03-01

«ЗЕЛЕНА КНИГА»: РІВНІ ФУНКЦІОНУВАННЯ, СИНТАКСОНОМІЯ, СТРУКТУРИЗАЦІЯ

П. М. УСТИМЕНКО, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник

<http://orcid.org/0000-0001-6477-5954>, e-mail: _paust_@ukr.net

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України

С. Ю. ПОПОВИЧ, доктор біологічних наук, професор

<http://orcid.org/0000-0003-3445-5014>, e-mail: n8u5k0@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Д. В. ДУБИНА, доктор біологічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-5110-7938>; e-mail: ddub@ukr.net

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України

Дослідження фітоценотичної різноманітності у світлі сучасних наукових концепцій її збереження нині є новим і певною мірою холістичним світоглядом щодо цієї глобальної для людства проблеми. Відповідно до панфітоценоцентричної концепції її вирішення має здійснюватися на локальному, регіональному, національному і міжнародному рівнях. Охорона фітоценотичної різноманітності в Україні стала невід'ємною частиною концепції екозбалансованого розвитку, національних програм збереження біорізноманітності як обов'язкового елементу державної природоохоронної політики. Тому актуальним є збереження фітоценотичної різноманітності як сукупності фітоценотичних таксонів, які відображають усі рівні організації фітоценосистем та які утворилися у процесі філоценогенезу в різноманітних екоумовах. Метою публікації є комплексний рівневий аналіз сучасного складу раритетного фітоценофонду України, встановлення нового переліку раритетних синтаксонів, опрацювання новітньої структури другого офіційного видання «Зеленої книги України» та окреслення завдань на майбутнє. У цьому контексті проведено критичний аналіз синтаксономічного складу нинішнього раритетного фітоценофонду України, виявлено методичні порушення їхнього виділення, запропоновано структуру опису раритетних синтаксонів. Автори визначили 983 асоціації 104 формацій, які будуть взяті за основу другого офіційного видання «Зеленої книги України». Важливим елементом синтаксономічної охорони рослинності є також створення регіональних (обласних) переліків раритетних асоціацій за принципами створення «Зеленої книги України». Уперше визначено сучасний раритетний фітоценофонд для основних природних регіонів: Українського Полісся, Українських Карпат, подільської частини лісової зони, Лісостепу України, Степу України, Гірського Криму.

Ключові слова: рослинність, раритетна асоціація, раритетний фітоценофонд, «Зелена книга України», регіональні зелені списки.

Актуальність. Одним із пріоритетних напрямів сучасної наукової думки є опрацювання принципів та формування концептуальних засад новітнього природоохоронного світогляду, який усе виразніше стає філософією виживання людства загалом та, зокрема, збереження оптимальних умов існування гетерогенної живої та неживої

природи. У реальній практиці функціонування взаємовідносин людського суспільства і природи це завдання трансформується у своєрідний ідеал стійкого екосоціального розвитку. Такий розвиток передбачає збереження автентичності відповідних природних об'єктів у часі, а також нарощування їхнього самоорганізаційного потенціала

лу коеволюційним шляхом. Свідченням цього є пильна увага до означеної проблеми міжнародних природоохоронних організацій і програмні розробки, що виконуються під егідою ООН, ЮНЕСКО, ЮНЕП, МСОП та інших.

Для України проблема стабільності екостану, а отже й стану її біорізноманіття, є особливо актуальною, оскільки визнана пріоритетною на державному рівні. По-перше, методологію такого підходу закладено у Конституції України, по-друге, вона є результатом підписання та ратифікації відповідної конвенції міжнародного багатостороннього договору, по-третє, збереження біорізноманітності включено до семи пріоритетів державної екополітики. Тому охорона фітоценотичної різноманітності в нашій державі стала невід'ємною частиною концепції екозбалансованого розвитку, національних програм із біорізноманітності. Зокрема, про це наголошується і в проєкті «Державної стратегії управління лісами України до 2035 року».

У цій сфері основним акцентом є збереження рослинного покриву як початкової ланки всіх біоенергетичних процесів, які відбуваються в біосфері. З огляду на це, актуальним завдання є збереження та підтримання природного фітоценогенетичного процесу в рослинному покриві. Фітоценози, як елементарні фітоценосистеми, у сукупності становлять структуру вищого порядку – рослинність. Збереження фітоценозів вирішує екопроблему на трьох основних рівнях організації живого: фітоценофонду, фітогенофонду та екосистем планети (Shelyag-Sosonko, 1999; Stoyko, 2011).

Визначальним етапом у визнанні важливості синтаксономічної охорони раритетної рослинності на екосистемному рівні є створення «Зелених книг»

(«зелених списків»), як своєрідного реєстру угруповань, що потребують особливого збереження. Зазвичай у таких реєстрах наводять інформацію про їхню структуру угруповань, фітоценотичні особливості, поширення, фітосоцологічну та ботанічну цінність, заходи щодо оптимізації режимів збереження та збалансованого використання, стан збереження (Popovych, 2002; Shelyag-Sosonko, 2003a; Stoyko & Shelyag-Sosonko, 2005; Ustymenko, Shelyag-Sosonko & Vakarenko, 2007).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За всю нетривалу історію синтаксономічної охорони в Україні як науки було розроблено теоретичні основи збереження раритетних угруповань та сформульовано принципи їхнього виділення, запропоновано модель структури та здійснено три видання «Зеленої книги України»: дві наукові монографічні праці «Зелена книга Української ССР: Редкие, исчезающие и типичные нуждающиеся в охране растительные сообщества» (Shelyag-Sosonko, 1987), «Зелена книга України. Ліси» (Shelyag-Sosonko, Ustymenko, Popovych & Vakarenko, 2002), перше офіційне видання – «Зелена книга України» (Didukh, 2009).

Важливою подією для розвитку науки про раритетні рослинні угруповання був вихід у світ монографії С. Ю. Поповича «Синфітосозологія лісів України» (Popovych, 2002). Автор здійснив теоретико-методологічне узагальнення наукових матеріалів про охорону лісової рослинності України, розкрив теоретичні основи стратегії охорони фітоценорізноманітності на базових рівнях її екосистемної організації, представив новий підхід до виділення фітоценорізноманітності за регіонально-хорологічними критеріями, здійснив синфітосозологічну оцінку лісоценофонду.

У монографії «Менеджмент охоронних лісів України» (Shelyag-Sosonko, 2003b) наведено перелік і стислу наукову та природоохоронну характеристику раритетних лісових асоціацій природно-заповідних територій України.

Значний фактичний матеріал досліджень раритетного фітоценофонду України, який апробовано у численних наукових працях і звітах із науково-дослідних робіт, критично узагальнено у монографії «Раритетний фітоценофонд України» (Ustylenko, Shelyag-Sosonko & Vakarenko, 2007). Автори висвітлили сучасні аспекти фітоценологічних та синфітосозологічних досліджень, проаналізували стан збереження фітоцено-різноманітності природно-заповідного фонду України для категорій найвищого геосозологічного рангу. У цій ґрунтовній праці також охарактеризовано та проаналізовано раритетний фітоценофонд за показниками фітоценотичної, фітосозологічної, ботаніко-географічної значущості, репрезентативності, амплітуди та щільності поширення, характеру змін фітоценоареалів, положення в суцесійному ряду, потенціалу відновлюваності фітоценозів.

У контексті розбудови екомережі України для виділених ключових територій міжнародного, національного та регіонального рівнів Лісостепу та Степу наведено перелік раритетних фітоценозів, проведено аналіз раритетного фітоценофонду, встановлено ступінь трансформації цих угруповань та з'ясовано основні для них загрози (Dubyna & Movchan, 2013; Ustylenko et al., 2018).

Отже, ідея збереження раритетного фітоценофонду є особливо актуальною для України, рослинний покрив якої зазнав істотних кількісних та якісних трансформацій, що спричинило збіднення фітоценофонду та погіршення процесу фітоценогенезу. Протягом останніх десятиліть цій проблемі при-

свячували чималу серію інших публікацій, у яких продовжувалося обговорення методичних засад та практичних заходів зі збереження раритетних фітоценозів України.

Мета дослідження. Метою публікації є комплексний рівневий аналіз сучасного складу раритетного фітоценофонду України, встановлення нового переліку раритетних синтаксонів, а також опрацювання новітньої структури другого офіційного видання «Зеленої книги України».

Матеріали і методи дослідження. Матеріалами для досліджень слугували раритетний фітоценофонд України, сучасна геоботанічна література, польовий фактичний матеріал авторів, зібраний у всіх природних регіонах країни упродовж останнього півстоліття.

Методологія визначення раритетної фітоценотаксономічної різноманітності ґрунтується на комплексі методів щодо інвентаризації синтаксонів і матричній синфітосозологічній оцінці фітоценофонду (Didukh, 2009), які добре апробовано у вітчизняній фітоценологічній літературі. Польові дослідження проводили класичними геоботанічними методами (детально-маршрутний, картографічний, закладання тимчасових пробних площ, геоботанічний опис тощо) (Yakubenko et al., 2018). Під час камерального етапу досліджень здійснювали систематизацію польових даних, проводили синфітосозологічний аналіз. Ідентифікацію раритетних синтаксонів лісової рослинності проводили на принципах домінантної класифікації (Didukh, 2009). Синфітосозологічну оцінку фітоценофонду здійснено відповідно до «Методики синфітосозологічної оцінки природних рослинних угруповань, які підлягають охороні та включені до Зеленої книги України», затвердженої наказом Мінприроди України 27.05.2009 р. № 257.

Результати дослідження та їх обговорення. Відповідно до панфітоценоцентричної концепції на континуальних засадах охороні підлягають усі раритетні рослинні угруповання на всіх рівнях організації фітостроми. Стисло розглянемо синфітосозологічні проблеми на кожному із цих основних рівнів.

Міжнародний рівень. Глобальне потепління клімату біосфери стало однією з найнагальніших екопроблем сьогодення з далекосяжним впливом цих процесів на суспільство, довкілля та економіку. Безперечно, основні ефекти такого впливу передусім позначаються на стані природних корінних екосистем. Тому не важко передбачити й наслідки: 1) ареали виростання деяких видів біорізноманіття будуть змінені через зміни меж природних зон, у деяких випадках окремі види повністю зникнуть; 2) зміняться режими, типи, інтенсивність і частота впливу на рослинність різних стихійних екоциклів – повеней, ураганів, зсувів, пожеж, комах, збудників хвороби тощо; 3) відбудуться переважно негативні зміни в стабільності життя, насамперед лісових, степових і болотних екосистем, продуктивності автохтонних деревних і трав'яних рослин; 4) швидко зміниться ефективність функціонування вразливих екосистем, зокрема їхній вплив на біогеохімічні цикли, стан біорізноманіття, зниження обсягів депонування вуглецю лісом (за реалізації швидкого зростання таких сценаріїв ліси з накопичувачів вуглецю перетворяться на джерела викидів); 5) зміняться цикли репродуктивності видів біорізноманіття природних екосистем, перебіг їх сукцесій, відбудуться зміни їхніх екотичних і соціальних функцій; 6) спостерігатиметься зменшення обсягів природного популяційного біорізноманіття, особливо видів із вузьким кліматичним діапазоном

(стенотопних), а також видів на межі своїх ареалів, реліктів та ендеміків.

Для гальмування означених вище процесів у Європі на виконання «Конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі» (Берн, 1979 р.) та низки відповідних ініціатив, резолюцій, директив (особливо Додатка I Директиви з біотопів і Резолюції 4) впроваджується концепція охорони біотопів, яка передбачає лише часткове збереження асоціційного фітоценозноманіття і зовсім незначну частку раритетного. Відповідно до цього документа в Європі збереженню підлягають вибірково приморські, галофітні, неморські водні, трав'яні, чагарникові, лісові, материкові скельні, осипишні, псамофітні та рідколісні угруповання (Andrienko & Onyshchenko, 2008), які зазвичай характеризують вищі синтаксономічні ранги. Дуже рідко ідентифікуються біотопи на рівні рослинних асоціцій, як це прийнято для «зелених книг». Загалом у країнах Євросоюзу провідним напрямом охорони біорізноманіття є збереження саме місцевиростання популяцій раритетних видів рослин і тварин, а також унікальних або еталонних природних екотопів, незалежно від того, чи трапляються там раритетні види біорізноманіття. Уже після прийняття Бернської конвенції і так званої оселищної директиви на міжнародному рівні було узгоджено Стратегію збереження рослинного світу чи її аналоги для різних регіонів, схвалено Конвенція про біорізноманіття (Ріо-де-Жанейро, 1992), а також десятки інших документів, які дають змогу досягати мети – збереження живої природи в різних її проявах. До речі, саме Конвенцією про біорізноманіття й передбачено біоценотичний рівень збереження живої природи. На виконання цієї конвенції показовим прикладом є Всеєвропейська стратегія збереження

біологічного та ландшафтного різноманіття (Софія, 1995), яка інтегрально охоплює різні аспекти і підходи природоохоронної діяльності – від популяційної до біоценотичної та екомережної. Безперечно, складнішим способом подібна діяльність організована на планетному рівні. Однак охорона біотопів і синтаксономічна охорона є поняттями спорідненими, але не тождешними.

У цьому контексті актуальною стає проблема збереження типів організації живого, що забезпечує функціонування біосфери та підтримку екорівноваги на фітостроминому рівні, насамперед у найсенсирнішій складовій фітоценозноманітності – раритетної. У зв'язку з цим, Ю. Р. Шеляг-Сосонко і Т. Л. Андриєнко в 1996 р. закликали розпочати роботи щодо виділення раритетних для Європи рослинних угруповань та створення «Зеленої книги Європи». Вони також вважали, що виділені синтаксономи варто наводити не лише за домінуютьною класифікацією, а й за системою Браун-Бланке (Shelyag-Sosonko & Andrienko, 1996). До речі, цю пропозицію враховано в схемі опису раритетного фітоценозу для нового видання «Зеленої книги України».

Загальнодержавний рівень. В Україні визначальною подією для історії синтаксономічної охорони раритетної рослинності на екосистемному рівні стало перше офіційне видання «Зеленої книги України» (2009). На цьому етапі розвитку синфітосозології це видання стало своєрідним реєстром рослинних угруповань, які потребували особливого збереження. Для кожного фітоценозу наведено інформацію про його вертикальну і горизонтальну структуру, особливості функціонування, поширення, фітосозологічну та наукову цінність, заходи щодо оптимізації режимів збереження і збалансованого використання, репрезентативність

представлення в природно-заповідному фонді.

Структуру «Зеленої книги України» розроблено відповідно до вимог «Положення про Зелену книгу України», яке було затверджено постановою Кабінету Міністрів України у 2002 р. З метою виявлення раритетних угруповань здійснено синфітосозологічну оцінку рослинних асоціацій відповідно до зазначеної методики. Така оцінка ґрунтується на принципах значущості домінуютьних видів, які беруть участь у формуванні фітоценозу як функціональної, так і конкретно-територіальної біосистеми. Також згідно з цією методикою виділено вісім діагностичних ознак угруповань (фітоценотична, фітосозологічна, ботаніко-географічна значущості, регіональна репрезентативність, еколого-фітоценотична амплітуда та щільність поширення, характер зміни ценоареалу, положення в сукцесійному ряду, потенціал відновлюваності), кожна з яких має чотири градації. Окрім того, ми підготували матеріали до нової редакції «Положення про Зелену книгу України» у контексті другого видання «Зеленої книги України». Здійснено коректування змісту його тексту, до якого внесено зміни та уточнення, що сприятиме підвищенню якості виконання конкретних, ефективних заходів щодо збереження та відтворення раритетних рослинних угруповань. Отже, «Зелена книга України» – це законодавчо закріплений механізм охорони в Україні раритетних фітоценозів та їхніх оселищ, необхідних для спільного збереження. Цей офіційний документ підтримує послідовну правову традицію в галузі охорони біорізноманіття в Україні.

У чинному офіційному виданні «Зеленої книги України» (2009) зібрано й відомості про стан, поширення і особливості рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, а

також типових природних рослинних угруповань, які підлягають охороні. Це видання складається зі 160 статей, в яких представлено інформацію про 800 асоціацій 111 формацій рослинності України. Серед типів рослинності України найбагатшим є раритетний фітоценофонд лісової рослинності, яка налічує 308 асоціацій, 62 % яких, зокрема, приурочено до гірських екосистем. Раритетний фітоценофонд степової рослинності налічує 222 асоціації, вищої водної рослинності – 137 асоціацій. У решти типів рослинності він є менш чисельним: чагарникова і чагарничкова рослинність Карпат і Криму – 32 асоціації, трав'яна і чагарничкова рослинність ксеротичного типу на відслоненнях та пісках – 32, лучна рослинність – 20, болотна – 39, галофітна – 10 асоціацій. Така представленість раритетних асоціацій загалом співвідноситься з фітоценотичним багатством і різноманітністю типів рослинності України, ступенями їхнього збереження та порушення, різноманітністю екоотопів, ботаніко-географічними особливостями тощо (Ustylenko, Dubyna & Vakarenko, 2010). Отже, «Зелена книга України» стала теоретичною основою для розроблення практичних заходів щодо збереження, відтворення та використання рослинних угруповань.

Нині в Україні спадкоємно до першого видання розпочато роботу з підготовки нового (другого) офіційного видання «Зеленої книги України», у якій безпосередню участь беруть автори цієї статті. З часу виходу першого офіційного видання накопичено чимало нової синфітосозологічної та геоботанічної інформації про раритетну фітоценотичну різноманітність, яка разом із матеріалами спеціальних досліджень раритетного фітоценофонду є достатньою базою для підготовки нового видання. Цей процес потребує подання сучасної геоботанічної інформації для

кожного з раритетних синтаксонів, детального картографічного матеріалу, з'ясування основних загроз, розроблення видів режимів збереження.

Кількісний та якісний стан і склад раритетних рослинних угруповань України за останні кілька десятиліть суттєво змінився. Значно зменшилася кількість локалітетів із раритетними фітоценозами, які завдяки своїм екобіотичним особливостям та походженню чутливі до антропогенного впливу. Також змінився їхній фітоценотичний зміст. Тому очевидним фітосозологічним завданням сьогодення є критичний аналіз наявних переліків раритетних синтаксонів рослинності, проведення якомога найповнішої їх інвентаризації за результатами новітніх фітоценологічних досліджень, синфітосозологічної оцінки та забезпечення всебічного збереження.

Протягом останніх років автори здійснили ретельний аналіз синтаксономічного складу нинішньої раритетної фітоценорізноманітності України та критично оцінили зміст геоботанічних описів у фітоценотеці. У результаті виявлено низку проблемних питань, які необхідно було врахувати під час складання нового переліку раритетних угруповань для включення до другого офіційного видання «Зеленої книги України». Проблемними виявилися такі аспекти легітимності значної частки синтаксонів: невідповідність назв асоціацій змісту геоботанічних описів, на основі яких вони були встановлені; виділення асоціацій за поодинокими описами; порушення принципів синтаксономічної охорони; асоціації встановлювалися на підставі дрібних фрагментів мозаїки рослинних угруповань; присвоєння справжнього рангу асоціації синтаксонам нижчого рангу, тобто субасоціації чи варіанти асоціацій вважалися асоціаціями; включення до переліку раритетного фітоценофонду синтаксонів, які зникли

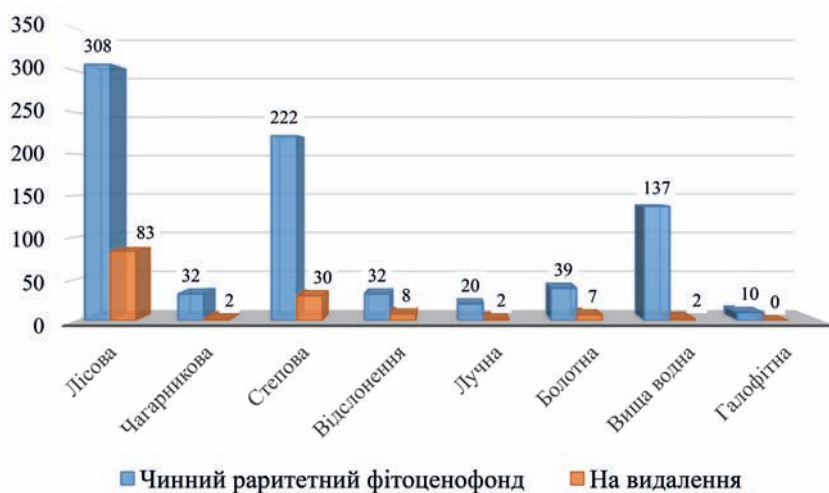


Рис. 1. Кількісні співвідношення легітимних і нелегітимних раритетних асоціацій України

з автохтонних корінних екоотопів через дію природних чи антропогенних чинників; асоціації описано кілька десятиріч тому і нині не підтверджуються сучасними дослідженнями тощо. Загалом ми виявили 134 нелегітимні раритетні асоціації, із яких лісові 83 асоціації, чагарникові – дві, степові – 30, лучні – дві, болотні – сім, водні – дві, а також для угруповань відслонень і пісків відмічено вісім асоціацій (рис. 1).

Проведений детальний аналіз чинного раритетного фітоценофонду, останніх результатів сучасних синфітосологічних досліджень та новітньої геоботанічної інформації про раритетну фітоценотичну різноманітність, а також матеріалів власних досліджень авторів дав змогу встановити кількісні та якісні показники сучасного стану та складу раритетного фітоценофонду України, які ляжуть в основу для підготовки другого офіційного видання «Зеленої книги України».

Отже, сучасний раритетний фітоценофонд України налічує 983 асоціації, які входять до 104 формацій. Лісова

рослинність характеризується найчисельнішим раритетним фітоценофондом, який налічує 363 асоціації 22 формацій. Чагарникова рослинність представлена 32 раритетними асоціаціями восьми формацій, степова – 30 асоціаціями 24 формацій, трав'яні та чагарникові угруповання ксеротичного типу на відслоненнях і пісках налічують 31 асоціацію семи формацій, лучна рослинність репрезентована 20 асоціаціями п'яти формацій, для болотної рослинності встановлено 61 асоціацію 10 формацій, галофітна рослинність вирізняється найменшим раритетним фітоценофондом, який налічує 12 асоціацій трьох формацій, вища водна рослинність охоплює 163 асоціації 25 формацій (рис. 2). У результаті порівняння кількісних складів раритетного фітоценофонду двох офіційних видань «Зеленої книги України» (нинішнього та нового) встановлено, що пропонується для охорони фітоценофонд буде збільшено на 186 асоціації (рис. 3).

У зв'язку з описаним вище, вважаємо, що наукові основи удосконалення схеми опису раритетних фітоценозів

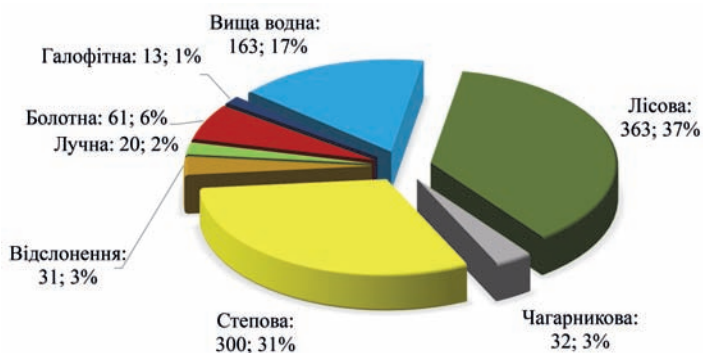


Рис. 2. Раритетний фітоценофонд типів рослинності України: багатство та співвідношення

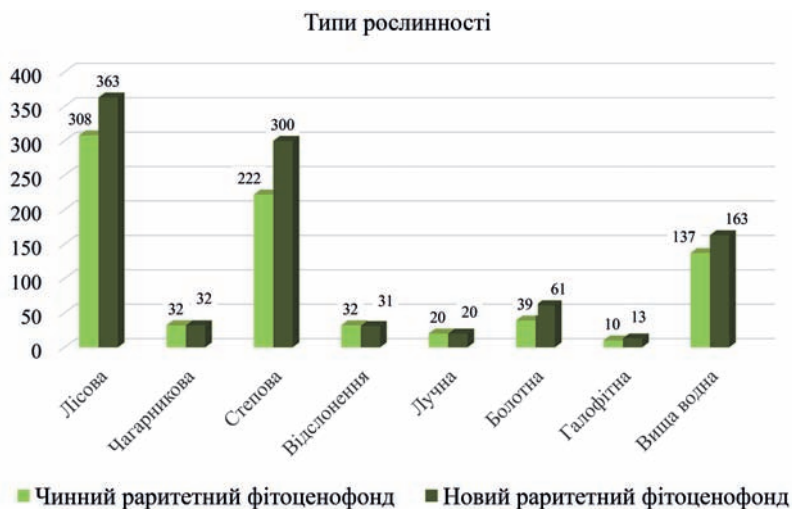


Рис. 3. Співвідношення кількості раритетних асоціацій у чинному (2009) та запланованому виданнях «Зеленої книги України»

«Зеленої книги України» є однією з методологічних засад розвитку сучасної синфітосозології в Україні. З практичного погляду наукові основи необхідні й для розвитку організаційної складової збереження рослинного світу у нашій країні.

Для детальнішої інформативності про статус раритетного синтаксону щодо його наукової та фітосозологічної цінності у новому виданні «Зеленої книги України» пропонується описувати його за такими показниками: бі-

номінальна наукова назва домінантної рослинної асоціації; відповідні до домінантної асоціації синтаксони еколого-флористичної класифікації; синфітосозологічна категорія, індекс і статус угруповання; фітоценотичний ареал і стан поширення в Україні; екоумови; біотоп; наукова ботанічна цінність; мотиви охорони; загальна фітоценотична характеристика; потенціал відновлюваності; представленість у природно-заповідному фонді, положення у системі екомережі; чинники негативного

впливу; біотехнічні та созотехнічні рекомендації; основні джерела інформації; картосхема поширення раритетного угруповання. У перспективі варто перейти до оцінки показників лише природоохоронного змісту.

У новій «Зеленій книзі України» всі типи організації рослинності буде представлено за єдиною схемою, в основу якої покладено класифікацію рослинності за домінантним принципом. Як уже зазначено вище, фактичний матеріал, який отримано на базі описів раритетних фітоценозів, виявив значну неоднорідність асоціацій різних типів рослинності. Тому у структурі нового видання «Зеленої книги України» обґрунтовано необхідність прийняття морфолого-фізіономічного принципу, згідно з яким ураховується переважання життєвих форм і зумовлена цим фізіономічність раритетного фітоценозу. Це видання також спонукатиме до наступних кроків у розвитку синтаксономічної охорони рослинності, а саме: 1) виявлення нових локалітетів раритетних рослинних угруповань; 2) створення у місцях нововиявлених локалітетів раритетних фітоценозів нових природно-заповідних територій; 3) організація системи фітоценологічного моніторингу за станом раритетних фітоценозів і проведення необхідних наукових досліджень: сучасного стану угруповань, умов екоотопів, картування із зазначенням географічних координат, прогнозування природної й антропогенної трансформації тощо; 4) розроблення системи практичних заходів щодо запровадження диференційованих режимів збереження, відтворення та екозбалансованого використання раритетних рослинних угруповань; 5) проведення відповідної еколого-просвітницької роботи та інформування громадськості, органів державної влади та

місцевого самоврядування щодо стану раритетних фітоценозів.

Для загальнодержавного рівня варто зазначити ще один важливий аспект проблеми – це започаткування в Україні так званих монографічних типологічних «зелених списків». У цьому контексті в 2002 р. вийшла у світ перша монографія «Зелена книга України. Ліси» (Sheliah-Sosonko, Ustyenko, Popovych, Vakarenko, 2002). У такого жанру виданнях доцільно детальніше представляти охоронні синтаксони на рівні окремих типів рослинності. Тому, через інтенсивну деградацію степового біому, передусім потрібно підготувати наукові видання «Зелений список Степу України», а у перспективі й для інших типів рослинності, передусім гідрофільних.

Регіональний рівень. Важливим елементом синтаксономічної охорони рослинності є також створення регіональних (для природних і адміністративних регіонів) «зелених списків» раритетних асоціацій на принципах створення «Зеленої книги України», яка у країні, як юридичний документ, має бути єдиною. Передусім для окремих природних регіонів Заходу України С. М. Стойко з колегами (Stoyko, Milkina, Yaschenko et al., 1998) уперше розробили та видали «Регіональну зелену книгу», у якій наведено раритетний фітоценофонд для Українських Карпат, Західного Полісся та зони широколистяних лісів України. Для адміністративних регіонів України цей процес перебуває досі на початковому етапі становлення, оскільки нині на такі списки складено лише для деяких адміністративних областей (Закарпатської, Київської, Кіровоградської, Одеської, Полтавської, Харківської). Безперечно, ці списки потребують критичного аналізу. Також важливо, щоб до їх складання залучалися провідні фахівці у цій справі.

Розвиваючи цей напрям досліджень, ми найповніше визначили сучасний кількісний і якісний склад раритетного фітоценофонду для Українського Полісся, Українських Карпат, подільської частини лісової зони, Лісостепу, Степу, Гірського Криму (рис. 4).

Із цих природно-географічних регіонів синтаксономічно найбагатшим раритетним фітоценофондом вирізняється степова зона (321 асоціація), а найменш чисельним він є на Українському Поліссі (139 асоціацій). Для решти регіонів ці показники приблизно рівні, вони коливаються від 175 (Лісостеп) до 240 асоціацій у подільській частині лісової зони. Раритетні фітоценофони степової зони, Українських Карпат та подільської частини лісової зони є різноманітнішими, зокрема охоплюють раритетні асоціації

п'яти типів рослинності, для Гірського Криму він сформований асоціаціями чотирьох типів рослинності, а для Українського Полісся та Лісостепу його представляють асоціації трьох типів рослинності. Такі пропорції показників загалом відповідають фітоценотичному багатству та різноманітності рослинності регіонів, ступеню її збереженості, обсягам використання природних ресурсів. Серед типів рослинності лише раритетні асоціації лісів представлені в усіх природних регіонах, багатство фітоценофонду яких коливається від 16 асоціацій у степовій зоні до 112 асоціацій в Українських Карпатах. У чотирьох природних регіонах наявні раритетні асоціації степової, болотної та вищої водної рослинності. Раритетну лучну рослинність виявлено лише в Українських Карпатах.

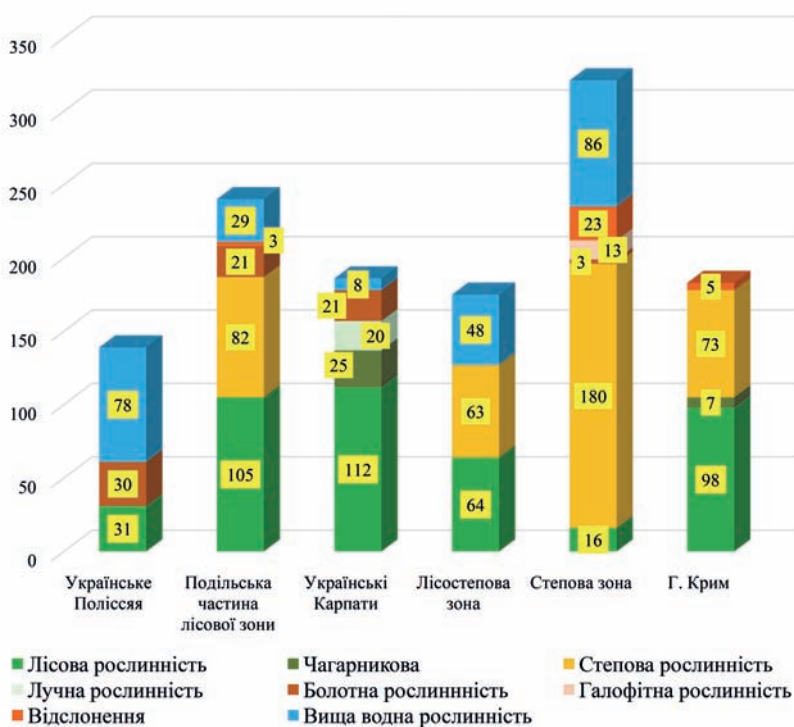


Рис. 4. Кількість раритетних асоціацій у природних регіонах України

Загалом серед природних регіонів України за багатством та різноманітністю раритетних асоціацій найвищою синфітосозологічною цінністю характеризується фітоценофонд гірських екосистем – Гірського Криму та Українських Карпат, а також подільської частини лісової зони. Цей факт пояснюється значною різноманітністю еко-топів цих регіонів (ділянки схилів різної крутизни та експозиції, різні висоти над рівнем моря, різні гідротермічні режими), значною широтою еколого-фітоценотичних амплітуд едифікаторів, що зумовлює синтаксономічне багатство утворених ними фітоценозів, участю в створенні фітоценозів значної кількості созофітів і видів вагомі ботаніко-географічної значущості, самобутністю фітоценофонду.

Локальний рівень. Також доцільним для розвитку науки і природоохоронної практики є складання «зелених списків» для окремих важливих ботанічних місцевостей, особливо природно-заповідних територій вищих рангів – біосферних і природних заповідників, національних природних і регіональних ландшафтних парків, сертифікованих лісгосподарських підприємств тощо. Для цього рівня варто зазначити ще й такий аспект проблеми. У час глобальних ековикликів для фітоценолога також важливо зафіксувати початок утворення еволюційно-антропічно нових фітоценосистем, особливо агрегацій автохтонів та екзотичних рослин із високою фітоценотипною участю.

Висновки і перспективи. Основним напрямом охорони раритетних фітоценозів має стати недопущення негативного антропічного впливу та захист їх від деструктивних стихійних

явищ. Екологічне обґрунтування созо-технічних заходів для таких угруповань із метою стабілізації негативних змін фітоценотичної різноманітності рослинного покриву на ширших просторах ландшафтів має базуватися на засадах застосування системи превентивних (профілактичних) і безпосередніх (прямих) способів захисту залежно від гомеостазу та їхньої геосозологічної категорії, а також диференційованого підходу до впровадження різних видів режимів збереження раритетних фітоценозів залежно від їх цільового призначення. В екологічному плані важливим завданням є обґрунтування режимів збереження у місцевиростаннях з урахуванням строгості та тривалості заповідання. Специфіка збереження раритетних фітоценозів залежить і від кількості та площі їхніх локалітетів, особливостей едафотопів, динамічних тенденцій угруповань і ступеня загрози їхнього зникнення.

Загалом ідея збереження раритетного фітоценофонду є особливо актуальною для України, рослинний покрив якої зазнав істотних кількісних та якісних трансформацій, що спричинило збіднення фітоценофонду та погіршення процесу фітоценогенезу. Тому актуальною і нагальною природоохоронною справою було і залишається дослідження сучасного стану раритетного фітоценофонду країни, адекватною дією яких є, зокрема, і ведення «Зеленої книги України» та інших «зелених списків». Попереду розроблення і законодавче затвердження такс за незаконне знищення чи руйнування легітимних раритетних фітоценозів. Кожне раритетне рослинне угруповання потребує й синфітосозологічного паспорту.

Список літератури

Andrienko, T. L., & Onyshchenko, V. A. (Eds.). (2008). *Methodical aspects of Introduction of*

international program "Important Plant Areas" in Ukraine. Kyiv: Aristej [in Ukrainian].

- Didukh, Ya. P. (Ed.). (2009). *Green Book of Ukraine*. Kyiv: Alterpress [in Ukrainian].
- Dubyna, D. V., & Movchan, Ya. I. (Ed.). (2013). *Econetwork of the steppe zone of Ukraine: principles of creation, structure, elements*. Kyiv: LAT&K [in Ukrainian].
- Popovych, S. (2002). *Syphitososology of Ukrainian forests: Academic Periodicals* [in Ukrainian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R., & Andrienko, T. L. (1996). The problems of rare communities of Ukraine protection. *Ukrainian Botanical Journal*, 53 (3), 260–264 [in Ukrainian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R. (Ed.). (2003a). *Green Book of Ukraine: what she should be?: Academic Periodicals* [in Ukrainian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R. (Ed.). (2003b). *Management of protected forests of Ukraine*. Kyiv: Phytosociocenter [in Ukrainian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R., Ustymenko, P. M., Popovych, S. Yu., & Vakarenko, L. P. (2002). *Green Book of Ukraine. Forests*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
- Shelyag-Sosonko, Yu. R. (Ed.). (1987). *Green Book of the Ukrainian SSR: Rare, Endangered and Typical Plant Communities in Need of Protection*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
- Stoyko, S. M. (2011). Phytosozology basics and tasks of phytogenofund and phytocoenofund diversity preservation. *Ukrainian Botanical Journal*, 68 (3), 331–351 [in Ukrainian].
- Stoyko, S., Milkina, L., Yaschenko, P., et al. (1998). *Rare phytocoenoses of the western regions of Ukraine (The regional "Green Book")*. L'viv: Polli [in Ukrainian].
- Stoyko, S. M., & Shelyag-Sosonko, Yu. R. (2005). Rare phytocoenotic pool of Ukraine and conception of the national green data book. *Ukrainian Botanical Journal*, 62 (5), 611–623 [in Ukrainian].
- Ustymenko, P. M., Dubyna D. V., Movchan Ya. I., Davydov D. A., & Yakubenko, B. E. (2018). *Rare phytocoenofund of the Forest-Steppe of Ukraine in the context of econetwork formation: monograph*. Kyiv: Lira [in Ukrainian].
- Ustymenko, P. M., Dubyna, D. V., & Vakarenko, L. P. (2010). The rare phytocoenotic stock of Ukraine: structure and analysis. *Ukrainian Botanical Journal*, 67 (1), 16–22 [in Ukrainian].
- Ustymenko, P. M., Shelyag-Sosonko, Yu. R., & Vakarenko, L. P. (2007). *Rare phytocoenofund of Ukraine*. Kyiv: Naukova dumka, 268 [in Ukrainian].
- Yakubenko, B., Popovych, S., Ustymenko, P., et al. (2018). *Geobotany: methodical aspects of research*. Tutorial. Kyiv: Lira K [in Ukrainian].

Ustymenko P. M., Popovych S. Yu., Dubyna D. V.
«GREEN BOOK»: LEVELS OF FUNCTIONING, SYNTAXONOMY, STRUCTURING

The study of phytocoenotic diversity in the light of modern scientific concepts of its preservation is now a new and to some extent holistic worldview of this global problem for humanity. According to the panphytocenocentric concept, its solution should be carried out at the local, regional, national and international levels. Protection of phytocoenotic diversity in Ukraine has become an integral part of the concept of ecologically balanced development, national programs for biodiversity conservation as a mandatory element of state environmental policy. Therefore, it is important to preserve phytocoenotic diversity as a set of phytocoenotic taxa, which reflect all levels of organization of phytocoenosystems, which were formed in the process of phylocenogenesis in various eco-conditions and assessed by a set of geosological features. The purpose of the publication is a comprehensive level analysis of the current composition of the rare phytocoenosis of Ukraine, establishing a new list of rare syntaxons, elaboration of the latest structure of the second official edition of the Green Book of Ukraine and outlining tasks for the future. The issues of the second official edition of the "Green Book of Ukraine" are considered. In this context, a critical analysis of the syntaxonomic composition of the currently functioning rare phytocoenofund of Ukraine is carried out, methodological violations of their selection are revealed, the structure of the description of rare syntaxons is offered. The authors have identified 983 associations of 104 formations, which will be taken as the basis for the second official publication of the "Green Book of Ukraine". An important element of the syntaxonomic protection of vegetation is also the creation of regional (oblast) lists of rare associations based on the principles of creating the "Green Book of Ukraine". For the first time a modern rare phytocoenofund for its main natural regions has been determined: Ukrainian Polissya, Ukrainian Carpathians, Podolsk part of the forest zone, Forest-steppe of Ukraine, Steppe of Ukraine, Mountain Crimea.

Keywords: vegetation, rarity association, rarity phytocoenofund, Green Book of Ukraine, regional green lists.

Отримано: 2021-02-22

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 не вирішених аспектів питання.
 - **Аналіз останніх досліджень та публікацій**. Подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті. В кінці цього розділу стисло формулюється основне завдання наукового дослідження у вигляді **Меті** або **гіпотези статті**.
 - **Матеріали і методи дослідження** – детально описується схема дослідження, умови і місце проведення досліду, основні методи і методики дослідження тощо.
 - **Результати дослідження та їх обговорення** – зазначаються отримані результати дослідження та їх аналіз із наведеним порівнянням щодо відомих фактів (бажано за останні 5 років).
 - **Висновки і перспективи** – необхідно представити конкретні результати аналізу та перспективи подальших досліджень.
 - **Подяки** (якщо необхідні!) подаються після висновків перед бібліографічними посиланнями.
 - **список літератури** подається у кінці наукової статті у порядку згадування або у алфавітному порядку, **без нумерації** (кегль шрифту – 14, міжрядковий інтервал – 1). Список літератури повинен містити **не менше 10 літературних джерел** і формується за вимогами **APA 7th Edition**. Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Laurel, 1994), ..., шість і більше авторів – (Jones et al., 1978). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланням <http://nbuv.gov.ua/node/929> або за прикладами на сайті журналу.
- Всі літературні джерела потрібно наводити **англійською мовою** і не менше трьох із них повинні мати **ідентифікатор DOI**. **Транслітерація** допускається лише прізвищ авторів, видавництва і географічних назв.
- **ініціали і прізвища авторів, тема, анотація та ключові слова**, які надаються **англійською** (українською) **мовою**.