

ISSN 2664-4452
2021 | 12 (4)



Ukrainian Journal of Forest and Wood Science

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

**UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST
AND WOOD SCIENCE**

Vol. 12, № 4

Київ – 2021

УКРАЇНСЬКИЙ ЖУРНАЛ ЛІСІВНИЦТВА ТА ДЕРЕВИНОЗНАВСТВА

Науковий журнал, 2021, том 12, № 4
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

<https://doi.org/10.31548/forest2021.04>

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

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

Засновник:

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Редакційна колегія:

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

Адреса редакції:

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

Рекомендовано до друку

*Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України
Протокол № 4 від 24.11.2021 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 25.11.2021 р. Формат 70x100/16. Друк офсетний.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 7.0. Зам. № 1188

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. 4
ISSN 2664-4452 (Print) ISSN 2664-4460 (Online)

<https://doi.org/10.31548/forest2021.04>

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

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

Founder:

NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE

Editorial Board:

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

Editorial Address:

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

Recommended for publication by

*Academic council of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
(record № 4 dated November 24, 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 November 25, 2021. Format 70x100/16.
7.0 conventional printed sheets. Order No. 1188

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

ЗМІСТ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- Блиств В. І., Малюга В. М., Міндер В. В., Сирота О. П.**
ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ВСТАНОВЛЕННЯ ДИНАМІКИ
СТІЙКОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ..... 6
- Расенчук А. П., Юхновський В. Ю.**
СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ
ВОДООХОРОННИХ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ
У ВОЛОГИХ ГІГРОТОПАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ..... 17

САДОВО-ПАРКОВЕ ГОСПОДАРСТВО

- Дзиба А.А.**
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПАРКІВ-ПАМ'ЯТОК САДОВО-ПАРКОВОГО
МИСТЕЦТВА ДРУГОЇ ПОЛОВИНИ ХХ СТОЛІТТЯ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ..... 26
- Матвійчук В. Л., Піхало О. В., Міндер В. В., Сидоренко І. О.**
ГЕОПЛАСТИКА РЕЛЬЄФУ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ СПРИЙНЯТТЯ
ЛАНДШАФТНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ПЕЧЕРСЬКОГО
ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ У МІСТІ КИЄВІ..... 41

ДЕРЕВООБРОБНІ ТА МЕБЛЕВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Цапко Ю. В., Горбачова О. Ю., Мазурчук С. М.**
ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРНОЇ
ОБОЛОНКИ НА БІОРУЙНУВАННЯ ДЕРЕВИНИ 50

БІОЛОГІЯ ЛІСОВИХ ТА УРБАНІЗОВАНИХ ЕКОСИСТЕМ

- Білоус С. Ю., Матяшук Р. К.**
ПЕРВИННИЙ МОРФОГЕНЕЗ *SORBUS TORMINALIS* (L.) GRANTZ
В КУЛЬТУРІ *IN VITRO* 64
- Меженський В. М., Меженська Л. О.**
ЧЕРВОНОКВІТКОВА ЯБЛУНЯ В КОЛЕКЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ..... 72
- Пінчук А. П., Іванюк І. В., Шевчук М. О., Дубчак М. Ю., Ліханов А. Ф.**
ВПЛИВ РУТИН-АМОНІЙНОГО КОМПЛЕКСУ НА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ
СТАН ПРОРОСТКІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ 83

CONTENTS

FORESTRY

- Blystiv V. I., Malyuga V. M., Minder V. V., Syrota O. P.**
PRACTICAL APPROACHES TO DETERMINING THE DYNAMICS
OF THE STABILITY OF STANDS OF BREEDING OBJECTS..... 6
- Rasenchuk A. P., Yukhnovskiy V. Yu.**
STRUCTURAL PECULIARITIES OF FOREST LITTER
IN WATER PROTECTIVE PINE STANDS IN WET SITES
OF ZHYTOMYR POLISSIA..... 17

LANDSCAPE-PARK MANAGEMENT

- Dzyba A. A.**
FEATURES OF FORMATION OF PARKS-MONUMENTS OF LANDSCAPE ART
OF THE SECOND HALF OF THE XX CENTURY OF UKRAINIAN POLISSIA..... 26
- Matviychuk V. L., Pikhalo O. V., Minder V. V., Sydorenko I. O.**
GEOPLASTICS OF RELIEF AS A MEANS OF FORMING THE PERCEPTION
OF LANDSCAPE COMPOSITIONS ON THE EXAMPLE OF THE PECHERSK
LANDSCAPE PARK IN KYIV 41

WOOD PROCESSING AND FURNITURE TECHNOLOGIES

- Tsapko Yu. V., Horbachova O. Yu., Mazurchuk S. M.**
ESTABLISHMENT OF THE REGULARITIES OF THE POLYMER
COVER INFLUENCE ON THE WOOD BIO DESTRUCTION 50

BIOLOGY OF FOREST AND URBAN ECOSYSTEMS

- Bilous S. Yu., Matiashuk R. K.**
PRIMARY MORPHOGENESIS OF *SORBUS TORMINALIS* L. (GRANTZ)
INTO *IN VITRO* CULTURE 64
- Mezhenskyj V. M., Mezhenska L. O.**
RED FLOWER APPLE IN THE COLLECTION OF THE NATIONAL UNIVERSITY
OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE 72
- Pinchuk A. P., Ivanyuk I. V., Shevchuk M. O., Dubchak M. Yu., Likhanov A. F.**
INFLUENCE OF RUTIN-AMMONIUM COMPLEX
ON THE PHYSIOLOGICAL CONDITION OF PINE SEEDLINGS 83

ПРАКТИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ВСТАНОВЛЕННЯ ДИНАМІКИ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВОСТАНІВ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

В. І. БЛИСТІВ, кандидат сільськогосподарських наук
e-mail: vasyblystiv1@gmail.com

Державна організація «Український лісовий селекційний центр»

В. М. МАЛЮГА, доктор сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-9786-0239>, e-mail: malyuga@nubip.edu.ua

В. В. МІНДЕР, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-5213-2078>, e-mail: vikaminder@nubip.edu.ua Національний
університет біоресурсів і природокористування України

О. П. СИРОТА, інженер лісового господарства
e-mail: mega-aps1980@ukr.net

Державна організація «Український лісовий селекційний центр»

У статті розглянуто поняття стійкості деревостанів та їх формування для селекційних об'єктів з урахуванням динаміки напруженості використання умов середовища. Захисні властивості лісового середовища, які ототожнюються зі збереженням генетичного різноманіття, визначаються за кількістю і якістю природного поновлення та асоціюють з екологічною стійкістю (відновлюваністю), можна ефективно оцінювати за втратою цієї стійкості за наведеною методикою. У статті проаналізовано підходи та напрями, які актуальні для оцінювання біотичної та екостійкості деревостанів. Для селекційних об'єктів ці питання актуальні під час призначення лісовідновних заходів у лісових генетичних резерватах, оцінювання стійкості деревостанів у момент відбору плюсових насаджень, оцінювання відібраних постійних лісонасінневих ділянок з позицій визначення обсягів формування та доглядів. Методика оцінювання стійкості деревостанів базується на визначенні показників стійкості (коефіцієнта стійкості, втрати біотичної стійкості, втрати екологічної стійкості), які розраховують на підставі параметричного (таксаційного) оцінювання дерев, їх санітарного стану та природного поновлення на досліджуваній ділянці. Використовуючи значення наведених показників стійкості, насадження можна поділити на три категорії стійкості: стійкі, умовно стійкі та нестійкі. Запропоновано відповідні лісгосподарські заходи, що потребують окремої параметричної оцінки за лісотвірними видами дерев, господарськими групами типів лісу, категоріями лісів, цільовими заходами формування чи напрямом дослідження. Під час досліджень напруженості показника життєвого простору встановлено, що використання лісорослинних умов відбувається за оцінкою процесу розвитку деревостанів, як нормальне, ненапружене і напружене. Для встановлення показника нормального й ослабленого стану запропоновано базову шкалу оцінювання біотичної стійкості за індексом стану.

Ключові слова: оцінювання стійкості, показник напруженості, збереження генофонду, санітарний стан, динаміка площ.

Актуальність. У лісознавстві поряд із питанням підвищення продуктивності деревостанів велику увагу у дослідженнях приділяють вирішенню питань оцінювання і підвищення біотичної стійкості та екостійкості деревостанів, відповідно у лісовій селекції актуалізується відбір і формування об'єктів на стійкість загалом. Основним чинником для призначення конкретних господарських заходів передусім у неексплуатаційних категоріях лісів є втрата насаджень стійкості та захисних властивостей. Тому очевидно є потреба у кількісному оцінюванні втрат лісами біотичної стійкості деревостанів. Актуальними ці питання залишаються і для селекційних об'єктів, особливо в період призначення лісовідновних заходів у лісових генетичних резерватах. Важливим є оцінювання стійкості під час відбору плюсових насаджень і постійних лісонасінневих ділянок, з огляду на огляду на перспективу їх переведення у плюсові (селекційні) деревостани або вилучення з реєстрів об'єктів постійної лісонасінневої бази.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Термін «стійкість деревостанів» широко використовували в науковій літературі, відповідні лісознавчі дослідження значно актуалізуються останнім часом (Tretyak & Chernevyy, 2020; Maliuga, 2020; Oliynyk & Blystiv, 2019; Gilliam, 2016; Holubets, 2013; Oliynyk, 2013; Shparyk, 2012 та ін.). Стійкість визначають щодо окремого компоненту лісу (деревостану) як біотичну стійкість виду (едифікатора), а також щодо фітоценозу (лісового середовища). У лісознавстві введено поняття стійкості екосистеми (біогеоценозу), в цьому випадку йдеться про стабільність функціонування лісового середовища (Holubets, 2008). Зауважують, що поняття стійкості у сучасних

лісівничих дослідженнях має двостороннє значення залежно від напрямку та об'єкта вивчення (Brang, 2001). Стійкість також розглядають як висока опірність до зовнішніх впливів і як властивість до підтримання функціонального лісового середовища. Насамперед, стійкими вважають корінні деревостани еколого-лісівничої типології (Stoyko, 2011; Parpan, 2008; Holubets, 2008 та ін.), корінні типи лісу у фітоценологічній класифікації (Sukachev, 1964; Holubets, 2008), вузлові стадії при сукцесіях та змінах (Yaroshenko, 1958), деревостани стабільних лісових екосистем (Holubets, 2013; Parpan, 2005 та ін.). У лісознавстві найчастіше використовують поняття опірності й відтворюваності (еластичності) (Brang, 2001, Oliynyk et al., 2019). Для оцінки стійкості інколи вживають поняття «еталон», яке концентрує в собі усі найкращі ознаки насадження в конкретних умовах росту (передусім продуктивність), зокрема довговічність і біотичну стійкість, а також властивість найбільш повно проявляти свої захисні функції.

Якісну характеристику умов місцезростання (едатопів) визначають на основі порівняння потенційної і фактичної продуктивності насаджень. Вважають, що у різних умовах стійкість деревостанів і видів лісових дерев не є однаковою. Molotkov (1966) дослідив, що в умовах вологої грабової бучини насадження вирізняються високою продуктивністю та стійкістю. Загалом корінні деревостани в бучинах вважають стійкими, цю тезу підтверджено у роботах П. С. Каплуновського і В. І. Парпана. Такий підхід характерний для еколого-лісівничої типології з позицій лісовідновлення.

Для оцінки окремих дерев у лісі застосовують різні класифікації (Крафта, Шеделіна, Жилкіна та ін.), за якими

можна дати загальну характеристику структури деревостану, проте не оцінюється його стійкість. Питання втрати стійкості внаслідок пошкодження шкідниками і збудниками хвороб лісу розглядають залежно від потреб окремого напрямку лісівництва – лісозахисту (Meshkova et al., 2018). У лісівничій практиці застосовують оцінювання санітарного стану кожного дерева за шістьма категоріями згідно з Санітарними правилами у лісах України (Sanitary Forests Reg. Ukraine, 1995) і за результатами призначають господарські заходи для конкретної ділянки. Для вирішення проблеми оперативного оцінювання стану та структури лісів існує міжнародна система оцінки кожного дерева за шістьма класами, які відомі під назвою «класи JUFRO». Також пропонують оцінювати життєвий стан дерев, що мають біотично зумовлену потенцію виду до росту і розвитку в певних умовах (Debrenyuk, 2017). У Настановах з лісового насінництва (Los et al., 2017) наведено методику оцінювання стану дерев та деревостанів за п'ятьма категоріями, яка базується на понятті «життєздатність», яке є інформативним для насіння, сіянців (самосіву) та підросту. Для оцінки стану насаджень запропоновано показник напруженості життєвого простору (Maliuga, 2020). Здійснено обґрунтування обраного показника, в якому середня висота насаджень з урахуванням віку відображає бонітет (визнаний показник якісної продуктивності), а сума площ перерізів стовбурів на висоті 1,3 м (абсолютна повнота) всебічно характеризує лісорослинні умови. Таксатори у виробничій діяльності користуються таблицями сум площ поперечних перерізів і запасів насаджень за повноти 1.0, тому такий підхід прийнято за основний. Певною мірою питання оцінки стійкості опра-

цьовано в роботах Blystiv (2006, 2012), Oliynyk et al. (2019), наукові рекомендації містять праці Hayda et al. (2013), Marchuk et al. (2021). Питання оцінювання ефективності використання насаджень життєвого простору розглянуто у роботі Maliuha & Minder (2020). Перелічені дослідження щодо стабільності лісових екосистем мають важливе значення для оцінювання функціональності лісових генетичних резерватів, які можуть складатися з багатьох таксаційних виділів. Оцінювання певної означеної території (лісової екосистеми, частини популяції) може базуватися на співвідношенні за площею стану окремих ділянок. Такий підхід для оцінювання площі деревостанів резерватів запропоновано Сиротою (Syrota, 2021): з класифікацією стану як «нормальний», куди віднесено здорові, і «ослаблений», до якого належать пошкоджені деревостани.

За оцінками Oliynyk et al. (2019), Blystiv (2006, 2012), поняття загальної стійкості лісів можна умовно поділити на такі чотири основні складові:

1. Стійкість до дії внутрішніх біотичних факторів, або живих організмів.
2. Стійкість до антропогенного впливу.
3. Стійкість до дії метеофакторів та інших чинників неживої природи.
4. Потенціал до можливості відновлення та формування стійких (корінних) деревостанів (підтримання гомеостазу і захисних властивостей).

Перші дві складові можна об'єднати поняттям «біотична стійкість», або опірність (резистентність). Воно є суголосним поняттю «природна стійкість», що вводиться на підставі типологічних досліджень.

Лісова типологія має визначальне значення для розуміння та оцінювання стійкості насаджень. Для оцінювання природної стійкості насаджень використовують показник типологічного

потенціалу (типологічної продуктивності) певного типу лісу та моделювання росту екотипів і корінних деревостанів як основного складника стійкості лісових екосистем. Також щодо середовища вживають термін «природність» як оцінку непорушності зв'язків екосистеми чи рівня її трансформації. Природність її окремих компонентів може відповідати поняттю біотичної стійкості корінних деревостанів, що, насамперед, стосується відповідності екологічного оптимуму виду до умов місцезростання, біології видів і їх взаємовпливу. Для деревостанів із позиції завдань лісової селекції та збереження цінного генофонду і генетичного різноманіття застосовують поняття автохтонності та відповідного місцевого походження, які асоціюються з стійкими деревостанами (Hayda & Yatsuk, 2013). Проте найважливішим елементом у комплексному підході до визначення стійкості деревостанів залишається біотична складова, яка є базою для забезпечення екостійкості.

Використання життєвого простору насадженьми штучного походження може бути нормальним (оптимальним), ненапруженим і напруженим (Малюга, 2020). Напруженість характеризує напрям процесів – втрату стійкості чи її підвищення, отже може використовуватися для оцінювання процесів у деревостані (динаміки стійкості). Для прийняття рішень щодо стабілізації процесів у лісових екосистемах важливо оцінити співвідношення стану території об'єкту за площами стійких і нестійких деревостанів. Показник «нормальний стан» відповідає набору за площею на об'єкті стійких деревостанів, «ослаблений» – умовно стійких і нестійких. Динаміка площ у розрізі зміни цих показників за періодами характеризує екосистемні зміни та суцесійний процес у них і є важливою

для об'єктів збереження цінного генофонду та генетичного різноманіття.

Метою роботи є актуалізація позицій використання на практиці поняття стійкості та вираження її оцінювання в вимірних одиницях для деревостанів з урахуванням особливостей щодо селекційних об'єктів. Відповідно до зазначеної мети було заплановано досягнути комплексного вирішення оцінювання стану біотичної та екостійкості за коефіцієнтом стійкості, процесів формування за показником напруженості життєвого простору та динаміки стабільності за відносною її втратою з віком.

Матеріали і методи дослідження. Методика оцінювання стійкості деревостанів базується на використанні таксаційних показників та їх санітарного стану, що розраховують на підставі параметричної оцінки дерев на досліджуваній ділянці за пробною площею. Базовими для визначення є по-деревний перелік і шкала санітарного стану, яку застосовують на виробництві (Sanitary Forests Reg. Ukraine, 1995). Оцінка стійкості насаджень базується на методиці розрахунку втрати стійкості (ВС), що запропонована для визначення стійкості похідних ялинників на бучинах (Blystiv, 2006) і надалі для оцінки формування стійкості грабово-букових насаджень (Oliynyk & Blystiv, 2019). В основу розрахунків коефіцієнта стійкості (КС) покладено відношення середнього об'єму стовбура деревостану, середнього об'єму сухого стовбура деревостану та середнього об'єму здорового стовбура деревостану, інколи достатньо враховувати загальні запаси сухої та здорової деревини (Brang, 2001). Такий підхід є ефективним під час оцінювання умовно-одновікових деревостанів, у яких, як правило, домінує нормальний розподіл стовбурів за діаметром. Відпо-

відно є потреба в коригуванні формул при оцінюванні різновікового складного насадження. У разі використання шкали санітарного стану (при відводах рубання) до здорових стовбурів для листяних віднесено I–III категорії стану, а для шпилькових – I і II. Нормальне (оптимальне) використання життєвого простору відбувається за відносної повноти 1,0 із забезпеченням максимальної продуктивності деревостанів.

Для розрахунку коефіцієнта стійкості (KC) використано відношення об'ємів стовбурів (V) деревостану за їхнім станом та коефіцієнтами відношення ($Kv1$ – відношення середнього об'єму здорових стовбурів до середнього об'єму всіх стовбурів; $Kv2$ – відношення середнього об'єму сухих стовбурів до середнього об'єму всіх стовбурів):

$$KC = Kv1 - Kv2, \quad (1)$$

при цьому: $Kv1 = V_{зд} \div V_{сер}$, $Kv2 = V_{сух} \div V_{сер}$, де $V_{сух}$ – середній об'єм сухих стовбурів; $V_{зд}$ – середній об'єм здорових стовбурів; $V_{сер}$ – середній об'єм усіх стовбурів деревостану.

Відповідно втрата стійкості деревостану (BC) дорівнюватиме:

$$BC = 1 - KC \cdot \Sigma V_{сух} \div \Sigma V_{сер}, \quad (2)$$

де $\Sigma V_{сух}$ – запас сухою у деревостані; $\Sigma V_{сер}$ – запас деревостану.

У молодняках поява сухою є здебільшого наслідком природного відпаду через відбір у процесі видової та міжвидової конкуренції, а загальний відсоток сухою є залежним також від попереднього довготривалого господарського впливу, тому для них визначають втрату стійкості за спрощеною формулою:

$$BC = 1 - KC. \quad (3)$$

Такою самою особливістю вирізняється підхід для розріджених і різновікових деревостанів. Отже, формула для обчислення втрати біотичної стійкості насадження матиме такий вигляд: середньозважена за складом сума коефіцієнтів стійкості (KC) деревостанів, пропорційна середнім сумами відповідних коефіцієнтів віку та обернено пропорційна значенню втрати повноти, становить втрату стійкості. Для чистих насаджень формула буде такою:

$$BC = (1 - KC) \cdot \Sigma V_{сух} \div \Sigma V_{сер} \times Ka1 \cdot Ka2 \div ВП, \quad (4)$$

де $Ka1$ – коефіцієнт діапазону віку (A – вік) деревостану: $A_{мін} \div A_{макс}$; $Ka2$ – коефіцієнт відносності віку деревостану: $A_{намету} \div A_{стійкості}$ (умовний вік за лісотвірними видами, який співвідноситься з біотичною стиглістю); $ВП$ – втрата повноти = $1 - П$, де $П$ – повнота деревостану.

Під час господарського оцінювання стійкості насаджень у формулі враховують склад деревостану та його вік.

Формула для обчислення втрати біотичної стійкості змішаного за складом деревостану ($ВБС дер.$) відповідно буде такою:

$$ВБС дер. = (BC 1в \times ч. од. скл. + BC 2в \times ч. од. скл. + \dots BC nв. \times ч. од. скл.) \div 10 \times \Sigma Ka1 \div n \times \Sigma Ka2 \div n \div ВП, \quad (5)$$

де $BC 1в$, $BC 2в$ – втрата стійкості за лісотвірними видами у складі (1в – 1вид, 2в – 2вид ...); n – кількість лісотвірних видів у складі, для яких проводять розрахунок; $ч. од. скл.$ – частка одиниць у складі (1–9).

Під час визначення екостійкості деревостанів (основою якої є підтримка функціоналу захисних властивостей лісового середовища), доцільно враховувати відтворюваність (регенерацію)

через наявність підросту, а саме вираховувати для нього коефіцієнт діапазону віку підросту (КдвП), що становить відношення мінімального віку підросту до максимального:

$$KдвП = A_{\min} \div A_{\max}, \quad (6)$$

де A_{\min} – мінімальний вік підросту у деревостані; A_{\max} – максимальний вік підросту у деревостані.

КдвП частково характеризує життєздатність підросту для лісовідновлення, тому й потрібно додавати результат КдвП до формули 5. За практичного використання це нескладно. Підріст через періодичність насінневих років з'являється стадійно, і до цього можна прив'язати мінімальний і максимальний його вік. Проте логічніше загалом під час проектування заходів за відповідного оцінювання ширше враховувати захисні властивості лісового середовища, а отже не тільки вікові параметри, а й кількість підросту, визначаючи для нього коефіцієнт забезпеченості підростом (КзП). Останній обчислюють як відношення його кількості на 1 га до оптимального для лісовідновлення чи природного стану значення з відповідним додаванням до формули 5:

$$KзП = N_{\text{факт}} \div N_{\text{баз}}, \quad (7)$$

де $N_{\text{факт}}$ – кількість підросту, фактичне значення; $N_{\text{баз}}$ – кількість підросту, оптимальне значення.

Для КзП умовно приймають (без розподілу за деревними видами) базове середнє значення 12 тис. штук на 1 га, хоча у розрахунках норму доцільно деталізувати. Отже, формула для обчислення втрати екостійкості – втрати захисних властивостей (ВЕС) деревостану відповідно буде такою:

$$ВЕС = ВБС \cdot КдвП \cdot КзП, \quad (8)$$

де ВЕС – втрата екостійкості; КдвП – коефіцієнт діапазону віку підросту; КзП – коефіцієнт забезпеченості підростом.

Аналогічна ситуація з повнотою насадження. Оцінюючи стан для призначення господарських заходів, її втрату (ВП) також потрібно враховувати у визначенні екостійкості (захисних властивостей), додаючи у знаменнику формули 8.

Оцінка показника напруженості життєвого простору базується на методиці, висвітленій у роботах (Malyuha, 2020; Malyuha & Minder, 2020). Показник напруженості життєвого простору (N) являє собою відношення середньої висоти (H_{cp}) до абсолютної повноти (G) досліджуваного насадження:

$$N = H_{cp} \div G, \quad (9)$$

де H_{cp} – середня висота, м; G – абсолютна повнота, м² на га; розмірність показника напруженості життєвого простору становить м·(м²)⁻¹.

Для оцінювання динамічних процесів у просторі (за площею) та у часі (за періодами) пропонують два значення показника стійкості деревостанів, який використовують для порівняння стану – «нормальний» або «ослаблений». Оцінювання відносної втрати стабільності базується на методиці, висвітленій у роботі (Syrota, 2021). Нормальний стан відповідає стабільній лісовій екосистемі, якою є об'єкти для потреб лісового насінництва і збереження генофонду на час атестації. Це нормальні та плюсові деревостани за оцінкою з позицій добору в лісовій селекції. Тому на час відбору їх стан оцінюють як нормальний у стовідсотковому відношенні за площею. Відносну втрату стабільності (ВБС) лісової екосистеми досліджуваного об'єкта визначають за формулою:

$$BBC = Oc.C \div Нор.C \times 100, \quad (10)$$

де *Oc.C* – ослаблений стан, га; *Нор.C* – нормальний стан, га; розмірність у відсотках.

Результати дослідження та їх обговорення. Використовуючи значення наведених показників (*KC*, *BBC*), насадження за оцінкою стійкості пропонують поділяти на три категорії: стійкі (*KC* у межах 0,99–0,8), умовно стійкі (*KC* у межах 0,79–0,4) та нестійкі (*KC* 0,39 і менше).

1. **Стойкі** – без ризику втрати стійкості на конкретний момент (не потребують господарських заходів). Це нормальні та плюсові деревостани, ядра генетичних резерватів. Їхнє функціонування як об'єктів постійної лісонасінневої бази потребує моніторингу стійкості з метою забезпечення відповідності репродуктивних властивостей. З іншого боку, це також перспективний лісовий фонд для переведення чистих насаджень у змішані для штучних монокультур, які також можуть мати місце серед відібраних об'єктів постійної лісонасінневої бази, що не експлуатуються, і для цього також потрібен контроль задовільного санітарного стану.
2. **Умовно стійкі (ослабленої стійкості)** – об'єкти з ризиком втрати стійкості, які потребують запобіжних і профілактичних господарських і селективних заходів, а також варіанти щодо впровадження систем переформування та лісовідновних рубок у випадку доцільності збереження цінного генофонду та генетичного різноманіття за місцем походження.
3. **Нестійкі** – деревостани, які є кандидатами на вилучення з обліку об'єктів постійної лісонасінневої бази, лісовий фонд для суцільних санітарних рубок. В окремих випад-

ках можуть бути об'єктами збереження цінного генофонду індивідуальним відбором передусім на стійкість поза місцем – у плантаціях або колекціях.

Стосовно категорій пропонують відповідні лісогосподарські заходи, які потребують окремого параметричного обґрунтування. Це стосується господарської групи типів лісу, категорії лісів, вікової та просторової структури деревостану, цільових заходів чи напряму дослідження – у такому випадку щодо втрати стійкості селекційних об'єктів.

Дослідженнями напруженості життєвого простору встановлено, що використання умов відбувається за оцінкою процесу як нормальне, ненапружене і напружене.

1. **Нормальне (оптимальне)** використання умов відбувається за відносної повноти 1,0 із забезпеченням максимальної продуктивності деревостанів. Ця статична характеристика притаманна під час відбору плюсових насаджень, ядра резервату чи деревостану під постійні лісонасінневі ділянки на підставі оцінки селекційної структури. За таких умов діє налагоджений у природі компроміс між продуктивністю і біотичною стійкістю насаджень.
2. **Ненапружене** – з неповним використанням потенціалу лісорослинних умов зрідженими деревостанами, що пов'язано з різним ступенем втрати продуктивності, проте забезпечує оптимальні умови плодоношення та продовжує термін функціональності. Формуючи лісонасінневі ділянки до повноти 0,6, на певний період знижуємо напруженість, забезпечуючи подальше стійке зростання в умовах ненапруженого використання лісорослинних (лісотипологічних) умов.

3. Напружене використання умов передує процесу ослаблення загущеного деревостану з відносною повнотою більше ніж 1,0. Стосовно плюсових деревостанів монокультур (зокрема інтродуцентів) наступний їх розвиток із нарощенням продуктивності може бути досягнутий за рахунок зменшення біотичної стійкості. Подальше напружене (надмірне) використання, яке балансує на межі загибелі, так звані залпові відпади, відповідає втраті стійкості і буде за оцінкою нестійким та потребуватиме запобіжних заходів. Такої стадії досягають штучні ліси зелених зон, лісопарків, охоронних і захисних категорій і також відповідні стиглі й перестійні деревостани, хибно віднесені до об'єктів ПЗФ.

Для оцінювання показника нормального й ослабленого стану ділянки, резервату (її виділеної частини) пропонують базову шкалу оцінки біотичної стійкості за сумою п'яти базових показників:

- пошкодженість первинними ентомологічними шкідниками;
- пошкодженість вторинними шкідниками;
- ураженість фітопатологічними захворюваннями;
- наявність нежиттєздатних та ослаблених дерев;
- відносна повнота.

Щодо ослабленого стану виділено три ступені з метою деталізації планування можливих заходів. Після визначення абсолютних показників першого та другого періодів оцінювання застосовано методику групування отриманих даних. Виділено п'ять груп динаміки природних процесів і перспективи розвитку головної породи, які узагальнено характеризують ці процеси від позитивної до негативної тенденції:

- 1) динаміка природних процесів позитивна; розвиток головної породи, якщо немає факторів негативного впливу, – позитивний;
- 2) динаміка процесів майже без змін; розвиток головної породи, якщо немає факторів негативного впливу, – сприятливий;
- 3) динаміка природних процесів має незначні негативні зміни; розвиток головної породи у ньому умовно несприятливий;
- 4) динаміка природних процесів помітно негативна; розвиток головної породи несприятливий; існує ймовірність повної втрати функцій;
- 5) динаміка природних процесів негативна; перспектива втрати головної породи у складі.

Застосування запропонованої методики дає змогу оцінити динаміку основних природних процесів у деревостанах, порівнюючи показники на час виділення селекційних об'єктів та останнього лісовпорядкування чи їх інвентаризації.

Висновки і перспективи. У лісовій селекції відбір і формування деревостанів на стійкість потребують визначених за параметрами показників. Для цього запропоновано відповідно у комплексі використання коефіцієнта стійкості деревостанів. Захисні властивості лісового середовища, зокрема збереження генетичного різноманіття, які ототожнюють із визначеною кількістю і якістю природного поновлення та асоціюють з екологічною стійкістю деревостанів, можна ефективно оцінювати її втратою за наведеною методикою. Використовуючи значення вищенаведених показників (*КС*, *ВС*, *ВБС*), насадження можна розділити на три категорії стійкості: стійкі, умовно стійкі та нестійкі, щодо кожної з яких за лісотвірними видами дерев є потреба в опрацюванні цільових за критеріями

стійкості особливостей. Дослідженнями напруженості життєвого простору щодо використання умов місцезростання встановлено, що у напруженні зростають насадження, які мають дещо загущений деревостан. Оптимально розвиваються насадження, які мають діапазон повнот 0,7–1,0. Решта насаджень зростають без напруження, проте не повною мірою використовують життєвий простір через різний ступінь зрідження деревостанів. Такі середньповнотні насадження можуть ефективно використовуватися як відібрані та відповідно сформовані постійні лісо-насінневі ділянки. Оцінка стану за

факторами впливу дає можливість фіксувати кількісні зміни. Динаміка площ і відповідно зміни базових показників за періодами характеризує екосистемні зміни (стадії розвитку) оцінюваних лісових екосистем і є важливою для об'єктів збереження генетичного різноманіття та цінного генофонду – передусім для лісових генетичних резерватів. Перспективним є використання викладених результатів для поєднання актуальних завдань екобалансованого ведення лісового господарства з перспективними програмами збереження та формування генетичного різноманіття і цінного генофонду лісотвірних видів.

Список літератури

- Belelia, S., & Debryniuk, Iu. (2017). *Cultivating species of Larix L. genus in artificial plantations of the Western Polissia of Ukraine*. Lviv: Galician Publishing Union [in Ukrainian].
- Blystiv, V. (2012). *AS FOR THE comprehensive assessment of the protective properties*. Abstracts of scientific papers of international scientific conference "Modern trends in agricultural science in the XXI Century" (pp. 78–82) [in Ukrainian].
- Blystiv, V. I. (2006). Use of inventory indicators to determine the ecological sustainability of forest stands. *Forestry and Forest Melioration*, 109, 142–145 [in Ukrainian].
- Blystiv, V. I. (2017). *Formation of hornbeam-beech forest stands Transcarpathia, their stability and water-regulating role*. State Forestry universitet. Lviv [in Ukrainian].
- Brang, P. (2001). Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology and Management*, 145, 107–119. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00578-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00578-8)
- Gilliam, F. (2016). Forest ecosystems of temperate climatic regions: from ancient use to climate change. *The New phytologist*, 212, 871–887. <https://doi.org/10.1111/nph.14255>
- Hayda, Yu. I., & Yatsyk, R. M. (2013). Methods of integrated assessment of genetic reserves of forest tree species. *Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine*, 23.2, 8–15 [in Ukrainian].
- Holubets, M. A. (2008). Environmentology, its cognitive and applied nature. *Ukrainian Geographical Journal*, 1, 19–23 [in Ukrainian].
- Holubets, M. A. (2013). *Geosociosystemology*. Lviv: Company Manuscript [in Ukrainian].
- Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Hayda, Yu. I., et al. (2017). *Guidelines for forest seed production* (2nd edition, supplemented and revised). Kharkiv [in Ukrainian].
- Maliuha, V. M., & Minder, V. V. (2020). Indicator of tension in the living space of protective forest plantations. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 11 (4), 47–59 [in Ukrainian]. <http://dx.doi.org/10.31548/forest2020.04.005>
- Malyuha, V. M. (2020). *Phytomelioration Bases of Functioning of Protective Forest Plantations on the Ravine-Gully Lands of the Plain Part of Ukraine*. Kyiv: National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
- Marchuk, Yu., Blystiv, V., Vytvycky, I., et al. (2021). *Regulations on the forest genetic reserve*. State Agency of Forest Resources of Ukraine. Available at <https://ucfb.info/informacija/pravova-baza.html> [in Ukrainian].
- Meshkova, V. L., Borysenko, O. I., & Pryhorynyskyi, V. I. (2018). Forest site conditions and other features of Scots pine stands favorable for bark beetles. *Proceedings of the forestry Academy of sciences of Ukraine*, 16 (16), 106–114. <https://doi.org/10.15421/411812>
- Molotkov, P. I. (1966). *Beech forests and their management*. Moscow: Lesnaia promishlennost [in Russian].
- Olijnyk, V. S., & Blystiv, V. I. (2012). The formation processes of the protective properties of beech forests of the Carpathians. *Scien-*

- tific Bulletin of National Forestry University of Ukraine*, 22.11, 8–14 [in Ukrainian].
- Oliynyk, V. S., & Blystiv, V. I. (2019). *Transcarpathia hornbeam- common beech forest: dynamics, stability, protective role*. Ivano-Frankivsk: NAIR [in Ukrainian].
- Oliynyk, V. S. (2013). *Hydrological role of forests in the Ukrainian Carpathians*. Ivano-Frankivsk: NAIR [in Ukrainian].
- Parpan, V. I., & Parpan, T. V. (2008). The main principles of modern paradigm of mountain forest science and forest management in the Ukrainian Carpathians. *Forestry and Forest Melioration*, 114, 7–12 [in Ukrainian].
- Parpan, V., Shparyk, Y., & Parpan, T. (2005). *Virgin and natural forest in Ukraine: state, diversity and protection*. Proc. Natural Forest in the Temperate Zone of Europe – Values and Utilisation. Birmensdorf, Switzerland; Rakhiv (pp. 21–29) [in Ukrainian].
- Sanitary Forests Regulations in Ukraine*. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95>.
- Shparyk, Yu. S. (2012). Characteristics of forests' stability and method for their identification. *Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine*, 22.3, 58–63 [in Ukrainian].
- Stojko, S. M. (2011). Global climate changes impact in the forest ecosystem in the Carpathians. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 9, 21-29 [in Ukrainian].
- Sukachev, V., & Dylis, N. (1964). *Fundamentals of forest biogeocoenology*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Syrota, O. (2021). Assessment of changes in the forest genetic reserves of Poltava region during the last 35 years. *Forestry and Forest Melioration*, 138, 49–58 [in Ukrainian].
- Tretyak, P., & Chernevyy, Ju. (2020). Matter and energy influence of forest vegetation on the environment. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 21, 11-21 [in Ukrainian].
- Yaroshenko, P. D. (1958) The forest steppe of the Soviet Far East and the nearby regions of Northeast China. In *Problems of Agriculture and Forest in the Far East* (No. 2). Vladivostok: Maritime Pub. House [in Russian].

Blystiv V. I., Malyuga V. M., Minder V. V., Syrota O. P. PRACTICAL APPROACHES TO DETERMINING THE DYNAMICS OF THE STABILITY OF STANDS OF BREEDING OBJECTS

The article analyzes the indicators that can be used to assess the biotic and ecological stability of forest stands. For breeding facilities, this issue is of relevance when prescribing reforestation measures in forest genetic reserves, assessing the stability when selecting plus stands, assessing selected permanent forest-seed plots to determine the volumes of their formation and tending activities in them and, in the future, their transfer to plus stands, as well as, in general, for isolation of a reserve fund from the forest environment.

The methods for assessing the stability of forest stands are based on determining the indicators of forest stand stability, calculated on the basis of tree mensuration in the study area (based on a trial plot) and the sanitary state of the trees. The basis for the determination is the complete tree enumeration and the scale of sanitary state used in production operations. The assessment of stand stability is based on the method of calculating the loss of stability (BC)), which was proposed to determine the stability of secondary spruce forests in fertile beech forest types and later adapted to assess the formation of the stability of hornbeam-beech stands. The issue of assessing the tension of a stand, using the growing space of the forest is addressed in the methods section of the dissertation work by V.M.Malyuga, 2020.

Using the values of the above indicators (KC, B6C, BeC), stands can be divided into 3 categories of stability: stable, conditionally stable and unstable. Appropriate forestry activities are proposed according to the categories. They require a special numeric-expressed substantiation, both in relation to the economic group of forest types, forest category, and for targeted activities or research areas – in this case, loss of stability of breeding facilities. Tension studies have shown that by using factors of environmental impact, the conditions are assessed as normal, non-tensioned and tensioned. To assess the indicator values of normal and weakened states, the basic scale of the assessment of biotic stability by stand indexes will be used. For the weakened state, three indexes are identified for the purpose of detailed planning of possible activities.

In forest breeding, the selection and formation of forest stands for stability will require parameter-defined indicators, in this case, the forest stand stability coefficient is used. The protective properties of the forest environment, identified with the preservation of genetic diversity, determined by the amount and quality of natural regeneration and associated with ecological stability, can be effectively

assessed by its loss according to the above method. The studies on the stand tension, using the factors of environmental impact, have shown that stands growing under tension are those that are somewhat overstocked ones. Pine stands grow optimally when they have a density range of 0.7–1.0. The rest of the stands grow without tension, but they do not make full use of growing space due to varying degrees of stand density. Such medium-stocked stands can be effectively used as selected and appropriately formed permanent forest-seed plots. Assessment of the stand state by impact factors makes it possible to record quantitative changes. The dynamics of areas in accordance with the changes of these indicators by periods characterizes the ecosystem changes (stages of development by successive process) and is important for the facilities of preservation of genetic diversity – especially forest genetic reserves.

Keywords: *stability assessment, tension index, gene pool preservation, sanitary state, area dynamics.*

Отримано: 2021-10-24

СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ ВОДООХОРОННИХ СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ У ВОЛОГИХ ПІГРОТОПАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

А. П. РАСЕНЧУК, аспірант*

e-mail: mr.rasenchuk@gmail.com

В. Ю. ЮХНОВСЬКИЙ, доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0003-3182-4347>, e-mail: yukhnov@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Наведено результати дослідження фракційного складу, будови і формування лісової підстилки у водоохоронних соснових насадженнях, які зростають у переважаючих вологих суборевих і сугрудових лісорослинних умовах Житомирського Полісся. Віковий діапазон насаджень коливається в межах 18–85 років. Встановлено, що водоохоронні соснові насадження у вологих пігротопах акумулюють значні запаси лісової підстилки, які коливаються від 33,0 т/га в молодняках до 77,0 т/га в стиглих насадженнях. Розподіл лісової підстилки за площею в більшості насаджень рівномірний, хоча в молодняках її більша частка нагромаджується у міжряддях. За складанням лісова підстилка чистих сосняків характеризується середньою щільною структурою, а в сосняках із домішкою листяних видів підстилка, зазвичай, пухкого складення, що зумовлено наявністю щорічного опалого листя у її верхньому горизонті. Потужність лісової підстилки у міжряддях молодняків коливається у межах 2,6–2,9 см без її чіткого розподілу на горизонти. У середньовікових насадженнях в профілі підстилки чітко виділяються горизонти. Загальна потужність підстилки становить 4,0–4,3 см. У пристигаючих і стиглих соснових насадженнях потужність профілю лісової підстилки коливається в межах 6,0–6,3 см. У насадженнях старших вікових груп лісова підстилка має переважно тришарову будову. Виявлено тренд інтенсивного нагромадження лісової підстилки в умовах вологого субору і сугруду до віку стиглості. У пристигаючих насадженнях нагромадження підстилки уповільнюється, у стиглих насадженнях процеси нагромадження і розкладання підстилки нівелюються. Встановлено тенденцію переважання активної частини і, відповідно, зменшення неактивної фракції підстилки у пристигаючих і стиглих насадженнях вологого сугруду порівняно із суборовими умовами, що свідчить про активніші процеси мінералізації підстилки в умовах вологого сугруду.

Ключові слова: склад насадження, вікова група, лісорослинні умови, опад, активна й неактивна фракції підстилки, потужність, мінералізація.

Актуальність. Лісова підстилка виконує багатогранну екологічно-меліоративну роль у лісових екосистемах. Вона запобігає розвитку ерозійних процесів через акумуляцію атмосферних опадів і їх трансформацію в підгрунтові води, зменшення фізичного випаровування вологи з ґрунту і промерзання його зимою, сприяє нагромадженню талих і атмосферних опадів та

їхньому переведенню в ґрунтові води. Упродовж усього вегетаційного періоду підстилка слугує своєрідним накопичувачем поживних речовин, які з часом переходять у ґрунт, що дає змогу підтримувати певний рівень його родючості. Крім збагачення ґрунту поживними речовинами, підстилка виконує роль мульчі (Svyrydenko et al., 2004).

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор В. Ю. Юхновський.

Водоохоронна функція підстилки заплавних лісів проявляється у запобіганні замуленню водних об'єктів, очищенні води від забруднювальних речовин і політантів, регулюванні рівнів води, стабілізації гідрологічного режиму територій. Лісова підстилка також є кормовою базою і середовищем існування ґрунтових безхребетних і мікроорганізмів і, як наслідок, поліпшує родючість лісового ґрунту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Роль лісової підстилки як біогеохімічного бар'єру, що затримує токсичні метали та відіграє провідну роль у здатності екосистем до саморегуляції, підкреслює Tsvetkova & Yakuba (2011).

Лісова підстилка виконує суттєву протиерозійну роль, вона поглинає в 2–6 разів більше води, ніж її маса; сприймає кінетичну енергію дощу і захищає ґрунт від руйнування; шорстка поверхня підстилки уповільнює швидкість стоку і кольматує ґрунт. З видаленням підстилки стік зростає, а водопроникність ґрунту зменшується в 5–10 разів (Gomuо & Kuraji, 2016).

Залежно від видового складу деревостанів формуються різні типи лісових підстилок, які відрізняються потужністю та швидкістю мінералізації (Bogatyrev, 1990). Інтенсифікація процесів мінералізації опаду і лісової підстилки сприяє підвищенню продуктивності лісових екосистем, оскільки за таких умов утворюються мінеральні сполуки азоту, фосфору, калію та інших елементів, які становлять харчовий раціон рослин.

Підстилка відіграє важливу роль не тільки в процесах кругообігу речовин в екосистемах, а й у процесах ґрунтоутворення і відображає зональні особливості географічного положення насаджень. Особливо багатогранною є лісомеліоративна роль лісової підстилки,

яка визначає водорегулювальні, водозатримувальні, водоочисні, ґрунтозахисні, протиерозійні та інші функції (Yukhnovskyi et al., 2013).

Опадом вважають щорічно опале листя, гілочки, сучки, кору, шишки, насіння та інші органічні рештки лісової рослинності. Кількість опаду залежить від видового складу рослин, віку, форми насадження (Yakuba, 2004; Solomatova, 2013).

Дослідники також вказують на пошарову будову лісової підстилки. Зокрема, Vyshenska et al. (2010) виділяють верхній шар підстилки, який складається зі ще не розкладеного свіжого опаду з чітко вираженими елементами – листям, корою, дрібними гілками, плодами тощо. Під ним розташований шар, до якого належать компоненти підстилки, які вже значно пошкоджені процесом розкладання, але невеликі частинки їх усе ще зберігають свою морфологічну структуру. Нижній шар підстилки є власне детритом, що виглядає більш-менш однорідною органічною масою темного кольору.

Фракційний склад лісової підстилки соснових насаджень досліджували Krylov (2013), Avramchuk & Bilous (2015), Kalynovskyi (2017), Kamsky & Shelest (2017), Xu et al. (2020), Golovetskyi et al. (2021), Maliuha et al. (2021), Novák et al. (2020), Minder et al. (2019) та ін. Підстилка у соснових насадженнях розкладається повільно, і швидкість її мінералізації зменшується з віком, про що також свідчать дослідження Corter (1998), Voron et al. (2018), Çömez et al. (2020) та ін. Меліоративні та протиерозійні властивості лісової підстилки соснових насаджень на яружно-балкових системах висвітлено у монографічній роботі Yukhnovskyi et al. (2013). Проте не вирішеним є питання будови лісової підстилки водоохоронних насаджень із

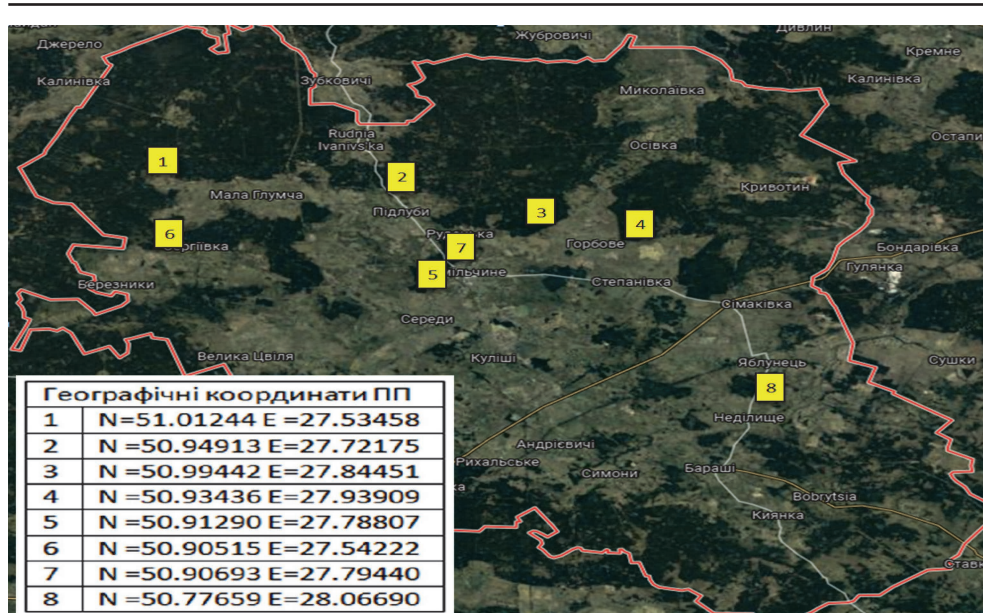


Рис. 1. Розташування об'єктів дослідження

головною породою сосною звичайною, панівна частка яких зростає у вологих гігروتопах Житомирського Полісся.

Метою дослідження стало встановлення будови, фракційного складу і формування лісової підстилки водоохоронних соснових насаджень, що зростають у вологих суборевих і сугрудових лісорослинних умовах Житомирського Полісся.

Матеріали і методи досліджень. Об'єктом дослідження обрано чисті й мішані штучні насадження сосни звичайної, які виконують водоохоронні функції. Для встановлення закономірностей формування лісової підстилки в умовах вологого субору та сугруду закладено вісім пробних площ (ПП) у різних вікових групах із переважаючими насадженнями сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), а також домішки до неї берези повислої (*Betula pendula* Roth.), дуба звичайного (*Quercus robur* L.), вільхи чорної (*Alnus glutinosa* L.) та липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.).

Пробні площі закладено у рівнинних умовах Житомирського Полісся в межах Ємільчинського району у лісовому фонді ДП «Ємільчинське лісове господарство» (рис. 1). Загалом об'єкти дослідження охоплюють сім лісництв підприємства.

Закладення пробних площ здійснювали в найбільш характерному місці кожного водоохоронного насадження за рекомендаціями Maurer et al. (2000). На пробних площах визначали лісівничо-таксаційні показники деревостану за загальноприйнятими у лісовій таксації методиками (Hrom, 2007). Характеристику водоохоронних насаджень за даними пробних площ наведено у табл. 1.

Віковий діапазон насаджень – у межах 18–85 років. У насадженнях вологого субору середні висоти коливаються у межах 7,0–27,0 м, із середнім діаметром від 8,4 до 31,5 см і запасом від 45 до 568 м³/га. В насадженнях вологого сугруду середня висота лежить у ширшому діапазоні і варіює

1. Лісівничо-таксаційна характеристика пробних площ за групами віку

Но- мер ПП	Місце розташування	Склад на- садження	Вік, років	ТЛУ	Пов- нота	Боні- тет	Середня висота, м	Середній діаметр, см	Запас, м ³ /га
<i>Молодняки (I)</i>									
1	Кочичинське л-во кв. № 36 вид. 4	8Сз2Бп	18	С ₃	0,72	I	8,1	12,2	65
2	Жужельське л-во кв. № 46 вид. 24	10Сз+Бп	18	В ₃	0,74	I	7,0	8,4	45
<i>Середньовікові (II)</i>									
3	Гартівське л-во кв. № 77 вид. 20	6Сз3Бп1Дз	28	В ₃	0,70	II	10,5	12,0	85
4	Королівське л-во кв. № 33 вид. 17	5Сз4Бп1Влч	22	С ₃	0,71	II	8,2	10,3	70
<i>Пристигаючі (III)</i>									
5	Смільчинське л-во кв. № 60 вид. 34	10Сз	66	В ₃	0,79	I ^a	25,0	32,1	568
6	Глумчанське л-во кв. № 66 вид. 29	8Сз1Бп1Влч	69	С ₃	0,81	I ^a	27,3	30,2	350
<i>Стиглі й перестійні (IV)</i>									
7	Смільчинське л-во кв. № 69 вид. 2	9Сз1Бп	85	В ₃	0,71	I	27,0	31,5	290
8	Барашівське л-во кв. № 8 вид. 44	9Сз1Лпд+Дз	85	С ₃	0,77	I ^a	30,4	36,2	424

в межах 8,1–30,4 м, середній діаметр – 10,3–36,2 см і запас 65–424 м³/га. Водоохоронні насадження у всіх лісорослинних умовах зростають за I^a–II класами бонітету. Всі дослідні об'єкти належать до модальних деревостанів, найбільш представлених у регіоні з повнотою 0,70–0,81.

Дослідження лісової підстилки здійснювали на облікових майданчиках, які закладали у насадженнях досліджуваних вікових груп на пробних площах. Облікові майданчики розміщували посередині міжряддя. Площу облікового майданчика вибирали залежно від вікової групи насадження і товщини лісової підстилки. Зазвичай вона становила 1 м² (1,0 × 1,0 м) або 0,5 м² (0,5 × 1 м). Товщину лісової підстилки вимірювали рулеткою від поверхні ґрунту. На обліковому майданчику відрізали ножем підстилку, обережно відокремлюючи кожен шар, висипали в пронумеровані контейнери,

а в лабораторних умовах розбирали на фракції (рис. 2).

Кожну фракцію в подальшому зважували на електронних вагах із точністю до 0,01 г, а для обчислення запасу лісової підстилки отримані дані перераховували на 1 га (Hordienko et al., 2000).

Результати дослідження та їх обговорення. Потужність підстилки, швидкість її розкладання та вивільнення хімічних елементів залежить від типу лісу, його віку, повноти деревостану, кліматичних і ґрунтових умов, особливостей едафотопу (ґрунтові умови, водний і тепловий режим тощо), участі у складі деревостану, крім хвойних, листяних деревних видів, наявності або відсутності трав'яного чи мохового покриву. Тому характеристику морфометричних показників лісової підстилки водоохоронних насаджень, яку відображено у табл. 2, проаналізовано з вищезазначеними



Рис. 2. Розподіл зразків лісової підстилки на фракції: а – процес розподілення на фракції; б – виділені фракції

2. Характеристика лісової підстилки водоохоронних соснових насаджень

Номер ПП	Група віку	Склад насаджень	Вік	Показники лісової підстилки					
				потужність, см	загальний запас, т/га	Запас за фракціями			
						активна		неактивна	
				т/га	%	т/га	%		
<i>Насадження вологого субору (В_з)</i>									
1	I	10Сз+Бп	18	2,9	33,0	20,8	63	12,2	37
3	II	6Сз3Бп1Дз	28	4,3	42,2	22,8	54	19,4	46
5	III	10Сз	66	6,0	64,8	41,5	64	23,3	36
7	IV	9Сз1Бп	85	6,0	77,0	55,4	72	21,6	28
<i>Насадження вологого сугруду (С_з)</i>									
2	I	8Сз2Бп	18	2,6	21,3	13,0	61	8,3	39
4	II	5Сз4Бп1Влч	22	4,0	31,7	20,0	63	11,7	37
6	III	8Сз1Бп1Влч	69	6,1	60,0	41,4	69	18,6	31
8	IV	9Сз1Лпд+Дз	85	6,3	82,5	60,2	73	22,3	27

лісівничими показниками – складом насадження і віковими групами.

Дані табл. 2 свідчать про інтенсивне нагромадження лісової підстилки в умовах вологого субору і сугруду до віку стиглості, де її потужність сягає 6-сантиметрової товщини. У пристигаючих насадженнях нагромадження підстилки уповільнюється, а у стиглих і перестиглих насадженнях залишається на одному рівні, тобто процеси нагромадження і розкладання підстилки

зрівнюються. Це узгоджується із дослідженнями Voron et al. (2018), Golovetskyi et al. (2021).

Потужність лісової підстилки у міжряддях молодняків коливається у межах і 2,6–2,9 см. Чіткого розподілу підстилки на горизонти ще не спостерігається, хоча наполовину мінералізований нижній шар простежується до 1,3 см, а верхній шар, який складається із опадів першого-другого років, має потужність 1,6–1,8 см. У його складі

домінує хвоя сосни звичайної з домішкою листя берези повислої та гілок.

У середньовікових водоохоронних насадженнях профілі вже чітко виділяються горизонти підстилки. Загальна потужність підстилки – 4,0–4,3 см. Нижній шар представлений напіврозкладеною органічною масою потужністю до 1,7 см, а середній шар – напівмінералізованими рештками хвої, листя і дрібного коріння сосни. Потужність цього горизонту становить 1,5–2,3 см, а верхнього шару – 1,0–1,5 см.

У пристигаючих і стиглих соснових насадженнях потужність профілю лісової підстилки коливається в межах 6,0–6,3 см відповідно. Нижній шар підстилки, товщиною 1,4–2,2 см, майже повністю розкладений. Середній шар підстилки представлений нерозкладеними гілочками, корою, хвоєю. Його потужність складає 2,0–2,4 см. Свіжий щорічний опад з гілочок, хвоїнок і шишок сосни вкриває поверхню лісової підстилки шаром у 2 см.

Розподіл лісової підстилки за площею в більшості насаджень рівномірний, тільки в молодняках спостерігається більше її нагромадження у

міжряддях. За складанням лісова підстилка чистих сосняків характеризується середньою щільною структурою. У соснових насадженнях з домішкою листяних видів підстилка, зазвичай, пухкого складення, що зумовлено наявністю щорічного опалого листя у її верхньому шарі.

Співвідношення активної і неактивної фракцій підстилки залежно від складу насадження наведено на рис. 3.

Аналіз даних рис. 3 виявив тенденцію переважання активної частини і, відповідно, зменшення неактивної фракції підстилки у пристигаючих і стиглих насадженнях вологого сугруду порівняно із суборовими умовами. Це свідчить про більш активні процеси мінералізації підстилки в умовах вологого сугруду, що передусім пов'язано з вищою трофністю ґрунту. Загалом, активна частина фракційного складу підстилки становить 54–73 %, а неактивна частина – 27–46 %.

Загальний запас лісової підстилки коливається від 33,0 т/га в молодняках до 77,0 т/га в стиглих насадженнях, що свідчить про збільшення лісового опадку з віком. Детальні зведені дані за-

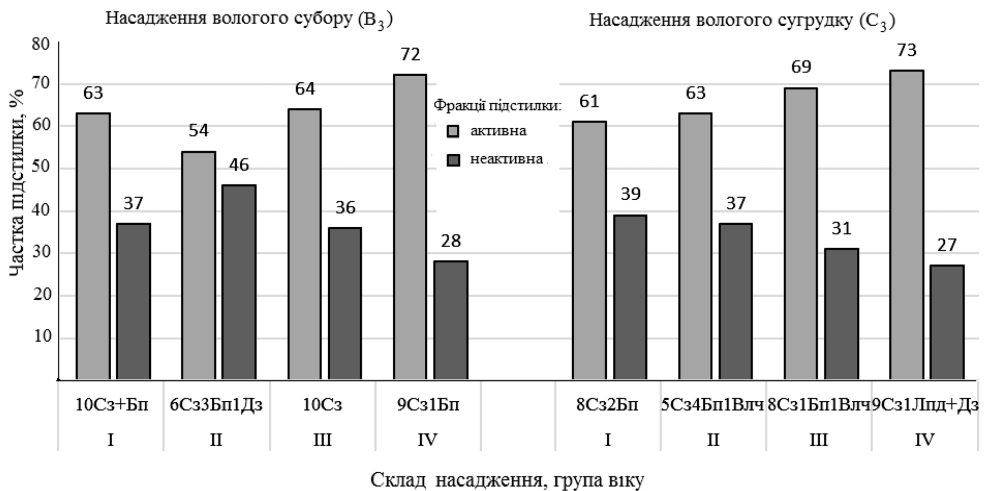


Рис. 3. Співвідношення активної і неактивної фракцій підстилки залежно від вікової групи і складу насадження

3. Узагальнені дані запасів за фракціями підстилки

Вікові групи і склад, вік та № ПП	Шар підстилки	Запас підстилки, т/га	Фракції підстилки, т/га				
			Неактивна частина		Активна частина		
			гілки	кора	шишки, хвоя	листя, трава, бруньки	коріння, труха, ентомофауна
<i>Насадження вологого субору (В₃)</i>							
Молодняки: 10Сз+Бп; А–18 років; ПП № 1	1-й	8,2	0,6	0,8	5,0	0,1	1,7
	2-й	24,7	0,6	0,7	4,4	0,1	19,0
	Σ	33,0	1,2	1,5	9,4	0,2	20,7
Середньовікові: 6Сз3Бп1Дз; Вік – 28 років; ПП № 3	1-й	12,0	0,6	0,6	7,6	1,5	1,6
	2-й	30,2	2,8	1,4	6,4	0,9	18,8
	Σ	42,2	3,4	2,0	14,0	2,4	20,4
Пристигаючі: 10Сз; А – 66; ПП № 5	1-й	11,2	3,5	1,1	4,2	0,8	1,5
	2-й	16,8	3,0	2,3	3,7	0,5	7,4
	3-й	36,8	2,0	1,9	1,9	-	31,0
	Σ	64,8	8,5	5,3	9,8	1,3	39,9
Стигли: 9Сз1Бп; А – 85.; ПП № 7	1-й	12,3	3,5	1,3	5,0	0,5	2,0
	2-й	18,6	1,8	2,4	3,8	0,6	10,1
	3-й	46,1	1,2	0,9	2,1	-	41,8
	Σ	77,0	6,5	4,6	10,9	1,1	53,9
<i>Насадження вологого сугруду (С₃)</i>							
Молодняки: 8Сз2Бп; А–18 років, ПП № 2	1-й	8,5	1,2	0,9	2,4	0,9	3,1
	2-й	12,9	0,5	1,1	2,3	0,5	8,4
	Σ	21,3	1,7	2,0	4,7	1,4	11,5
Середньовікові: 5Сз4Бп1Влч А– 22 р. ПП № 4	1-й	10,9	2,2	1,0	3,2	1,8	2,6
	2-й	20,8	1,6	1,4	2,2	2,6	13,0
	Σ	31,7	3,8	2,4	5,4	4,4	15,6
Пристигаючі: 8Сз1Бп1Влч; А – 69 років; ПП № 6	1-й	12,2	2,7	2,3	3,1	2,2	2,0
	2-й	15,1	2,0	1,6	2,7	1,0	7,6
	3-й	32,7	1,3	1,1	1,8	0,2	28,4
	Σ	60,0	6,0	5,0	7,6	3,4	38,0
Стигли: 9Сз1Лпд+Дз; А – 85; ПП № 8	1-й	16,6	3,0	2,1	4,8	2,5	4,2
	2-й	23,8	2,2	1,6	3,8	1,6	14,6
	3-й	42,1	1,4	1,5	1,9	0,6	36,6
	Σ	82,5	6,6	5,2	10,6	4,7	55,5

пасів за фракціями підстилки наведено у табл. 3.

Дані табл. 3 свідчать про те, що в молодняках та середньовікових насадженнях вологого субору та сугруду підстилка має двошарову будову. В першому шарі домінує неактивна частина з гілок, кори, шишок і хвої, частка якої в умовах вологого субору і сугруду першої вікової групи становить

6,4 т/га (78,0 %) і 4,5 т/га (53,0 %), у середньовікових відповідно 8,8 т/га (73,3 %) і 6,4 т/га (58,7 %). У другому шарі підстилки I та II вікової групи вже домінує активна частина з великою кількістю трухи, яка в 3–4 рази перевищує неактивну частину лісової підстилки.

Із віком підстилка набуває тришарової будови. Це явище очевидне у

зв'язку із нагромадженням підстилки і її розподілу на горизонти. Чітко простежується тренд збільшення фракції активної підстилки у пристигаючих та стиглих насаджень вологого сугруду, що свідчить про активніші процеси її мінералізації на відмінну від водоохоронних соснових насаджень вологого субору.

Висновки і перспективи. Водоохоронні соснові насадження в умовах вологого субору і сугруду акумулюють значні запаси лісової підстилки, які коливаються від 33,0 т/га в молодняках до 77,0 т/га в стиглих насадженнях.

Розподіл лісової підстилки за площею в більшості насаджень рівномірний, тільки в молодняках спостерігається більше її нагромадження у міжряддях. За складанням лісова підстилка чистих сосняків характеризується середньою щільною структурою, а в сосняках із домішкою листяних видів підстилка, зазвичай, пухкого складення, що зумовлено наявністю щорічного опалого листя у її верхньому горизонті.

Потужність лісової підстилки у міжряддях молодняків коливається у межах та 2,6–2,9 см без її чіткого розподілу на горизонти. У насадженнях старших вікових груп спостерігається

чіткий розподіл лісової підстилки на горизонти. Лісова підстилка має переважно тришарову будову. Верхній шар підстилки складається зі ще нерозкладеного свіжого опаду хвої, листя, кори, дрібних гілок, плодами. Потужний другий напіврозкладений шар підстилки насичений корінцями сосни, хвої, рештками ентомофауни, але невеликі частинки їх усе ще зберігають свою морфологічну структуру. Нижній шар підстилки є власне детритом, що виглядає більш-менш однорідною органічною масою темного кольору.

Виявлено тренд інтенсивного нагромадження лісової підстилки в умовах вологого субору і сугруду до віку стиглості, де її потужність сягає 6 см товщини. У пристигаючих насадженнях нагромадження підстилки уповільнюється, а у стиглих насадженнях залишається на одному рівні, тобто процеси нагромадження і розкладання підстилки нівелюються.

Встановлено тенденцію переважання активної частини і, відповідно, зменшення неактивної фракції підстилки у пристигаючих і стиглих насадженнях вологого сугруду порівняно із суборовими умовами, що свідчить про активніші процеси мінералізації підстилки в умовах вологого сугруду.

Список літератури

- Avramchuk, O. O., & Bilous, A. M. (2015). The Estimation of Litter Mortmass of Pine Forests in Kiev Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 25.3, 50–55 [in Ukrainian].
- Bogatyrev, L. (1990). About classification of forest litters. *Soil science*, 3, 118–127 [in Russian].
- Corter, J. (1998). Field decomposition of leaf litters: relation-ships between decomposition rates and soil moisture, soil temperature and earthworm activity. *Soil Biol. Biochem*, 30(6), 783–793.
- Çömez, A., Güner, S., & Tolunay, D. (2020). The effect of structural and environmental changes on litter decomposition of in *Pinus sylvestris* stands. *Research Square*, 1–19. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-50741/v1>
- Golovetskyi, M., Urliuk, Y., & Yukhnovskiy, V. (2021). *Water protection pine plantations of the Ukrainian interfluvium of the Dnieper and Desna rivers*. Kyiv: Condor Publishing House.
- Gomyo, M., & Kuraji, K. (2016). Effect of the litter layer on runoff and evapotranspiration using the paired watershed method. *Journal of Forest Research*, 21(6), 306–313. <https://doi.org/10.1007/s10310-016-0542-5>
- Hordienko, M., Maurer, V., & Kovalevskiy, S. (2000). *Method instructions of study and research of forest plantations*. Kyiv: National Agricultural University [in Ukrainian].
- Hrom, M. M. (2007). *Forest assessment*. Lviv: UNFU [in Ukrainian].

- Kamsky, T., & Shelest, Z. (2014.) *Methodical aspects of determination of forest stock and poer bedding*. Zhytomyr: Zhytomyr State Technological University [in Ukrainian].
- Kalynovskyi, N. V. (2017). *Bioindication of Ecological Condition of Pine Forest Stands in Zhytomyr Polissya*. Zhytomyr: Zhytomyr National Agroecological University.
- Krylov, Ya. (2013). Meliorative characteristics of forest litter of oak erosion stands. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23 (17), 43–48 [in Ukrainian].
- Maliuha, V., Khryk, V., Minder, V., Kimeichuk, I., Raduchych, M., Rasenchuk, A., Brovko, F., & Yukhnovskyi, V. (2021). Fractional composition and formation of forest litter in scots pine plantations on ravine-gully systems and the plain of the Central part of Ukraine. *Forestry ideas*, 27, 1 (61), 89–100.
- Maurer, V., Brovko, F., & Pinchuk, A. (2000). *Guidelines for the study and research of forest crops*. Kyiv: National Agricultural University [in Ukrainian].
- Minder, V., Maliuha, V., & Yukhnovskyi, V. (2019). *Meliorate properties of park stands in the conditions of complex relief*. Kyiv: Kondor publishing [in Ukrainian].
- Novák, J., Kacálek, D., & Dušek, D. (2020). Litterfall nutrient return in thinned young stands with *Douglas fir*. *Cent. Eur. For. J.*, 66, 78–84. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0006>
- Solomatova, E. (2013). Fractional and component composition of forest litters of spruce-bilberry forests in Eastern Fennoscandia. *Forest science*, 6, 37–46.
- Svyrydenko, V., Babich, O., & Kyrychok, L. (2004). *Forestry*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
- Tsvetkova, N., & Yakuba, M. (2011). *Role of forest's ground litter in accumulation and distribution of heavy metals in ecosystems of the middle part of Prysamary Dnieper*. Dnipro: Dnipropetrovsk National University [in Ukrainian].
- Vyshenska, I., Zhovtenko, A., & Didukh, Ya. (2010). Methodological aspects of the forest bedding energy storage estimation. *Biology and Ecology*, 106, 40–45 [in Ukrainian].
- Voron, V., Sydorenko, S., & Tkach, O. (2018). Structure of forest litter as an indicator of potential fire risk in the pine forests of Polissya, Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, 132, 115–123 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.132.2018.115>
- Xu, X., Sun, Y., Sun, J., Cao, P., & Ruan, H. (2020). Cellulose dominantly affects soil fauna in the decomposition of forest litter: A meta-analysis. *Geoderma*, 375, 114508. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114620>
- Yakuba, M. (2004). Characteristics of forest litter of biogeocenoses of Prysamary Dnieper. *Issues of steppe forestry and forest land reclamation*, 8 (33), 47–54 [in Ukrainian].
- Yukhnovskyi, V., Dudarets, S., Maliuha, V., & Khryk, V. (2013). *Anti-erosion forest plantations of ravine-gully systems*. Kyiv: Kondor publishing [in Ukrainian].

Rasenchuk A. P., Yukhnovskyi V. Yu.
STRUCTURAL PECULIARITIES OF FOREST LITTER
IN WATER PROTECTIVE PINE STANDS IN WET SITES OF ZHYTOMYR POLISSIA

The results of the study of the fractional composition, structure and formation of forest litter in water protection pine plantations, which grow in the predominant moist forest vegetation conditions of Zhytomyr Polissia, are presented. The age range of stands varies between 18 and 85 years. It is established that water-protected pine stands in wet hygrotopes accumulate significant reserves of forest litter, which ranges from 33.0 t/ha in young plantations 77.0 t/ha in mature stands. The distribution of forest litter throughout area in most stands is uniform, although in young plantations its greater share is accumulated between rows. In terms of composition, the forest litter of pure pines is characterized by a medium dense structure, and in pines with an admixture of deciduous species, the litter is usually loose, due to the presence of annual fallen leaves in its upper horizon. The thickness of forest litter between rows of young plantations varies within and 2.6-2.9 cm without its clear distribution on the horizons. In medieval plantations, the horizons of the litter are already clearly distinguished. The total thickness of the litter is 4.0–4.3 cm. In the pre mature and mature pine stands the thickness of the forest litter profile varies between 6.0–6.3 cm. In the stands of older age groups the forest litter has mainly a three-layer structure. The trend of intensive accumulation of forest litter in the conditions of wet boreal and sub boreal conditions with the age of maturity is revealed. In pre mature plantations, the accumulation of litter slows down and in mature plantations; the processes of accumulation and decomposition of litter are leveled. The tendency of predominance of the active part and, accordingly, reduction of the inactive fraction of litter in the pre mature and mature plantations of wet sub boreal site compared to boreal conditions is indicated, which indicates more active processes of mineralization of litter in wet subboreal conditions.

Keywords: stand composition, age group, forest vegetation conditions, litterfall, active and inactive litter fractions, capacity, mineralization.

Отримано: 2021-11-03

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПАРКІВ-ПАМ'ЯТОК САДОВО-ПАРКОВОГО МИСТЕЦТВА ДРУГОЇ ПОЛОВИНИ XX СТОЛІТТЯ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

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

Проаналізовано формування парків-пам'яток садово-паркового мистецтва (ППСПМ) в історичному аспекті. На Українському Поліссі у другій половині XX ст. створено 11 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва: два загальнодержавного і дев'ять місцевого значення. Призначення ППСПМ – охорона та збереження найбільш визначних і цінних зразків паркового будівництва з метою їхньої використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних та оздоровчих цілях. Мотивацією до створення ППСПМ було збереження, відтворення та збагачення в умовах Українського Полісся дендрорізноманіття. У парках висаджували технічні, швидкорослі, рідкісні, цінні для лісового та садово-паркового господарства види деревних рослин із подальшим використанням їх із науковою та господарською метою. Частина насаджень у парках були пам'ятними, ювілейними або присвяченими знаменним подіям (річниці Жовтневої революції та дню народження В. І. Леніна). На Українському Поліссі є три парки, що створено на основі наявних дубових насаджень («Клеванський парк», «Парк Антонівка», «Бондарецький»), один – на основі штучних насаджень з *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill. («Овруцький»). Три парки культури і відпочинку («Городнянський», «Високівський», «Слов'янський», зокрема лугопарк «Слов'янський»), дитячий парк («Бондарецький»), чотири дендропарки («Дубечненський», «Байрак», «Новоставський парк», «Жорнівський») з часом трансформувались або їм було надано статус ППСПМ. За розміщенням у планувальній структурі населених пунктів виділяють загальноміські, сільські та районні парки. За розмірами є ППСПМ малі, середні, великі з зірчастою, осьовою, віялоподібною, петельною, хрестоподібною та комбінованою планувальною структурами. У чотирьох ППСПМ є штучні та природні водойми, фонтан. П'ять парків є комбінованими (меморіальний та парк культури і відпочинку), де зосереджено меморіальні комплекси, пам'ятники, обеліск. Насадження парків представлені групами, солітерами, алеями, рядовими посадками, живоплотами, іноді галями та масивами. На території 11 ППСПМ зростає 176 видів деревних рослин, із них 119 занесені до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи. У чотирьох парках від початку створення збільшилась кількість видів на 75–129 %, у шести парках дендрорізноманіття зменшилось, залишилось від 29 до 87 % видів деревних рослин, серед них 66–94 % дендрораритети. 11 ППСПМ є цінними осередками дендрорізноманіття та унікальних насаджень Українського Полісся, прикладом формування дидактичних, етнографічного, меморіальних, дитячого, культури та відпочинку, комбінованих парків, які потребують подальшої охорони та розширення площі й колекції. Деякі парки потребують реконструкції насаджень.

Ключові слова: історія, парк, види, планувальна структура.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Охоронні території є ключовими для збереження біорізноманіття. Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва (ППСПМ) є частиною природного та штучного ландшафту, де відбуваються зміни внаслідок антропогенних дій, а також під впливом абіотичних та біотичних факторів. Діяльність людини із часом перетворюється на історію, а створені нею ландшафти стають культурною спадщиною. Відновлення та збереження ландшафтів, цінних насаджень і рідкісних видів деревних рослин мають велике значення для майбутніх поколінь (WWF Ukraine, 2020).

На Українському Поліссі було проведено низку досліджень у різних напрямках. Savoskina & Porovuch (2019) проаналізували структурний флористичний аналіз видового складу дендрозооекзотів, зокрема вікових дерев, з'ясували роль дендрозооекзотів у ландшафтному фітодизайні, описали історію мережі паркобудівництва. Pokotylova (2018) дослідила екологічну та географічну структури дендрофлори 25 штучних заповідних парків Рівненської області, частина з яких розташована на Українському Поліссі. Kotsun et al. (2010) розглянули історію створення, композиційну побудову, видовий склад ППСПМ Волинського Полісся XIX ст. – «Здоров'я», «Літинський», «Любешівський», «Макаревичівський» та XX ст. – «Дубечне». Klumenko (2010) встановлено сучасний склад видів і культиварів старовинних ППСПМ Полісся «Здоров'я», «Івницький», «Городницький», зроблено розподіл їхньої озелененої площі за типами садово-паркових ландшафтів. Розглянуто історичні особливості формування мережі ППСПМ Українського Полісся протягом XVII–XX ст. (Savoskina, 2015). Досліджено сучасний стан ППСПМ «Байрак» (Волин-

ська область) (Kotsun, Kuzmishyna & Kotsun, 2010), узагальнено результати досліджень видового складу та біоecологічних особливостей *Pinopsida* (Tsikhotska & Kotsun, 2011), розроблено модельну екологічну стежку (Dzyba & Pokotylova, 2016), функціональне зонування та виокремлено цінності парку «Байрак» (Pokotylova & Dzyba, 2016). Проаналізовано стан 14 ППСПМ та їх репрезентативність у Волинській області, серед них вісім парків, що зосереджені на Українському Поліссі: «Байрак», «Дубечненський», «Здоров'я», «Літинський», «Любешівський», «Макаревичевський», «Садиба Липинського», «Слов'янський» (Boiarun, Voloshyn & Tsos, 2020). На Київському Поліссі досліджено вікові дерева ППСПМ «Жорнівський» (Kushnir, Sukhanova & Snihyr, 2016). На Чернігівському Поліссі проведено порівняльний аналіз дендрофлори ботанічної пам'ятки природи «Сквер Городнянський» та ППСПМ «Городнянський» (Dzyba & Shytiuk, 2015). На Волинському Поліссі досліджено дендрофлору ППСПМ «Клеванський парк» (Dzyba, 2016), в історичному аспекті формування ППСПМ «Новоставський дендропарк» (Dzyba, 2020). Sherstiuk & Porovuch (2018) проаналізували репрезентативність автохтонних дендрозоофітів на охоронних територіях Українського Полісся, визначили їхню роль у формуванні фітокомпозицій. Отже, на Українському Поліссі комплексного дослідження саме ППСПМ другої половини XX ст. не було проведено. Окрім того, ППСПМ є складовою історичного середовища, які з часом трансформуються, що може призвести до зміни їхньої планувальної структури та дендрорізноманіття, тому нині актуальним є виявлення особливостей формування згаданих ППСПМ упродовж 70 років.

Мета дослідження – виявити особливості формування (історія, планувальна структура, види насаджень, дендрофлора) парків-пам'яток садово-паркового мистецтва другої половини ХХ ст. Українського Полісся на основі проведеної інвентаризації.

Матеріали та методи досліджень. Застосовано системний підхід і порівняльний аналіз фактичного матеріалу. Дослідження проводили у три етапи. Перший етап – вивчення архівних матеріалів. Другий – рекогносцирувальний, обстеження планувальної структури парків маршрутним методом і групування відповідно до опорної композиції дорожньо-стежкової мережі (осьова, хрестоподібна, зірчаста, віялоподібна, петельна та комбінована) (Rudenko, Elenskaia, Aleksandrov, Herasymchuk & Potaeв, 1980). Третій етап – детально-маршрутний, під час якого інвентаризували деревні рослини, уточнювали їхній вид (Spohn & Spohn, 2014; Kokhno et al., 2001), ви-

дову назву – відповідно до міжнародної класифікації (World Flora Online, 2021). Види деревних рослин перевіряли на належність їх до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи (ЧС МСОП) (The IUCN Red List, 2021). Виокремлювали види зелених насаджень у ППСМ (алеї, солітери, групи, гаї, масиви, живоплоти) (Bohovaia & Fursova, 1988).

Результати дослідження та їх обговорення. Було досліджено 11 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва (ППСПМ) Українського Полісся, що створені протягом останніх п'ятдесяти років ХХ ст. ППСМ зосереджені у п'яти областях: Волинській («Дубеченський», «Байрак», «Слов'янський»), Рівненській («Новоставський дендропарк», «Клеванський парк», «Парк Антонівка»), Житомирській («Високівський», «Бондарецький», «Овруцький»), Київській («Жорнівський»), Чернігівській («Городнянський») (рис. 1). Серед них ППСМ «Дубеч-

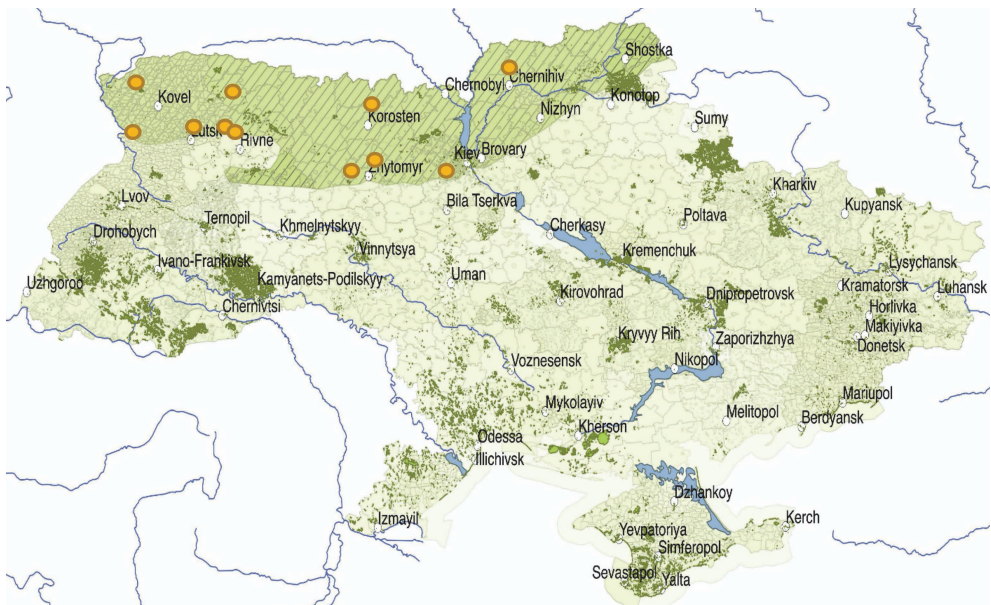


Рис. 1. Парки пам'ятки садово-паркового мистецтва другої половини ХХ ст. Українського Полісся



Рис. 2. ППСМ «Дубечненський»

ненський», «Байрак» – загальнодержавного значення, інші ППСМ – місцевого значення.

За розміщенням у планувальній структурі населених пунктів це загальноміські, сільські та районні парки. Підходи до створення парків різняться. Виокремлено парки, що створено на основі наявних насаджень, як парки культури і відпочинку, лугопарк, дитячий парк, дендропарки, що з часом трансформувались або яким було надано статус ППСМ. «Клеванський парк», «Парк Антонівка», «Бондарецький» створено на основі діброви, з метою збереження насаджень *Quercus robur* L. віком понад 100 років, «Овруцький» – на основі штучних насаджень з *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., вони слугують нині місцями відпочинку для мешканців громад. «Бондарецький» було трансформовано у дитячий парк на території дитячого табору, нині не функціонує. «Дубечненський», «Байрак», «Новоставський парк», «Жорнівський» – дендропарки, що з часом трансформувались у ППСМ, причому площа «Новоставського парку» зменшилась у 20 разів. «Високівський», «Городнянський», «Слов'янський» – парки культури і відпочинку, а частина

ППСМ «Слов'янський» є також лугопарком.

ППСМ «Дубечненський» (с. Дубечне, Ковельський район Волинської області) було створено протягом чотирьох років із 1956 до 1960 рр. за ініціативою заслуженого лісничого України А. Л. Дмитрука (Kotsun et al., 2010). За цей час було висаджено 123 види автохтонних та інтродукованих деревних рослин, зокрема *Chamaecyparis pisifera* Sieb. Zuss., *Catalpa bignonioides* Walter., *Platanus occidentalis* L., *Fagus sylvatica* L. та ін. Статус ППСМ загальнодержавного значення надано відповідно до Указу Президента України № 715/96 від 20.08.1996 р. (The protection obligation № 24, 2012). Площа становить 2 га (Дубечнівське лісництво, квартал 29, виділ 24 (площа 1,1 га) та квартал 30, виділ 27 (площа 0,9)) (рис. 2, б). На території ППСМ «Дубечненський» є штучна водойма (рис. 2, в). Планувальна структура комбінована (рис. 2, а). У парку виявлено такі види насаджень: групи, солітери, рядові посадки з *Picea abies* Karst., *Picea engelmannii* Parry ex Engelm., алеї з *Thuja occidentalis* L., *Chamaecyparis pisifera* Sieb. Zuss., *Tilia cordata* Mill. Нині дендрофлору парку представлено 64 видами деревних рослин (21 родина, 45 родів). 51 вид належить



Рис. 3. ППСМ «Бондарецький»

до ЧС МСОП (рис. 6), серед них *Juglans cinerea* L. – до категорії таких, що зникають (EN), *Aesculus hippocastanum* L. – уразливий (VU).

ППСПМ «Бондарецький» (с. Бондарці, Житомирський район Житомирської області). Площа парку становить 1,8 га (Корабельне лісництво, квартал 20, виділ 4 (рис. 3, б)). Це колишня ділянка лісових насаджень Корабельного дубового гаю, яку було трансформовано під насадження дитячого парку як місця відпочинку і оздоровлення дітей. Статус ППСМ надано рішенням Житомирського облвиконкому № 149 від 31.03.1964 р. На початок реконструкції парку (1964 р.) зростав 21 вид деревних рослин, серед яких шість екземплярів 600-річних *Quercus robur* L., 75 екземплярів 100-річних *Quercus robur* L., 40 екземплярів 100-річних *Acer platanoides* L., 50 екземплярів 100-річних *Carpinus betulus* L., п'ять екземплярів *Tilia cordata* Mill., а також *Aesculus hippocastanum* L., *Acer negundo* L., *Picea abies* Karst. (алея) та інші види віком 15–40 років (Passport № 36, 1970).

Нині на території парку зростають 18 видів деревних рослин (вісім родин, 14 родів) віком від 50 років у групах

та як солітери *Quercus robur* L., *Carpinus betulus* L. (рис. 3, в), *Populus nigra* L. Найстаріші – 430-річні *Quercus robur* L., 170-річні *Carpinus betulus* L. Планувальна структура парку осьова (рис. 3, а). 17 видів деревних рослин належить до ЧС МСОП (рис. 6), 14 видів мають категорію низького ризику (LC).

ППСПМ «Овруцький» (м. Овруч, Коростенський район Житомирської області) (рис. 4, б). Площа – 1,2 га. Статус ППСМ надано відповідно до рішення Житомирського облвиконкому № 149 від 31.03.1964 р. (The protection obligation, 2010). На початок створення парку зростало 15 видів деревних рослин. Парк має зірчасту планувальну структуру (рис. 4, а), у центрі розташовано фонтан. Насадження представлено групами переважно з *Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. (рис. 4, в), рядовими посадками з *Picea abies* Karst. Вік *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L. та деяких *Tilia cordata* Mill. становить 130–180 років. Кількість видів дотепер є незмінною – 15, усі 9 родин і 12 родів належать до ЧС МСОП (рис. 6).



Рис. 4. ППСМ «Овруцький»

1. Характеристика ППСМ другої половини ХХ ст. Українського Полісся

ППСПМ	Площа парку на початок створення	Площа, га	Рік створення, реконструкції	Рік надання статусу	Стиль планування	Наявність водойми, фонтан	Наявність меморіалу, пам'ятника, обеліска, музею	Походження насадження	Види насаджень
Дубечненський	2,0	2,0	1956–1960	1996	к	+	–	ш	гр, а, с, ж
Байрак	13,0	13,0	1975–1977	1996	к	+	+	ш	гр, а, с, ж, г, р
Слов'янський	27,53	27,53	1988	1997	к	+	+	ш	гр, а, с, р, ж
Новоставський дендропарк	30,0	1,5	1967	1972	р	–	– (був)	ш	гр, а, с, ж
Клеванський парк	7,0	7,0	1967	1967	л	–	+	п	гр, м
Парк Антонівка	9,7	9,7	1993	1993	л	–	+	п	гр, м, ж
Високівський	6,55	6,55	1963	1973	р	+	+	ш	гр, а, с
Бондарецький	1,8	1,8	1963	1963	л	–	–	п	гр
Овруцький	1,2	1,2	1964	1964	р	+(ф)	+	ш	гр, р
Жорнівський	5,2	5,2	1969–1972	1972	к	–	–	ш	гр, ж, с, м
Городнянський	10,0	10,0	1959–1966	1972	р	–	–	ш	гр, а, р, г

Примітка: структура планування – р (регулярна), л (ландшафтна), к (комбінована); походження насаджень – ш (штучне), п – (природне); види насаджень – гр (групи), а (алеї), с (солітери), р (рядова посадка), ж (живоплоти), г (гай), м (масив); ф – фонтан.

ППСПМ «Парк Антонівка» (с. Антонівка, Вараський район Рівненської області). Площа – 9,7 га. Парк влаштовано на основі насаджень із *Quercus robur* L. віком понад 100 років, із метою

їхнього збереження (Passport № 2MSPM, 1995). Створений згідно з рішенням Рівненської облради № 33 від 28.02.1995 р. (Antonova et al., 2008). Нині парк слугує місцем відпочинку мешканців гро-



Рис. 5. ППСМ «Парк Антонівка»

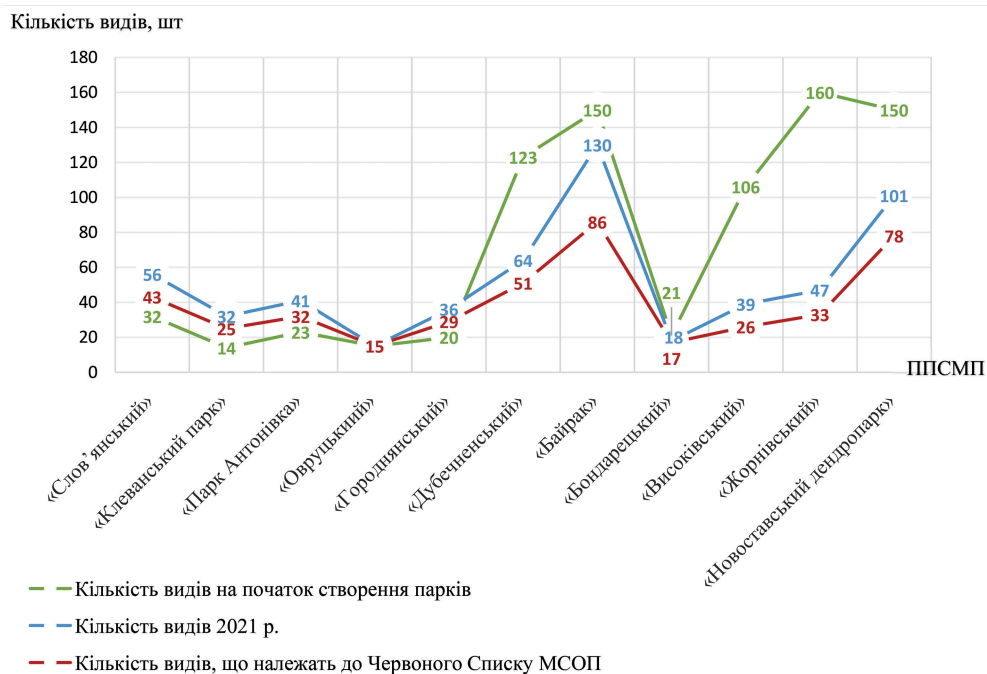


Рис. 6. Динаміка зміни кількості видів у ППСМ другої половини ХХ ст.

мади. Планувальна структура комбінована. У південній частині парку є пам'ятник воїнам, загинлим під час Другої світової війни. На території парку трапляються такі види насаджень, як масив, групи, живоплоти (табл. 1). На початок створення парку було 23 види

деревних рослин. Нині на території парку зростає 41 вид деревних рослин (15 родин, 29 родів), із яких 32 види належать до ЧС МСОП (рис. 6) (категорія низького ризику (LC) – 31 вид).

ППСПМ «Новоставський дендропарк» (с. Новостав, Рівненський район



Рис. 7. ППСІМ «Новоставський дендропарк»

Рівненської області) (рис. 7, б). Площа – 1,5 га. Створення дендропарку почалося у 1967 р. (Новоставське лісництво, квартал 39, виділ 22). Територія дендропарку охоплювала садибу лісництва з будівлями (0,8 га), теплично-парникове господарство (0,2 га), дендропарк (4,0 га), лісовий масив із *Pinus sylvestris* L. понад 100 років (25 га) та малі архітектурні форми. Площа дендропарку становила 30 га. Парк був розбитий на сектори, в яких висаджено групи з *Larix* Mill., *Pinus* L., *Acer* L., *Fraxinus* L., *Juglans* L. Вздовж доріжок влаштовано пам'ятні алеї: «Дружби», «Радості», «Щастя», «Юннатів», «Учасників Все-союзного семінару» чисті з *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop., *Quercus rubra* L., *Juglans* L. і комбіновані з *Tilia tomentosa* Moench. та *Acer platanoides* L.; *Betula pendula* Roth. та *Picea abies* Karst., *Acer platanoides* L., *Aesculus hippocastanum* L. та *Acer negundo* L., *Tilia cordata* Mill. На перетині доріжок у центрі було встановлено пам'ятник, який із часом прибрали. Статус ППСІМ «Новоставський дендропарк» надано рішенням Рівненського облвиконкому № 317 від

20.06.1972 р. і № 343 від 22.11.1983 р. (Dzyba, 2020). Планувальна структура дендропарку – зірчаста (рис. 7, а). На початок створення парку було висаджено 150 видів деревних рослин, деякі з них збереглися донині (рис. 7, в). Проте з часом їхня кількість поступово зменшувалась: у 1983 р. – 130 видів, у 2020 р. – 101 вид (24 родини, 57 родів), із них 78 видів належить до ЧС МСОП (66 видів – категорія низького ризику (LC), *Aesculus hippocastanum* L. – категорія уразливий (VU), *Platycladus orientalis* (L.) Franco та *Fraxinus excelsior* L. перебувають майже під загрозою зникнення (NT), *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. – під критичною загрозою зникнення (CR), *Juglans cinerea* L., *Malus niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne. належать до категорії таких, що зникають (EN), 6 видів – до категорії DD.

ППСПМ «Байрак» (сmt Рокині, Луцький район Волинської області). Ініціатор створення дендрологічного парку – П. С. Теслюк (директор Державної сільськогосподарської станції). Проєкт дендропарку було розроблено у 1974 р. Волинським філіалом Діпроміста (автор – В. А. Тупіца) (Kotsun,

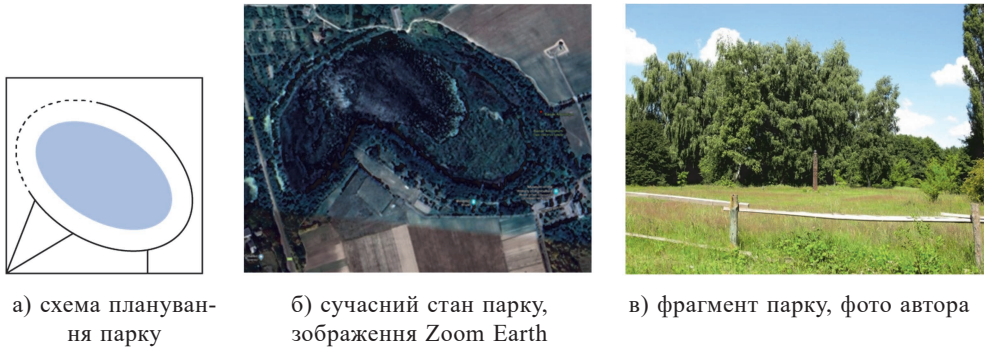


Рис. 8. ППСМ «Байрак»

Kuzmishyna & Kotsun, 2010). Протягом 1975–1977 рр. було закладено «Рокитнівський дендрологічний парк» на території обласного науково-виробничого об'єднання «Еліта» на площі 13 га та висаджено 250 видів деревних рослин (Pokotylova & Dzyba, 2016). З 1990 р. дотепер ППСМ «Байрак» охороняється, підпорядкований Музею історії сільського господарства Волині – Скансен і став складовою експозиції просто неба. Статус ППСМ загальнодержавного значення «Байрак» надано Указом Президента України № 715/96 (додаток 3) від 20.08.1996 р. На території ППСМ «Байрак» є п'ять садово-паркових ландшафтів: лісовий, лучний, парковий, садовий і регулярний (Dzyba & Pokotylova, 2016). В основі композиційної побудови парку переважає пейзажний стиль, з елементами регулярного у партерній частині (Kotsun, Kuzmishyna & Kotsun, 2010). Основні насадження утворюють масиви лісового та паркового типу, які слугують фоном для груп і солітерів (Tsinhotska & Kotsun, 2011).

Планувальна структура ППСМ – петельна (рис. 8, а, б). Насадження представлені, алеями, галями, солітерами, живоплотами, рядовими посадками, групами (рис. 8, в). З початку створення парку кількість видів дерев-

них рослин постійно зменшувалась, зокрема у 2010 р. на території ППСМ «Байрак» зростали 143 види деревних рослин (Pokotylova & Dzyba, 2016), а нині є 130 видів деревних рослин (30 родин, 73 роди), з яких 86 видів належать до ЧС МСОП.

ППСМ «Слов'янський» (м. Володимир-Волинський, Володимир-Волинський район Волинської області). У 1988 р. створено парк «Слов'янський» (проект розроблено Львівською проектно-реставраційною майстернею з реставрації пам'ятників історії і культури) на території низинного (евтрофного) болота на площі 27,53 га, яке є заплавою річки Луга між річками Риловиця і Смочче. У верхній частині парку, що прилягає до заплави річки на площі 10,2 га, влаштовано парк культури і відпочинку, в іншій частині – лугопарк (перебуває у природному стані). Пішохідні доріжки – переважно з піску, тож вони не впливають на природний стан і рослинний світ цієї території. У 1988 р. споруджено «Княжу алею», встановлено скульптури давньоруських князів. У парку є також пам'ятник Т. Г. Шевченку. Статус ППСМ надано відповідно до рішення обласної ради № 12/4 від 04.11.1997 р. На території парку діють два «Слов'янські джерела» (пам'ятки при-



Рис. 9. ППСМ «Слов'янський»

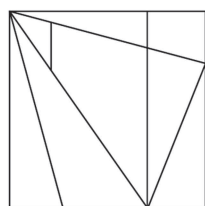
роди місцевого значення, рішення облвиконкому № 134 від 18.03.1982 р.) (Regulations, 1999).

Планувальна структура ППСМ «Слов'янський» – комбінована (осьова та віялоподібна) (рис. 9, а, б). На території є такі види насаджень: алеї, групи (рис. 9, в), рядові посадки, солітери, живоплоти (табл. 1). Нині зростають 56 видів деревних рослин (*Thuja occidentalis* L., *Larix decidua* Mill., *Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière., *Fraxinus angustifolia* Vahl., *Cercidiphyllum japonicum* Siebold & Zucc. ex J. J. Hoffm. & J. H. Schult.bis., *Juglans regia* L. та ін.). 43 види – належать до ЧС МСОП (рис. 6), із них 37 видів мають категорію низького ризику (LC).

ППСПМ «Клеванський парк» (сmt Клевань, Рівненський район Рівненської області). Площа – 7 га. Клеванський парк у 1967 р. взято під охорону на основі рішення виконавчого комітету Рівненської обласної ради народних депутатів № 818 від 10.10.1967 р., № 317 від 20.06.1972 р., № 343 від 22.11.1983 р. (додаток № 5) та надано статус ППСМ. Парк є залишком старої діброви, насадження представлене переважно різновіковими *Quercus*

robur L., найстаріші мають вік 250–300 років. На території розміщено будинок культури, спортивний майданчик, православну церкву, меморіал воїнам, загиблим у Другій світовій війні (Dzyba, 2016) (рис. 10, в). Використовують як місце відпочинку. Планувальна структура – віялоподібна (рис. 10, а, б). У ППСМ «Клеванський парк» виявлено такі види насаджень: бордюр (*Buxus sempervirens* L.), живопліт (*Caragana arborescens* Lam.), рядові посадки (*Chamaecyparis pisifera* Sieb. et Zucc. та *Thuja occidentalis*), групи з *Populus simonii* Carr. та *Robinia pseudoacacia* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *Tilia cordata* Mill. та інші. У 1967 році зросло 14 видів деревних рослин. Нині дендрофлора ППСМ «Клеванський парк» представлена 33 видами, одним гібридом деревних рослин (15 родин, 27 родів), із них 25 видів віднесено до ЧС МСОП (рис. 6).

ППСПМ «Жорнівський» (с. Жорнівка, Фастівський район Київської області). Площа – 5,2 га. Дендропарк «Ювілейний» заклав протягом 1969–1972 рр. лісничий В. С. Галицький за проектом наукового співробітника Боярської лісової дослідної станції (ЛДС) І. Н. Гегельського у Жорнівсько-



а) схема планування парку

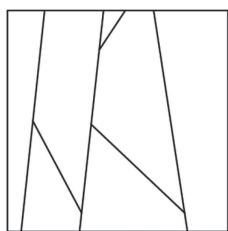


б) сучасний стан парку, зображення Bing Maps



в) фрагмент парку, фото автора

Рис. 10. ППСМ «Клеванський парк»



а) схема планування парку

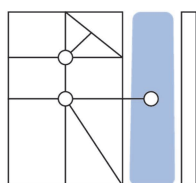


б) сучасний стан парку, зображення Google Maps

Рис. 11. ППСМ «Жорнівський»

му лісництві Боярської ЛДС (квартал 55, виділ 8, 9, квартал 56, виділ 1) (Kushnir, Sukhanova & Snihur, 2016). У парку створено пам'ятні каскади: «Київський», «Комсомольський», «Айсбергів», «Земля-місяць» та «Любові» (Sukhanova & Snihur, 2015). Статус ППСМ «Жорнівський» надано відповідно до рішення Київської обласної Ради трудящих № 118 від 28.02.1972 р. (Vasyliuk et al., 2012). Має віялоподібну планувальну структуру (рис. 11, а, б). На початок влаштування парку зростало 160 видів деревних рослин, проте з часом їхня кількість зменшилась і нині становить 47 видів (19 родин, 33 роди), із яких 33 види належать до ЧС МСОП (рис. 6). Насадження представлені масивами, групами, солітерами, живоплотами (табл. 1).

ППСПМ «Високівський» (с. Високе, Житомирський район Житомирської області). Площа становить 6,55 га (Passport № 69, 1974). Парк закладено як меморіальний 25 жовтня 1963 р. (нині є місцем відпочинку мешканців громади) за проектом С. К. Букатої та В. М. Хапчука. У 1963 р. було висаджено 106 видів деревних рослин (*Quercus robur* L., *Quercus rubra* L., *Salix babylonica* L., *Juglans regia* L., *Juglans manshurica* Maxim., *Juglans manshurica* Maxim., *Cotinus coggygria* Scop., *Populus alba* L. та ін.). Парк має пониження на північному заході, де утворено водойму площею 1,55 га (рис. 12, в), в центрі якої острів (рис. 12, б). У центрі парку встановленоobelisk, на якому нанесено список мешканців села, які заги-



а) схема планування парку

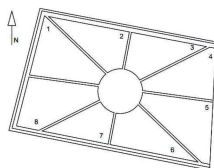


б) сучасний стан парку, зображення Bing Maps



в) фрагмент парку, фото автора

Рис. 12. ППСМ «Високівський»



а) схема планування парку



б) сучасний стан парку, зображення Google Earth



в) фрагмент парку, фото автора

Рис. 13. ППСМ «Городнянський»

нули у часи Другої світової війни. З протилежної сторони водойми було висаджено алею з *Populus nigra* var. *italica* Münchh., цифру 50 та зірку з *Picea abies* Karst., які на сьогодні збереглися лише фрагментарно. Статус ППСМ надано рішенням Житомирського облвиконкому № 505 від 29.12.1974 р. (Passport № 69, 1974). Планувальна структура ППСМ – хрестоподібна (рис. 12, а). Нині у ППСМ «Високівський» зростають 39 видів деревних рослин (18 родин, 27 родів), 26 із яких належать до ЧС МСОП (рис. 6). Насадження представлені солітерами, групами, алеями (табл. 1).

ППСПМ «Городнянський» (м. Городня, Чернігівський район Чернігівської області) почали створювати у 1959 р. на площі 10 га для відпочинку мешканців міста. Ініціатором створення

парку був В. І. Конон. Розроблення планувальної структури парку та його реалізацію проводили під керівництвом П. О. Дольського за участю К. Т. Чорного, директора школи-інтернату І. Н. Осипенка та його вихованців. Парк прямокутної форми (рис. 13, б) було розбито на вісім секторів (рис. 13, а), у центрі була галявина діаметром 100 м, площею – 1,0 га (збереглась донині, рис. 13, в). Протягом двох років було висаджено алеї вздовж секторів і рядову посадку з *Tilia cordata* Mill., *Tilia platyphyllos* Scop. навколо галявини, вздовж північної і західної меж парку – алею з *Populus nigra* L. У 1960–1961 рр. у 2 і 3 секторах висажено *Pinus sylvestris* L., в 4 і 6 секторах – *Picea abies* (L.) Karst., 5 і 8 – *Betula pendula* Roth.

Із 1963 до 1966 р. проводили доповнення насаджень. У 1966 р. у парку

зросло 20 видів деревних рослин. Надалі проводили ювілейні посадки в 1967 (висаджено 50 дерев *Quercus rubra* L.), 1970 (100 екземплярів *Acer platanoides* L.) та 1975 рр. (30 екземплярів *Quercus robur* L.). У 1978 р. парку було надано статус ППСМ (рішення Чернігівського облвиконкому № 529 від 04.12.1978 р.). У 1981 р. у парку налічувалось 37 видів деревних рослин (Dzyba & Shytiuk, 2015). Планувальна структура парку регулярна, зірчаста. Насадження представлені алеями, рядовими посадками, галями, групами. Нині на території парку зростають 36 видів (28 родів, 15 родин), хвойні – малопоширені й представлені *Picea abies* Karst., *Pinus sylvestris* L. та *Larix decidua* Mill. (п'ять екземплярів). До ЧС МСОП належить 29 видів (рис. 6), серед них *Aesculus hippocastanum* L. – категорія уразливий (VU), *Fraxinus excelsior* L. – майже під загрозою зникнення (NT), *Juglans cinerea* L. – такі, що зникають (EN).

Отже, на території 11 ППСМ зростають 176 видів деревних рослин, із них 119 видів занесено до ЧС МСОП (57 % – категорія Least Concern (LC)) (Dzyba, 2021). У чотирьох парках від початку створення донині збільшилась кількість видів на 75–129 %, кількість дендрораритетів становить 77–81 %. У шести парках дендрорізноманіття зменшилось на 13–71 %, залишилось від 29 до 87 % видів деревних рослин, серед них 66–94 % – дендрораритети. Результати засвідчують цінність ППСМ Українського Полісся і необхідність поповнення колекцій деревних рослин.

Висновки і перспективи. ППСМ, що створені протягом другої половини ХХ ст., розташовані нерівномірно на Українському Поліссі. По три ППСМ представлено у Волинській, Рівненській, Житомирській областях і лише по одному – у Київській та Чернігівській областях. Три ППСМ створені на основі природних дубових насаджень, «Овруцький» – на основі штучних насаджень. Інші сім парків були заново влаштовані з автохтонних та інтродукованих видів деревних рослин. Вони мають регулярний, ландшафтний і комбінований стилі планування, за розмірами – малі, середні, великі з зірчастими, осьовими, віялоподібними, петельною, хрестоподібними та комбінованими планувальними структурами. На території чотирьох ППСМ є водойми та меморіальні комплекси, пам'ятники, обеліск на честь загиблих у Другій світовій війні. На території ППСМ «Слов'янський» влаштовано пам'ятник Т. Г. Шевченку та пам'ятну «Княжу алею». На території ППСМ «Байрак» створено Музей історії сільського господарства Волині – Скансен. На території 11 ППСМ зростають 176 видів деревних рослин, із них 119 занесені до ЧС МСОП.

11 ППСМ є цінними осередками дендрорізноманіття та унікальних насаджень Українського Полісся, прикладом формування дидактичних, етнографічного, меморіальних, дитячого, культури та відпочинку, комбінованих парків, які потребують подальшої охорони та розширення площі й колекції. Деякі парки потребують реконструкції насаджень.

Список літератури

- Antonova, N. M., Bachuk, V. A., Bertash, B. M., Brovko, H. I., Voloshynova, O. V., Holovko, O. V., ... Yakovyshyna, M. S. (2008). *Nature Reserve Fund of Rivne Region*. Rivne: Volynski Oberehy [in Ukrainian].
- Bohovaia, I. O., & Fursova, L. M. (1988). *Landscape art*. Moscow: Ahropromizdat [in Russian].
- Boiaryn, M. V., Voloshyn, V. U., Tsos, O. O. (2020). Man-made objects of the nature

- reserve fund – park-monuments of landscape art and their representativeness in the Volyn region. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 34, 133–140. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2020-34-13>
- Dzyba, A. A. (2021). The park monuments of landscape art of 60-90 years of the 20th century of Ukrainian Polissya – valuable center of dendrorarities. In *“Current and future of mid-latitude ecotone forests”: International scientific-practical conference*, 14. Kyiv [in Ukrainian].
- Dzyba, A. A., & Shytiuk, E. P. (2015). Comparative analysis of the dendroflora of some specially protected areas of the Chernihiv region (on the example of BNM, PMLA Gorodnya city). *Actual problems of the forestry complex: collection of scientific papers of the Bryansk State Engineering and Technology Academy*, 43, 130–133 [in Ukrainian].
- Dzyba, A. A. (2016). Dendroflora of the park-monument of landscape art “Klevanskyi Park”. *Current trends in conservation, restoration and enrichment of phytodiversity of botanical gardens and arboretums: International scientific conference dedicated to the 70th anniversary of the dendrological park “Alexandria”, a scientific institution of the NAS of Ukraine*, 120–122. Bila Tserkva.
- Dzyba, A. A. (2020). Formation of the park-monument of landscape art “Novostavskyi dendropark”. *Research of forest and urban ecosystems for sustainable development: International scientific-practical conference*, 95–97. Kyiv.
- Dzyba, A. A., & Pokotylova, K. H. (2016). The model of the ecological path of the park-monument of landscape art “Bayrak”. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26.7, 71–77.
- Klymenko, Yu. A. (2010). The dynamics of species and cultivars quantity and the description of landscapes of ancient memorial parks of national significance in Ukrainian Polissya and Forest-Steppe. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*, 74(1), 284–295 [in Ukrainian].
- Kokhno, M. A., Hordiienko, V. I., Zakharenko, H. S., Kolesnichenko, O. M., Kuznetsov, S. I., Lohhinov, V. B., & Chupryna, P. Y. (2001). *The dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Gymnospermae*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
- Kotsun, L. O., Kuzmishyna, I. I., & Kotsun, B. B. (2010). Current condition of park-monument of state significance “Bajrak” (Volyn Region). *Scientific Bulletin of the Lesia Ukrainka Volyn National University*, 12, 99–101 [in Ukrainian].
- Kotsun, L. O., Voitiuk, V. P., Kuzmishyna, I. I., & Lisovska, T. P. (2010). Parks-monuments of landscape art of Volyn Polissya. *Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*, 74 (1), 308–314 [in Ukrainian].
- Kushnir, A. I., Sukhanova, O. A., Snihyr, Yu. Yu. (2016). Century-old trees of the park-monuments of landscape art “Zhornivskyi” and perspectives of their use for the formation of compositions. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26.3, 112–118 [in Ukrainian].
- Passport № 2MSPM of the park-monuments of landscape art of local significance “Park Antonivka” dated 30.05.1995. (1995). Rivne [in Ukrainian].
- Passport № 36 of the natural monuments of local significance Bondaretskyi Park dated 05.05.1970. (1970). Zhytomyr [in Ukrainian].
- Passport № 69 of the natural monuments of local significance Vysokskyi park. (1974). Zhytomyr [in Ukrainian].
- Pokotylova, K. H. (2018). Ecological and geographical analysis of dendroflora of man-made protected parks of Rivne region. *Ecological Sciences*, 4(23), 134–139 [in Ukrainian].
- Pokotylova, K. H., & Dzyba, A. A. (2016). Functional zoning and value of the park-monument of landscape art “Bayrak” (Volyn region). *Scientific Bulletin of the NULES of Ukraine. Forestry and ornamental horticulture*, 238, 184–195 [in Ukrainian].
- Regulations on the park-monument of landscape art of local significance “Slavyanskyi” Volodymyr-Volynskyi of Volyn region: approved by the head of the State Department of Ecological Safety in Volyn region, R. Migas, chairman of Volodymyr-Volyn city council, V. Saganyuk, head production management of public utilities, M. Shostak. (1999). Volodymyr-Volynskyi [in Ukrainian].
- Rudenko, I. N., Elenskaia, N. A., Aleksandrov, S. B., Herasymchuk, E. Ya., & Potaev, H. A. (1980). *Park Design Guide*. Minsk: Polymya [in Russian].
- Savoskina, A. M. (2015). History of formation and current state of the network of parks-monuments of landscape art of Ukrainian Polissya. *Scientific Bulletin of the NULES of Ukraine. Forestry and ornamental horticulture*, 219, 255–261 [in Ukrainian].
- Savoskina, A. M., & Popovych, S. Yu. (2019). *Rare dendrosoexotics species of broad-leaf forest zone of Ukraine*. Kyiv: Ltd. “CP «Komprint»” [in Ukrainian].
- Sherstiuk, M. Yu., & Popovych, S. Yu. (2018). *Reserved autochthonous dendrosozophits of Ukrainian Polissya*. Kyiv: Ltd. “CP «Komprint»” [in Ukrainian].
- Spohn, M., & Spohn, R. (2011). *Cosmos Tree Guide Europe*. Stuttgart: Kosmos.
- Sukhanova, O. A., & Snihyr, Yu. Yu. (2015). History of creation and stages of development of the park-monument of landscape art of local significance “Zhornivskyi”. *Bioresources of forest and urban ecosystems: reproduction, conservation and sustainable use:*

- International scientific-practical conference*, 153-154. Kyiv [in Ukrainian].
- The protection obligation № 24 of the park-monuments of landscape art of national importance "Dubechnenskyi" dated 25.12.2012: approved by the First Deputy Head of the State Department of Environmental Protection in the Volyn region Romaniuk O. V. (2012). Lutsk [in Ukrainian].
- The protection obligation of 31.05.2010 of the park-monument of landscape art "Ovrutskyi" was approved by the head of the state department of environmental protection in the Zhytomyr region Hrynychuk S. I. (2010). Zhytomyr [in Ukrainian].
- Tsikhotska, V.-V. V., & Kotsun, L. O. (2011). Conifers in the greenery of the park-monuments of national importance "Bayrak" (Volyn region). *Nature of Western Polissya and adjacent territories*, 2 (8), 113–116 [in Ukrainian].
- Vasyliuk, O., Kostyshyn, V., Norenko, K., Plyha, A., Prekrasna, Ye., Kolomytsev, H., & Fatikova, M. (2012). *Nature Reserve Fund of Kyiv Region*. Kyiv: NETSU. [in Ukrainian].
- WWF Ukraine 2020. Review of the state of the environment and risks for people and business. Ukraine. 2020. 9 p. Available at https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/_2020___web.pdf [in Ukrainian].

Dzyba A. A.

FEATURES OF FORMATION OF PARKS-MONUMENTS OF LANDSCAPE ART OF THE SECOND HALF OF THE XX CENTURY OF UKRAINIAN POLISSIA

*The formation of park-monuments of landscape art was analyzed from a historical perspective. In the second half of the twentieth century, two national and nine local park-monuments of landscape art were created in Ukrainian Polissya. The purpose of PMLA is the protection and the preservation of the most prominent and valuable examples of park construction in order to use them for aesthetic, educational, scientific, environmental and health purposes. By the placement in the planning structure of inhabited localities are defined city, village and district parks. The motivation for the creation of parks was the preservation, reproduction and enrichment of tree diversity in the conditions of the Ukrainian Polissya. In the parks were planted technical, fast-growing, rare species, and species of woody plants valuable for forestry and landscape gardening with their subsequent use for scientific and economic purposes. Some of the plantations in the parks were memorable, anniversary, or dedicated to significant events (the anniversary of the October Revolution and the birthday of V.I. Lenin). In Ukrainian Polissya, there are three parks created on the basis of existing oak plantations "Klevanskyi Park", "Park Antonivka", "Bondaretskyi"; one - on the basis of man-made plantations with *Acer platanoides* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill. ("Ovrutskyi"); three parks of culture and recreation ("Horodnianskyi", "Vysokivskyi", "Slovianskyi") including a meadow park ("Slovianskyi"), a children's park ("Bondaretskyi"), three arboretums ("Dubechnenskyi", "Bairak", "Novostavskyi dendropark", "Zhornivskyi"), which were transformed over time, or which were granted the status of PMLA. By the size, PMLA were small, medium, and large with star, axial, fan, loop, cross-shaped and combined planning structures. In four PMLA, there were man-made and natural reservoirs, and a fountain. Five parks were combined (memorial and park of culture and rest); there were concentrated memorial complexes, monuments, and an obelisk. Plantings of parks are represented by groups, solitaires, alleys, ordinary plantings, hedges, and sometimes by groves and massifs. On the territory of 11 PMLA grew 178 species of woody plants, with 121 of them being included to the IUCN Red List. In 4 parks, since their creation the number of species increased by 75–129%; in 6 parks tree diversity decreased, with 29 to 87% of tree plant species remaining, among them 66–94% of trees were rare. 11 PMLA are valuable centers of tree diversity and unique plantings of Ukrainian Polissya; and an example of the formation of didactic, ethnographic, memorial, children's, culture and recreation, and combined parks that need further protection and expansion of the area and collection. Some parks are in need of planting reconstruction.*

Keywords: history, park, see, planning structure.

Отримано: 2021-11-20

ГЕОПЛАСТИКА РЕЛЬЄФУ ЯК ЗАСІБ ФОРМУВАННЯ СПРИЙНЯТТЯ ЛАНДШАФТНИХ КОМПОЗИЦІЙ НА ПРИКЛАДІ ПЕЧЕРСЬКОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ У МІСТІ КИЄВІ

В. Л. МАТВІЙЧУК, студентка магістратури*

e-mail: matviychuklera@ukr.net

О. В. ПІХАЛО, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0003-4521-649X>, e-mail: olesya-pikhalo@ukr.net

В. В. МІНДЕР, кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-5213-2078>, e-mail: vikaminder@nubip.edu.ua

І. О. СИДОРЕНКО, кандидат біологічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-1308-3242>, e-mail: i_sido@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Геопластика як метод вертикального планування набуває все більшої популярності у ландшафтних архітекторів, адже цей метод надає ландшафту естетичної єдності, виразності, своєрідної особливості. У роботі розглянуто вплив геопластичних змін рельєфу на людину, сприйняття глядачем навколишнього середовища. Ці фактори є надзвичайно важливими при створенні та проєктуванні парку, дають змогу подати ключові елементи, при цьому створивши гармонійні поєднання композицій у просторі, які здатні викликати захоплення і тим самим сприяти збільшенню кількості відвідувачів ландшафтного об'єкта. Печерський ландшафтний парк розташований на мальовничих схилах Дніпра в місті Києві, має ландшафтний тип планування, для якого характерні великі площі газонів із групами кущів та дерев, відсутність симетрії в розміщенні алеї та інших елементів вільного планування. Безпосередньо паркова зона займає площу 32,92 га. Розташування в умовах складного рельєфу сприяє застосуванню засобів геопластики, які можна використати для вдосконалення і розвитку паркового простору. Висвітлені дослідження базуються на методі аналогії, за допомогою якого перенесено аналогові елементи геопластики на отримані результати під час натурного обстеження паркової території в умовах складного рельєфу. Графічні матеріали розроблено за допомогою програмного пакета ArchiCad 21 на основі вихідних картографічних даних. Проведений детальний аналіз проблемних аспектів Печерського ландшафтного парку окреслив основне завдання щодо визначення пристосованості території для потреб відвідувачів, у розрізі підвищення комфорту перебування, покращення природного пейзажу, облаштування природних зон паркового рельєфу. Застосовано прийоми та методи щодо покращення території, такі як: терасування схилів, створення екостільців, використання штучного рельєфу на дитячих майданчиках. Узагальнено та спрогнозовано вплив цих змін на перебування відвідувачів і на середовище загалом. Використання геопластики в розрізі сприйняття ландшафтних композицій забезпечить вирішення проблемних рельєфних та експозиційних аспектів Печерського ландшафтного парку, що підвищить його рекреаційний потенціал.

Ключові слова: вертикальне планування, ландшафт, урбанізація, терасування, форми рельєфу.

Актуальність. Рельєф є особливо ландшафтного дизайну. Урбанізація значущим фактором для мистецтва зумовлює потребу в особливому став-

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

ленні до земельного фонду. Тому деякі території, які не призначені для будівництва, використовують для ландшафтних об'єктів. Парки з умовами складного рельєфу здебільшого є небезпечними територіями, згідно з даними Комунальної організації «Інститут Генерального плану міста Києва» (Eco urban planning forecast). Ця інформація підтверджує особливий статус таких територій, небезпека яких проявляється в наявних ерозійних процесах, можливості зсувів, обвалів і селів (Minder & Sidorenko, 2014). Тому організація безпеки на рекреаційних територіях, у межах складного рельєфу, є невід'ємною частиною проектних і виконавчих робіт. Актуальним є також використання антропогенних форм рельєфу в ландшафтному дизайні, як засобу, що формує у глядача яскраві емоції (Bondarenko, Kokhan, Gonchar & Bondarenko, 2019).

У місті Києві прикладом використання території зі складним рельєфом для озеленення є Печерський ландшафтний парк. Унаслідок процесів урбанізації та вдалого розташування на березі річки Дніпро, зростає рекреаційне навантаження на цей парк, який слугує як для відпочинку жителів та гостей міста, так і для проведення масових заходів (концертів, фестивалів, виставок). Тому існує потреба у пристосуванні парку для потреб суспільства, адаптації важкодоступних ділянок території, підвищенні комфорту перебування в парковому просторі та покращенні природного пейзажу, який сприятливо впливатиме на психологічний стан людини в умовах мегаполісу. Оскільки у Печерському ландшафтному парку проводять багато заходів виставкового характеру, актуальним є облаштування певних зон паркового рельєфу для зручності огляду ландшафтних і виставкових композицій.

Вертикальне планування місцевості є частиною будь-якого проекту озелених територій і проводиться в початковий період як проектування, так і будівництва (Sokhnych, 2010; Pikhalo & Omelianchuk, 2017).

На виставки та фестивалі у Печерському ландшафтному парку щороку приходить велика кількість відвідувачів, що значно підвищує рекреаційний потенціал парку. Саме цей парк став традиційним місцем проведення виставок і фестивалів завдяки тому, що складний рельєф сприяє розміщенню композицій на схилах, які можна споглядати з різних ракурсів, відкриваючи спостерігачу повноту об'ємних та плоских ландшафтних картин. Зважаючи на важливість згаданих заходів та щорічне збільшення зацікавленості у них унаслідок процесів урбанізації, існує потреба у композиційному збагаченні парку, розширенні та облаштуванні зон відпочинку, що сприятиме створенню більш комфортних умов для перебування на території ландшафтного об'єкта. Геопластика як інструмент штучної зміни рельєфу дає можливість вдосконалювати паркову територію, покращувати огляд виставкових елементів і загального сприйняття простору шляхом створення нових і удосконалення наявних форм рельєфу, сформування сучасні зони відпочинку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Умови складного рельєфу є важливим фактором організації ландшафту паркової території, зокрема розчленування поверхні на окремі форми, кожна з яких стає окремим елементом композиції. Окрім того, характер рельєфу є важливою композиційною умовою, що визначає емоційне сприйняття паркової території (Starke & Simonds, 2013).

Візуальна якість міських рекреаційних зон є фактором, який безпосеред-

ньо впливає на вимоги користувачів цих територій. У дослідженнях Polat & Akau (2015) визначено взаємозв'язки між візуальною якістю ландшафту та структурним оформленням територій, а також між естетикою та функціональними вимогами користувачів.

У дослідженнях Pięczaga (2019) зазначено про важливість формування ландшафту з урахуванням його візуальних якостей. Такий підхід відображає значення усіх видимих особливостей території з погляду їхньої естетичної привабливості, що часто використовують у ландшафтних дослідженнях. Потенціал виміру візуальних явищ, які часто є предметом інтуїтивного та експериментального дизайну, розглядає Nijhuis (2011). Основним видом діяльності ландшафтної архітектури є формування відкритих і закритих просторів. Видима форма, якою також виступає і рельєф, має вирішальне значення, оскільки вона забезпечує рух своїми утвореннями, напрям, завдяки своїй просторовій орієнтації, та викликає емоційний вплив візуальною композицією. Досить важливим у сприйнятті ландшафту є точка зору спостерігача і програмування візуальних вражень, що основані на території динамічного зорового сприйняття (Xiaogang, Xiaogang & Hui, 2021).

Розуміння візуальної якості міських паркових ландшафтів в умовах складного рельєфу вимагає комплексного підходу до його вивчення. Досліджувана міська паркова територія належить за своєю формою рельєфу до парків на пагорбі, що мають значний вплив на формування міського ландшафту, створюють своєрідний силует міста, слугують орієнтирами у просторовій організації забудови, визначають масштаб різноманітних структурних частин міського організму (Sydorenko & Minder, 2018).

Метою цих досліджень є розроблення проектних пропозицій щодо покращення сприйняття території Печерського ландшафтного парку за допомогою прийомів геопластики рельєфу.

Матеріали і методи дослідження.

Під час проведених досліджень використано метод аналогії добору та перенесення аналогових елементів штучної геопластики на отримані результати натурального обстеження паркової території. Методом синтезу визначено фактори впливу форм рельєфу, як природного, так і штучного характеру, на ландшафтно-планувальну організацію території, що дало змогу окреслити локації запропонованих прийомів геопластики. Вивчення та аналіз території проведено картографічним методом на основі топографічної зйомки м. Києва в масштабі 1:2000 (Topographic maps). Розробку генерального плану проведено за допомогою графічного програмного пакета ArchiCad 21.

Об'єктом дослідження є формування штучного рельєфу як основного засобу в сприйнятті ландшафтних композицій. Предмет дослідження – територія Печерського ландшафтного парку м. Києва.

Результати дослідження та їх обговорення. Геопластику використовують для вдосконалення наявних або створення нових форм, для відновлення природних рельєфів ділянок тощо. Перевагою геопластики є те, що незважаючи на штучний метод зміни рельєфу, об'єкти мають природний вигляд. Щоб досягти такого результату, важливо опрацювати кожен етап роботи, починаючи від проектування і закінчуючи безпосередньою реалізацією проекту. Праця із земляними роботами є важкою, оскільки доводиться створювати гармонійні пропорції, не порушуючи при цьому природні обриси рельєфу (Kuznesova, 2011).



Рис. 1. Конструктивна схема сприйняття паркового простору

Сприйняття людиною ландшафту є однією з найголовніших цілей у проектуванні та створенні парку. Кожен елемент має справляти особливе враження на людину. Цього можна досягти різними ландшафтними прийомами, які залежать від мети та завдання. Певні об'єкти можна приховати від погляду, а деякі потрібно відкрити своєчасно, щоб глядач отримав максимально сильне враження.

Відкривши глядачеві одразу усі краєвиди та секрети, парк втрачає відчуття загадковості та починає розчаровувати. Із завданням формування сприйняття навколишнього середовища можуть впоратися особливості рельєфу та розташування на території різних типів насаджень (рис. 1).

Наприклад, позитивні форми рельєфу впливають на сприйняття людиною паркового простору з певної видової точки. Вони можуть використовуватись для «прогресивного розкриття» виду або відіграти роль екрану, приховуючи

небажані елементи, технічні паркові споруди тощо. Рельєф впливає на сприйняття простору і відчуття людини. Рівні, плавні форми рельєфу можуть сприяти розслабленості, це ідеальний рельєф для відпочинку, позаяк не потребує витрати енергії для руху, є зручним для сидіння, натомість рельєф із перепадом висот сприяє збудженню нервової системи. Аналогічно, нахил поверхні впливає на просторове відчуття. Людина відчуває себе більш захищеною, коли стоїть на рівній поверхні. Водночас, похилий ландшафт спонукає до руху.

Цю властивість людської психіки можна використати, щоб заохотити відвідувачів рухатися в певних напрямках (Norman, 1979). Саме поступове розкриття під час огляду експозиційних елементів виставок Печерського ландшафтного парку можна забезпечити за рахунок формування руху відвідувачів в умовах складного рельєфу.

Загальна конфігурація паркової території є компактною. Перепад висот

місцевості становить 80 м. Найнижча абсолютна відмітка (100 м) розташована у північно-східній, а найвища (180 м) – у північно-західній частині парку. Південна частина парку має горбисте підвищення із природним перепадом висот 50 м (Sydorenko & Minder, 2018).

Щоб забезпечити глядача максимальним оглядом території, треба підняти його вище над елементом чи ділянкою, на якій робиться акцент. Чим крутіший нахил, тим більше відчувається зовнішній простір. Горбистий рельєф застосовують у створенні просторових меж паркових територій, для поділу її на функціональні зони.

Відкритість пологого рельєфу дає змогу візуально об'єднати елементи парку і тривалий час спостерігати їх без перешкод. Однак недоліком рівнинної ділянки є відсутність захисту від вітру, сонця, а також неможливість усамітнення відвідувачів парку, унаслідок чого виникає відчуття «оголеності» (Bauer, 2011).

Вертикальні елементи рельєфу допомагають у просторовому визначенні, сприяють комфорту відвідувачів. Пагорби з обох сторін встановлюють край особистого простору (Lynnyk, 2004). Розміщення об'єктів на вершинах пагорбів створює відчуття його важливості, акцентує увагу відвідувача на ньому.

Штучний рельєф можна застосовувати для спрямування погляду на певні об'єкти уздовж ліній найменшого опору на відкритий простір. Завдяки створенню штучних пагорбів можна контролювати сонячне освітлення упродовж доби. Цей аспект потрібно враховувати під час проведення виставок, оскільки природне освітлення впливає на сприйняття композицій. Залежно від того, в який час проводять заходи, можна визначити, на якій стороні схилу треба розмішувати виставкові елементи або планувати розмі-

щення сцени так, щоб сонячне світло не заважало відвідувачеві спостерігати та навіть допомагало в огляді (Bakurova & Efimov, 2015).

Проведені дослідження щодо впливу наявного рельєфу на характер освітленості території Печерського ландшафтного парку за сторонами світу впродовж дня дали змогу встановити такі їх особливості за експозиціями:

- західна сторона: непряме освітлення ранковим сонцем; освітлення жарким сонцем після полудня;
- східна сторона: освітлення вранці; непряме освітлення в другій половині дня;
- південна сторона: освітлення протягом усього дня; агресивне пряме сонячне світло опівдні;
- північна сторона: влітку освітлення лише вранці та ввечері; немає прямого освітлення протягом доби взимку.

Окреслені принципи рельєфних змін, а також характер освітленості території враховано у проектних пропозиціях щодо покращення паркового середовища. Як зазначено, Печерський ландшафтний парк є популярним майданчиком для проведення виставок. Для таких заходів під відкритим небом є дуже вдалим рішення щодо розташування експозиції на поверхні схилу, огляд на яку відкривається знизу. Таку поверхню можна сформувавши методами геопластики. Для цього ділянка піднімають за допомогою насипу землі з використанням каркасу із геопластичних матеріалів та закріплюють підпірною стінкою. Отримане «полотно» слугуватиме для наступного створення різних композицій, наприклад квіткових, огляд яких стане зручнішим і краще сприйматиметься глядачем.

Для розкриття нових ракурсів на композиційні елементи щорічних квіткових виставок на території Печерського ландшафтного парку може бути



Рис. 2. Терасування схилів із доріжками по краю терас: *а* – аналогове зображення (<http://surl.li/axskp>); *б* – запропонована локація в межах парку



Рис. 3. Терасування за допомогою підпірних стінок різноманітної форми: *а* – аналогове зображення (<http://surl.li/axsnw>); *б* – запропонована локація в межах парку

використано рельєфне рішення за допомогою геопластики. Прикладом є терасування схилів східної експозиції центральної частини парку, у поєднанні з дорожньо-стежковою мережею вздовж краю терас. Це дасть змогу відвідувачам не лише споглядати квіткові композиції знизу вгору, а й прогулюватись між ними (рис. 2).

Одним із варіантів композиційного рішення є терасування за допомогою підпірних стінок різноманітної форми. Використання рослинності на архітектурно терасованих схилах (Pikhalo, Bagatskaya & Kudrenko, 2019) забезпечить формування простору в умовах складного рельєфу. Це рішення запропоновано використати на схилах пів-

денної та західної експозиції центральної частини Печерського ландшафтного парку (рис. 3), завдяки якому можна забезпечити різну інтенсивність освітленості цієї території та створення нових композиційних акцентів.

Для комфортного відпочинку відвідувачів доцільно в зонах тихого відпочинку встановити екостільці, які створюють за допомогою геопластики (рис. 4). Це не потребує особливих зусиль, є досить економним, оскільки для каркаса екостільця можна використати вторинну сировину. Порожнини каркаса заповнюють сумішшю неуцілюненого ґрунту й засівають насінням газонних трав. Формування таких зелених меблів триває близько двох місяців. Штучно створений

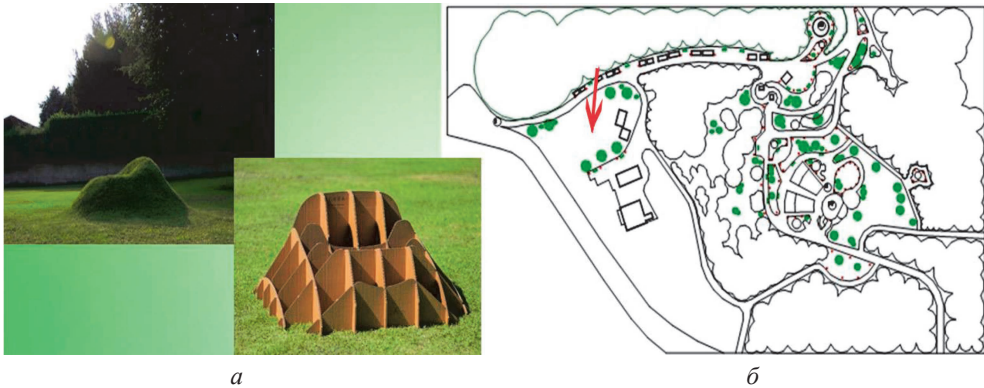


Рис. 4. Екостілці: *а* – аналогове зображення (<http://surl.li/axsql>);
б – запропонована локація в межах парку



Рис. 5. Дитячі майданчики: *а* – аналогове зображення (<http://surl.li/axsvm>);
б – запропонована локація в межах парку

екостілець своїми плавними лініями гармонійно вписується в ландшафт, не виглядає чужорідним. У межах парку запропоновано розмістити екостілці на найвищих позитивних точках рельєфу, що дасть змогу відвідувачам спостерігати панораму квіткових виставок.

Верхні частини схилу північної експозиції Печерського ландшафтного парку, що не зайняті виставковими квітковими композиціями, запропоновано використати для створення дитячих майданчиків (рис. 5). Такий рельєф є ідеальним для дитячих гірок, що в поєднанні з натуральними матеріалами майданчика створить відчуття єдності з природою. При цьому рельєфні зміни будуть незначними: орга-

нізація плавних ліній схилу та майданчики в його основі сприятимуть безпечному спуску дітей із гірки.

Ще одним цікавим рішенням може стати створення штучних пагорбів на майданчиках для дітей. У них прокладають тунелі, створюють містки між пагорбами, драбинки для підйому схилами, що розвиває просторову орієнтацію дітей. Для майданчика такого типу, що має нестандартний вигляд, гармонійно вписані штучні пагорби в наявний рельєф запропоновано розмістити зі сторони додаткового входу з вулиці Лаврська на схилі північно-східної експозиції (рис. 6).

Імітуючи стихію і рельєф природних ландшафтів, архітектори та дизай-

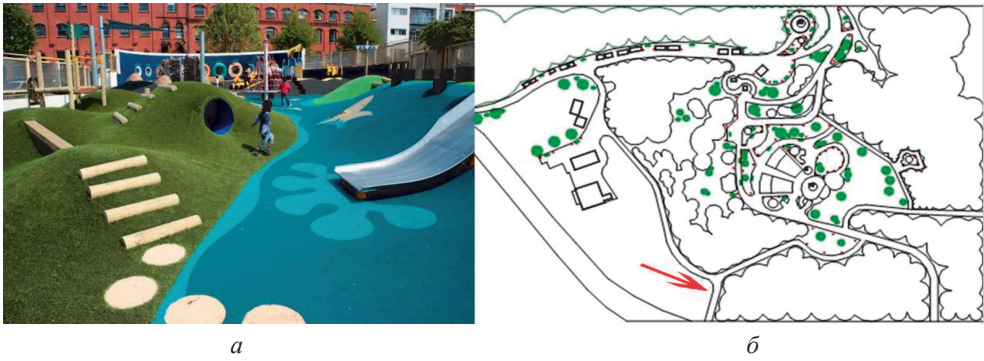


Рис. 6. Штучні пагорби на майданчиках для дітей:
 а – аналогове зображення (<http://juegos1.rockthefashions.com/>);
 б – запропонована локація в межах парку

нери роблять ставку на потребі містяннина – зробити дитинство своїх дітей більш природним і наближеним до натурального ландшафту.

Висновки і перспективи. Геопластика, як прийом створення абсолютно нового рельєфу або вдосконалення наявного, набуває широкої популярності серед ландшафтних архітекторів, адже цей метод надає ландшафту оригінальності та виразності й водночас робить його довговічним.

Здійснивши детальний аналіз проблемних аспектів Печерського ландшафтного парку міста Києва, визначено основні напрями щодо покращення сприйняття ландшафтних композицій: пристосування території для потреб суспільства, підвищення комфорту перебування, покращення природного пейзажу, облаштування форм наявного рельєфу. Природа з її плавними, переливчастими лініями – головний інстру-

мент натхнення при створенні геопластичних об'єктів. Із метою підвищення рекреаційного потенціалу досліджуваної території за допомогою геопластики та з урахуванням освітленості за сторонами світу впродовж світлового дня, запропоновано рішення проблемних рельєфних та експозиційних аспектів. Основними прийомами та методами щодо покращення естетики паркового середовища та комфортного відпочинку відвідувачів обрано: терасування схилів у поєднанні з дорожньо-стежковою мережею і за допомогою підпірних стінок різноманітної форми у поєднанні з рослинністю; формування екостильців як геопластичних елементів; використання наявного рельєфу та створення штучних пагорбів на дитячих майданчиках. Узагальнено і спрогнозовано вплив цих змін на перебування відвідувачів на території парку та на середовище загалом.

Список літератури

- Bakurova, O. V., & Efimov, M. A. (2015). Geoplastic transformations as a tool and expressive means of landscape design. *Eurasian Union of Scientists*, 12 (21), 7–9 [in Russian].
- Bauer, N. V. (2011). *Landscape design*. Tyumen: TyumNGU [in Russian].
- Bondarenko, I., Kokhan, N., Gonchar, O., & Bondarenko, B. (2019). Man-made landforms in landscape design of territories as a means of solving environmental problems. *Architecture, Civil Engineering, Environment*, 12 (4), 7–14. <https://doi.org/10.21307/ACEE-2019-047>
- Eco-urban planning forecast*. Available at <http://kga.gov.ua/files/doc/genplan/21-ekolog-prognoz-A-3.jpg> [in Ukrainian].

- Kuznecova, I. N. (2011). *Vertical layout of urban areas*. Omsk: SybADY [in Russian].
- Lynnyk, I. E. (2004). *Engineering preparation of populated areas*. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].
- Minder, V. V., & Sidorenko, I. O. (2014). The Territorial Distribution of Parks with Complex Relief in Kyiv. *Scientific Bulletin of UNFU*, 24 (5), 41–46 [in Ukrainian].
- Nijhuis, S. (2011). Visual research in landscape architecture. *Research in Urbanism Series*, 2 (1), 103–145. <https://doi.org/10.7480/rius.2.209>
- Norman, K. Booth. (1979). *Basic Elements of Landscape Architectural Design*. Department of Landscape Architecture, the Ohio State University.
- Pieczara, M. (2020). An architecture course to teach respect for the landscape. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 18 (4). Available at [http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.18,%20No.4%20\(2020\)/14-Pieczara-M.pdf](http://www.wiete.com.au/journals/WTE&TE/Pages/Vol.18,%20No.4%20(2020)/14-Pieczara-M.pdf).
- Pikhalo, O. V., Bagatskaya, O. M., & Kudrenko, A. V. (2019). Relief as the basis of the composition construction (on the example of a private house in s.Horbovych, Kiev-Svyatshinsk region). *Biological Resources and Nature Management*, 5–6, 141–147 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31548/bio2019.04.015>.
- Pikhalo, O., & Omelianchuk, I. (2017). Retrospective analysis of the territory of the park “Volodymyrska Hill” in the Shevchenkiy district of Kyiv. *Forestry and landscape gardening*, 13. Available at <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/9570> [in Ukrainian].
- Polat, A. T., & Akay, A. (2015). Relationships between the visual preferences of urban recreation area users and various landscape design elements. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14 (3), 573–582. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.05.009>
- Sokhnych, A. Ya. (2010). *Land use of settlements with the basics of urban planning*. Lviv: Liha-Pres [in Ukrainian].
- Starke, B. W., & Simonds, J. O. (2013). *Landscape architecture*. New York: McGraw-Hill Education.
- Sydorenko, I. O., & Minder, V. V. (2018). Analysis of the system of view disclosure of the landscapes of the park on the hill. *Problems of urban development*, 1 (20), 111–120. Available at http://nbuv.gov.ua/UJRN/Prms_2018_1_14 [in Ukrainian].
- Topographic maps*. Available at https://skyready.ucoz.ru/load/prof_karty/topograficheskaja_karta_kieva_1_2000 [in Ukrainian].
- Xiaogang, Z., Xiaogang, C., & Hui, L. (2021). Landscape Aesthetic Foundation Based on the Theory of Visual Perceptual Dynamics. *Journal of Landscape Research* 13(1), 76–80.

**Matviychuk V. L., Pikhalo O. V., Minder V. V., Sydorenko I. O.
GEOPLASTICS OF RELIEF AS A MEANS OF FORMING THE PERCEPTION
OF LANDSCAPE COMPOSITIONS ON THE EXAMPLE
OF THE PECHERSK LANDSCAPE PARK IN KYIV**

Geoplastics, as a method of vertical planning, is gaining more and more popularity among landscape architects, because this method gives the landscape an aesthetic unity, expressiveness, and a peculiar feature. The paper considers the influence of geo-plastic changes in the relief on a person, the viewer's perception of the environment. These factors are extremely important in the creation and design of the park, they allow the key elements to be presented, while creating harmonious combinations in the space, it is admirable and it is this that encourages you to visit the landscape object. Pechersk Landscape Park is located on the picturesque slopes of the Dnieper in Kiev, has a landscape type of planning, which is characterized by large areas of lawns with groups of shrubs and trees, the lack of symmetry in the placement of alleys and other elements of free planning. The park zone itself covers an area of 32,92 hectares. Location in difficult terrain contributes to the use of geo-plastic tools, which can be used to improve and develop park space. The illuminated research is based on the analogy method, by means of which the analog elements of geoplastics are transferred to the results obtained during the field survey of the park territory on difficult terrain. Graphic materials were developed using the ArchiCad 21 software package based on the original cartographic data. A detailed analysis of the problematic aspects of the Pechersky Landscape Park identified the main tasks: adaptability to the needs of society, increasing the comfort of stay, improving the natural landscape, arranging natural zones of park relief. Techniques and methods for improving the territory were applied, such as terracing slopes, creating eco-chairs, using artificial relief in playgrounds. The impact of these changes on the stay of visitors and on the environment as a whole is summarized and predicted. The use of geoplastics in the context of the perception of landscape compositions will contribute to solving problematic relief and exposition aspects of the Pechersk Landscape Park, which will increase its recreational potential.

Keywords: vertical planning, landscape, urbanization, terracing, landforms.

Отримано: 2021-11-04

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ПОЛІМЕРНОЇ ОБОЛОНКИ НА БІОРУЙНУВАННЯ 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

С. М. МАЗУРЧУК, кандидат технічних наук

<http://orcid.org/0000-0002-6008-9591>, e-mail: mazurchuk.s.m@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Проведено аналіз процесу біологічного руйнування деревини. Встановлено, що нехтування екологічно безпечними засобами біозахисту призводить до руйнування конструкцій із деревини під дією мікроорганізмів. Дослідження умов захисту деревини допомагає створити нові типи захисних матеріалів, які сприяють зниженню водопоглинання, а також зменшенню кількості речовин, які є середовищем для розвитку дереворуйнівних грибів. У зв'язку з цим розроблено розрахунково-експериментальний метод визначення частки зруйнованого матеріалу під дією мікроорганізмів із застосуванням антисептика. Аналіз результатів показує, що максимальна втрата маси в разі біоруйнування необроблених зразків деревини склала від 7,6 % до 16 %, а втрата маси зразків термічно модифікованої деревини не перевищила 3 %, в оброблених антисептиком-гідрофобізатором – була менше ніж 2 %. Визначено, що захист у разі оброблення термічно модифікованої деревини масловоском і лазур'ю збільшується порівняно з необробленими у понад 4 рази за показником біоруйнування, а оброблення нетермомодифікованої – у понад 8 разів. Слід зазначити, що наявність масловоску та лазури призводить до закупорки поверхні деревини, що перешкоджає проникненню вологи і мікроорганізмів. Тому інтенсивність розвитку дереворуйнівного гриба на поверхні різних зразків різниться. Вочевидь такий механізм впливу захисного покриття є тим фактором регулювання процесу, завдяки якому зберігається цілісність об'єкту. На основі експериментальних даних і шляхом моделювання рівнянь виведено динаміку популяції мікроорганізмів в об'ємі матеріалу та функції підвищення чисельності загиблених організмів. Зокрема, на поверхні зразка було створено полімерну оболонку, що значно знизила проникнення мікроорганізмів до деревини, а втрата маси деревини при біодеструкції не перевищила 2,5 %. Додаткове нанесення захисних речовин на поверхню посилює рівень захисту деревини сосни необробленої на 72 %, термомодифікованої за 190 °C – на 25 %, за 220 °C – на 37 %. Схожі результати для деревини граба – 60 %, 37 % і 28 %, для дуба – 50 %, 37 % і 37 % відповідно.

Ключові слова: деревина, ефективність термічної модифікації, антисептики, захисні покриття, біоруйнування, стійкість деревини.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. У будівництві не зупиняється пошук високоефективних засобів захисту деревини від руйнування,

оскільки експлуатація на відкритому повітрі робить її вразливою до умов середовища, призводить до значного зниження її природної довговічності і з часом руйнування.

Термічна модифікація деревини викликає хімічні зміни, які суттєво впливають на фізичні, механічні та біологічні властивості деревини (Tsapko et al., 2021). Отже, важливо вивчити ці зміни для кращого використання продуктів. Зокрема, Kubovský et al. (2020) проводили теплову модифікацію деревини за технологією Thermowood за температур 160°C, 180°C і 210 °C. Автори стверджують, що геміцелюлози менш термічно стійкі, ніж целюлоза. Ланцюги полісахаридів розщеплюються на коротші, що призводить до зменшення ступеня полімеризації та збільшення полідисперсності. За найвищої температури оброблення (210°C) також відбуваються реакції зшивання. За більш низьких температур переважають реакції деградації лігніну, вищі температури спричиняють переважно реакції конденсації та збільшення молекулярної маси. Хімічні зміни в основних компонентах термічно модифікованої деревини в основному впливають на її механічні властивості, що слід враховувати при проектуванні різноманітних дерев'яних конструкцій.

Термічна модифікація деревини є перспективною альтернативою хімічним та біоцидним процесам модифікації, що підвищує біологічну міцність та стабільність розмірів деревини. Основною метою дослідження, як повідомляли Candelier et al. (2020), було визначення біологічної стійкості деревини ясеня, обробленої термічною модифікацією, та оцінка протигрибкової і протитермічної активності екстрактних сполук із термічно обробленої деревини ясеня, залежно від інтенсивності процесу модифікації (2 години

за 170°C, 200°C, 215°C, 228 °C). Необроблені та термічно оброблені зразки деревини екстрагували водою або ацетоном. Потім екстракти використовували для визначення ефективності інгібування проти грибів білої гнилі (*Trametes versicolor*) та брурої гнилі (*Rhodonia placenta*). Встановлено, що ступінь протигрибкової активності цих екстрактів залежить від розчинника, який використовують під час процесу екстракції, і змінюється залежно від інтенсивності термічного оброблення. Екстракти були більш ефективними проти брурої гнилі, ніж грибів білої гнилі. Однак антитермітна активність екстрактів деревини термічно обробленого ясеня не була справді значною. Крім того, утворюються нові хімічні елементи в результаті термічного розкладання деревних полімерів (лігніну та геміцелюлози), зокрема аліфатичні кислоти, моносахариди та інші продукти, отримані в результаті їх реакції зневоднення. Найпоширенішим елементом був сирінгальдегід зі сполук, отриманих із лігніну, що може пояснити протигрибкову дію термічно оброблених екстрактів деревини ясеня.

Найпоширенішими дефектами структурних елементів є біологічні пошкодження опорних зон покриття та конструкцій балки перекриття, а застосування просочення полімерною сумішшю в зонах руйнування дає змогу відновити фізико-механічні властивості деревини та зберегти вигляд архітектурної споруди в цілому. У роботі Gribanov et al. (2020) представлені результати рентгенівської томографії реконструйованих зразків зруйнованої деревини, а також наведено техніку випробування зразків на дроблення та зріз уздовж волокон. Виявлено, що збільшення міцності реконструйованих зразків деревини під час дроблення вздовж волокон становило 77 % порів-

няно зі зразками зруйнованої деревини та 83 % при сколюванні.

Стійкість термічно модифікованої деревини до атмосферних впливів є дещо кращою порівняно з необробленою деревиною, але з часом відбувається вивітрювання поверхні і постає необхідність додаткового оброблення. Для цього Miklečić et al. (2010) рекомендують проводити проникальне оброблення, яке можуть забезпечити покриття на основі масла.

Для захисту термічно модифікованої деревини слід враховувати зміну деяких її властивостей. Akyildiz & Kesik (2014) виявили, що термічно модифікована деревина має більш гідрофобну поверхню, мало поглинає воду, але все-таки потребує застосування еластичних покриттів, зокрема на основі масла.

Особливості структури деревини як матеріалу сприяють змінам у глобальному масштабі в будівництві. Wang et al. (2018) зауважують, що численні багатоповерхові будинки з масиву перебувають у стадії планування, розроблення або вже побудовані. Ефективність їх будівництва змінить уявлення архітекторів та інженерів про дерево як матеріал. Хоча всі матеріали можуть руйнуватися при змочуванні, потенціал біодеградації деревини в дерев'яній будівлі потребує особливого вивчення. Визначення та усунення умов, які можуть призвести до цієї деградації, матиме вирішальне значення для забезпечення належних характеристик деревини в таких конструкціях. У цій статті розглянуто та протиставлено потенційні джерела біодеградації, які існують для традиційного дерев'яного будівництва, з тими, що використовуються у масовому будівництві, та визначено методи обмеження ризику деградації.

Teasā et al. (2019) зазначають, що одним з ефективних способів запобіг-

ти деградації деревини є нанесення захисних шарів покриття шляхом хімічної модифікації поверхні. Останні тенденції в цій галузі передбачають використання натуральних продуктів на біологічній основі – екстрактивних речовин, олій, воску, смол, біополімерів, агентів біологічного контролю, для яких основний критерій класифікації представлений типом захисту. Але залишилися невирішеними питання, пов'язані зі стійкістю цих покриттів до атмосферних коливань при застосуванні в зовнішніх умовах.

Pavlič et al. (2021) вивчали сумісність різних покриттів із термічно модифікованою деревиною сосни шотландської. Покриття, нанесені на термічно модифіковану деревину, демонстрували кращі показники, зокрема нижчий рівноважний вміст вологи, нижчу водопроникність, підвищену стабільність розмірів, кращу стійкість до ультрафіолетового випромінювання та стійкість до грибів синяви порівняно з немодифікованою деревиною. Також було встановлено краще проникнення покриття у модифіковану деревину та краще змочування термічно модифікованої деревини захисними покриттями. Крім того, лакофарбові матеріали на основі масла демонстрували кращі результати після одного року зовнішнього вивітрювання порівняно з водними покриттями.

Масла забезпечують найкращий захист виробів із деревини, але їх застосування обмежується їх тривалою полімеризацією, крім того, вони гарантують захист не більше ніж 3 роки. Arminger et al. (2020) досліджували поведінку лляної та тунгової олії, зокрема тунгова олія надавала гідрофобність усім зразкам деревини після нанесення, навіть без сушіння. Для лляної олії потрібно більше часу для сушіння, і вона була більш сприйнят-

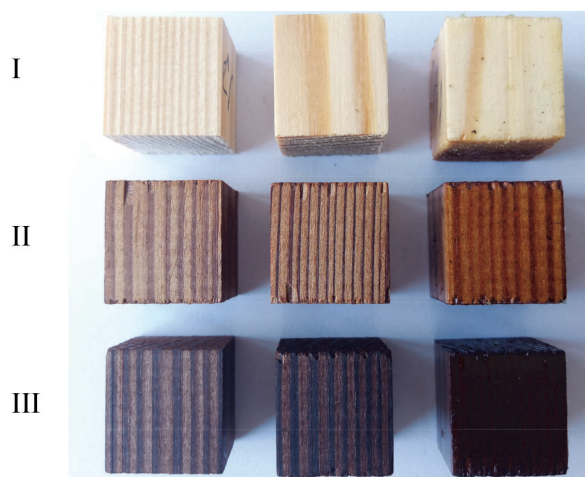


Рис. 1. Модельний зразок деревини сосни: I – немодифікована; термічно модифікована: II – за температури 190°C протягом 10 годин; III – за температури 220 °C протягом 10 годин

ливою до впливу термічно модифікованої деревини.

Отже, з літературних джерел встановлено, що при експлуатації деревини відбувається поступова деградація її складових, що потребує ефективного захисту екологічно безпечними речовинами. Мізерність даних для пояснення і опису процесу біозахисту деревини, нехтування застосуванням органічних речовин для утворення еластичних покриттів призводить до неефективного застосування засобів захисту. Це свідчить про доцільність проведення дослідження із визначення ефективності захисту виробів із деревини захисними покриттями, що сприятиме зростанню терміну застосування будівельних конструкцій в умовах навколишнього середовища.

Мета дослідження. Метою цієї роботи є виявлення закономірностей біодеструкції деревини у разі впливу на захисне покриття мікробіологічних чинників.

Матеріали та методи дослідження.

Визначення процесу біологічної деструкції деревини. Дослідження

проводили на зразках деревини сосни, дуба як конструкційної та граба як їх альтернативи з метою розширення напрямів використання. Загалом використали 9 груп (по 10 шт.) зразків кожної породи, розміром 20 × 20 × 20 мм. 1, 2, 3 групи – необроблена деревина без та з додатковим захистом поверхні антисептиком-гідрофобізатором, 4–9 групи – термомодифікована за температури 190°C та 220°C протягом 10 годин без та з додатковим обробленням. Як антисептик-гідрофобізатор обрали два типи матеріалів – масловіск OIL WAX Bionic House та лазур Colortex Kompozit. Захисні речовини наносили методом занурення з повторним обробленням після висихання першого шару через 24 години. При цьому середня кількість нанесеного покриття відповідала близько 170 г/м² (рис. 1).

Визначення біологічної деструкції деревини проводили за робочою методикою, суть якої полягала в експериментальному визначенні втрати маси захищеної деревини при впливі ґрунтової мікрофлори (ґрунтових руйнівників) за певних повітряно-вологісних

умов і упродовж визначеного часу. Деревину вважають біостійкою, якщо середній показник втрати маси зразків становить не більше ніж 5 %.

Частку зруйнованої деревини розраховували за формулою:

$$X_e = \frac{m_1 - m_2}{m_2}, \quad (1)$$

де m_1 – маса зразка до випробування, г; m_2 – маса зразка після випробування, г.

Моделювання параметрів проникнення мікроорганізмів у деревину та її руйнування. Приймаємо, що частка об'єму деревини, яка бере участь у біохімічному обмінному процесі й залежить від розміру популяції мікроорганізмів, може бути визначена із системи диференціальних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= (\alpha - \beta \cdot R) \cdot N \\ \frac{dR}{dt} &= \gamma \cdot N \\ \frac{dX}{dt} &= k \cdot (a - X) \cdot N \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де N – чисельність (розмір) популяції активних (живих) мікроорганізмів в об'ємі деревини V (m^3); t – час дії мікроорганізмів на деревину, діб; X – частка об'єму деревини, що бере участь у біохімічному обмінному процесі; R – функція зниження чисельності (біозахисних речовин), значення якої дорівнюють частці мікроорганізмів, що припинили життєдіяльність у результаті несприятливих умов: нагромадження продуктів розпаду ферментативної діяльності; виділення отруйних речовин у ході обмінних процесів; підвищення ізолювальної здатності; α – гранично максимальна питома швидкість росту мікроорганізмів; β – питома швидкість зменшення чисельності мікроорганізмів; γ – коефіцієнт зменшення популяції; k – коефіцієнт про-

никності мікроорганізмів у матеріалі; a – загальна частка органічної речовини.

Спочатку вирішуємо незалежну систему двох перших рівнянь системи (1) і отримуємо для популяції мікроорганізмів (Tsapko, 2013):

$$N = \frac{N_m}{\operatorname{ch}^2 \left[\left(1 - \frac{t}{t_m} \right) \cdot \frac{\Delta}{2} \right]}, \quad (3)$$

де N_m – максимальна кількість мікроорганізмів у деревині, %; t_m – час утворення максимальної кількості мікроорганізмів у деревині, діб; Δ – параметр проникнення мікроорганізмів; а також рішення для функції зниження чисельності активних організмів у вигляді:

$$R = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \operatorname{th} \left[\frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{t_m} \right) \cdot \Delta \right] \right\}. \quad (4)$$

На основі експериментальних даних (Tsapko, 2013) та шляхом моделювання рівнянь (3) і (4) виведено динаміку популяції мікроорганізмів в об'ємі матеріалу та функції підвищення чисельності загиблих організмів.

Як видно з рис. 2, у початковий момент часу популяція активних мікроорганізмів у матеріалі є низькою: $N(0) = N_0$, але згодом збільшується, і ця функція обов'язково має точку глобального максимуму (максимального з можливої кількості мікроорганізмів) у певний час $t = t_m$, у якій $N(t_m) = N_m$. Згодом кількість поживних речовин зменшується і популяція мікроорганізмів відмирає.

Ці результати дають уявлення про розмноження мікробактерій у матеріалі та їх відмирання і відповідно показують зміни метаболічних процесів життєдіяльності мікроорганізмів. Захисні речовини в матеріалі підвищують анабіоз мікробактерій і уможливають управління процесом протидії біоруйнуванню.

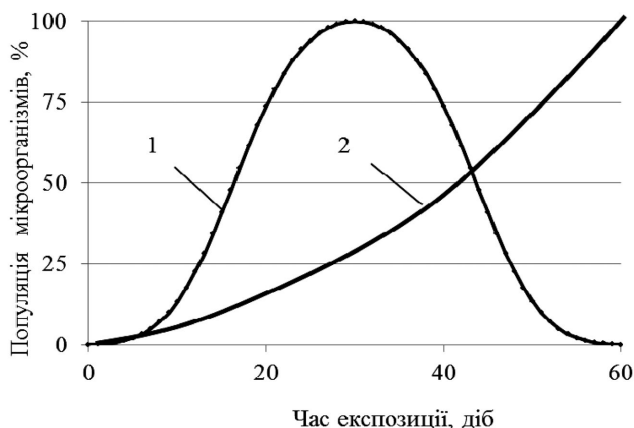


Рис. 2. Динаміка популяції мікроорганізмів в об’ємі матеріалу: 1 – поширення мікроорганізмів, 2 – підвищення чисельності загиблих організмів

Після інтегрування третього рівняння системи (2), враховуючи, що частка зруйнованого матеріалу не може перевищувати 1 або приймати негативні значення, і після підстановки в його праву частину замість N виразу (3), отримуємо рівняння:

$$X = 1 - e^{-2kN_m \frac{t_m}{\Delta} \left\{ \text{th} \frac{\Delta}{2} - \text{th} \left[\left(1 - \frac{t}{t_m} \right) \frac{\Delta}{2} \right] \right\}}. \quad (5)$$

На рис. 3 наведено розрахунок частки матеріалу, яка руйнується під дією мікроорганізмів.

Процес біологічного руйнування деревини має інкубаційний період – проміжок часу, після якого починається інтенсивне руйнування. В наших дослідженнях допускаємо, що тривалість цього періоду збігається з проміжком часу t_m , за якого популяція мікроорганізмів досягне критичного розміру. Крім того, постає необхідність знайти значення параметра біоруйнівного процесу Δ , коефіцієнта проникності k та встановити максимальну кількість мікроорганізмів у деревині N_m .

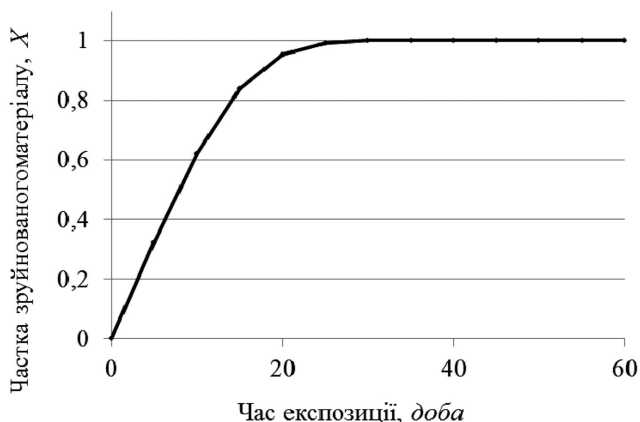


Рис. 3. Частка матеріалу, яка руйнується під дією мікроорганізмів

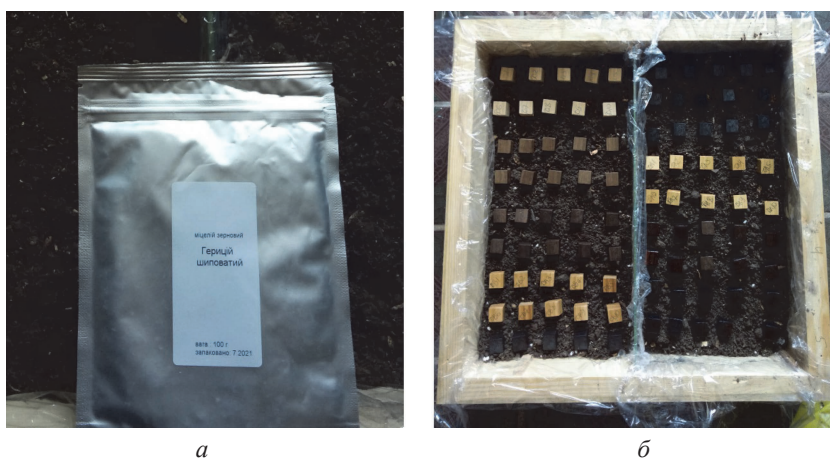


Рис. 4. Визначення стійкості деревини до біошкідників:
а – культури грибів Геріцію шиповатого (*Hericium erinaceus*);
б – дослідні зразки деревини у лабораторних умовах

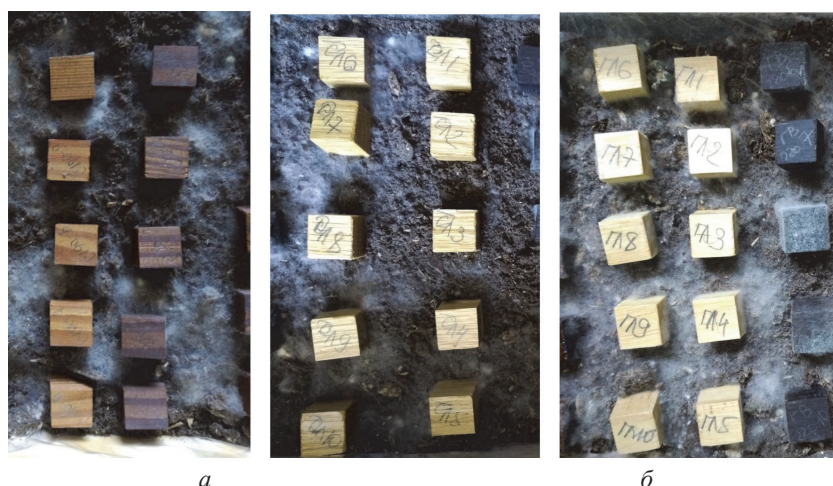


Рис. 5. Поява міцелію на поверхні ґрунту у ящиках зі зразками деревини на першому тижні дослідження: *а* – сосна; *б* – дуб; *в* – граб

Результати дослідження та їх обговорення. Експериментальні зразки витримували протягом двох календарних місяців у лабораторних умовах на кафедрі технологій та дизайну виробів із деревини НУБіП України. У ґрунт підсадили культуру дереворуйнівного гриба Геріцію шиповатого (*Hericium erinaceus*) (рис. 4). Цей вид гриба має однакову силу впливу як на хвойні, так і на листяні породи дере-

вини. Також контролювали та підтримували параметри середовища на необхідному рівні: температура середовища $25 \pm 2^\circ\text{C}$ та вологість ґрунту 75–80 %.

Упродовж випробування проводили спостереження за розвитком грибних уражень на поверхні зразків. Через шість діб в усіх ящиках виявлено білий пухнастий міцелій гриба на поверхні ґрунту (рис. 5).

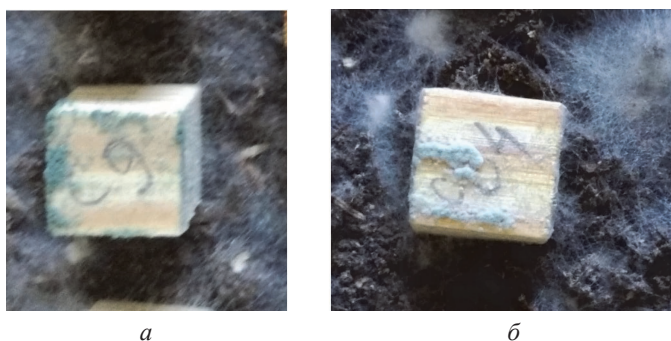


Рис. 6. Видгляд зразків деревини сосни на шосту добу експозиції у ящику із ґрунтом: *а* – необроблена; *б* – поверхню оброблено масловоском



Рис. 7. Зміна зовнішнього вигляду зразків деревини граба після тижня витримки у ящику із ґрунтом

Частково міцелій дереворуйнівного гриба поширювався на поверхні зразків усіх досліджуваних порід деревини із додатковим обробленням лазур'ю. На зразках деревини сосни необробленої та обробленої масловоском можна спостерігати ватоподібний міцелій зеленого кольору (рис. 6).

На восьму добу схожий міцелій з'явився на зразках термомодифікованої за 190°C і 220°C деревини сосни із обробленням масловоском. На зразках необробленої деревини граба спостерігали появу коричневих плям (рис. 7). З часом кількість ушкоджених зразків та площа ураження збільшувалися.

На зразках деревини дуба модифікованого за температури 220°C із поверхнею, обробленою масловоском, пухнастий міцелій зеленого кольору

почав з'являтися на 16-ту добу, проте за зовнішнім виглядом він відрізнявся від того, що виявили на сосні. У цей час на деревині граба, термомодифікованої за 190°C без поверхневого оброблення, виявлено порошокподібний міцелій сірого кольору. На деревині граба без термомодифікування із поверхнею, обробленою лазур'ю, виявлено пухнастий міцелій сіро-зеленого кольору.

На цьому етапі необроблена деревина дуба почала зафарбовуватися у жовтий колір (рис. 8).

На 20-ту добу деревина сосни покрилася брудно-зеленим міцелієм на більшій площі зразків. Деревина граба, термомодифікованого за 190°C та з додатковим обробленням масловоском, почала покриватися нальотом сірого кольору. Ще через чотири доби на торцях



Рис. 8. Вигляд необробленої деревини дуба через два тижні досліджень



Рис. 9. Поява чорних плям на зразках деревини сосни, обробленої масло-воском, на 24-ту добу

зразків деревини сосни з поверхневим обробленням маслосвоском почали з'являтися плями чорного кольору (рис. 9).

Зразки деревини дуба, термомодифікованого за 190°C і обробленого лазур'ю, в цей час були вкриті частково зеленим порошкоподібним міцелієм.

Дослідні зразки продовжували витримувати в умовах, сприятливих для розвитку дереворуйнівних грибів. Через тиждень зафіксовано появу на необробленій деревині сосни зеленого і червоного забарвлення. Зразки дуба необробленого активно набирали вологу в цей період і забарвлювалися у жовтий колір. Також на торцях подекуди було видно ватоподібний міцелій зеленого кольору. Схоже явище було на зразках деревини дуба, модифікова-

ного за температури 220°C . Деревина граба залишалася без помітних змін.

На 38-му добу експозиції у лабораторних ящиках деревина сосни активно набрала вологу із ґрунту і набула жовтого забарвлення. Така сама ситуація була зі зразками деревини дуба, обробленої маслосвоском, на деяких поверхнях помітне червоне забарвлення. З'явився білий міцелій на торцях зразків деревини дуба, термомодифікованого за 190°C і обробленого лазур'ю. Дуже мала частка міцелію жовтого кольору помітна на зразках необробленої деревини граба (рис. 10).

Ще через 10 діб досліду зразки сосни, обробленої маслосвоском, набрали вологу і пожовтіли. На зразках сосни, термомодифікованої за 220°C , було помітно білий міцелій на значній поверх-



Рис. 10. Зовнішній вигляд зразків необробленого граба на 38-му добу експозиції у агресивних умовах



Рис. 11. Зовнішній вигляд зразків деревини граба, обробленої масловоском

ні. Торцева поверхня деревини сосни, модифікованої за 220°C із додатковим нанесенням лазурі, вкрилася міцелієм світло-зеленого кольору. Зовнішній вигляд граба, обробленого масловоском, також змінився: на торцевих поверхнях помітний міцелій жовтого кольору, а на верхній частині (протилежній від місця контакту з ґрунтом) – сітчаста павутина гіф (рис. 11).

На зразках необробленого граба в деяких місцях плями коричневого кольору змінилися на чорні. Через два місяці витримки зразків у агресивних умовах помітне було потемніння нижньої частини, що безпосередньо контактувала з ґрунтом.

Після завершення експериментального дослідження зразки очистили від ґрунту, зважили після висушування і

визначили вплив покриття масловоску та лазурі на стійкість деревини до біоруйнування (табл. 1).

Як бачимо, термічне модифікування збільшує стійкість деревини до впливу біологічних шкідників. Зокрема, втрата маси у термомодифікованих зразках за 190°C під час експозиції у зараженому ґрунті зменшилася у 5 разів для деревини сосни; у 3,5 рази – для граба і 3 рази для дуба. Вплив температури 220°C сприяє зменшенню показника у 5,6, 4,5 і 3,1 рази відповідно. Додаткове нанесення захисних речовин на поверхню посилює рівень захисту деревини сосни необробленої на 72 %, термомодифікованої за 190°C – на 25 %, за 220°C – на 37 %. Схожі результати для деревини граба – 60 %, 37 % і 28 %, для дуба – 50 %, 37 % і 37 % відповідно.

1. Результати дослідження впливу масловоску та лазурі на стійкість деревини до біоруйнування

Об'єкт випробування	Маса зразка, г		Втрата маси деревини, %	Частка зруйнованої деревини
	до випробувань	після випробувань		
1	2	3	4	5
Сосна необроблена	4,9	4,1	16,330000	0,195122
Сосна необроблена+масловіск	4,33	4,12	4,850000	0,053528
Сосна необроблена+лазур	4,7	4,5	4,250000	0,044444
Сосна т. м.* за 190°C	4,86	4,7	3,290000	0,034043
Сосна т. м. за 190°C+масловіск	5,65	5,51	2,480000	0,025408
Сосна т. м. за 190°C+лазур	4,46	4,36	2,240000	0,022936
Сосна т. м. за 220°C	4,49	4,36	2,890000	0,029817
Сосна т. м. за 220°C+масловіск	5,45	5,35	1,830000	0,018692
Сосна т. м. за 220°C+лазур	3,87	3,8	1,810000	0,018421
Граб необроблений	6,89	6,32	8,272859	0,090190
Граб необроблений+масловіск	7,24	6,99	3,453039	0,035765
Граб необроблений+лазур	6,99	6,77	3,147353	0,032496
Граб т. м. за 190°C	6,7	6,54	2,38806	0,024465
Граб т. м. за 190°C+масловіск	7,31	7,2	1,504788	0,015278
Граб т. м. за 190°C+лазур	7,13	7,03	1,402525	0,014225
Граб т. м. за 220°C	6,48	6,36	1,851852	0,018868
Граб т. м. за 220°C+масловіск	6,9	6,81	1,304348	0,013216
Граб т. м. за 220°C+лазур	6,8	6,71	1,323529	0,013413
Дуб необроблений	5,44	4,98	8,455882	0,092369
Дуб необроблений +масловіск	4,98	4,76	4,417671	0,046218
Дуб необроблений +лазур	4,75	4,55	4,210526	0,043956
Дуб т. м. за 190°C	4,14	4,02	2,898551	0,029851
Дуб т. м. за 190°C+масловіск	5,29	5,19	1,890359	0,019268
Дуб т. м. за 190°C+лазур	5,14	5,05	1,750973	0,017822
Дуб т. м. за 220°C	4,43	4,31	2,708804	0,027842
Дуб т. м. за 220°C+масловіск	4,3	4,22	1,860465	0,018957
Дуб т. м. за 220°C+лазур	4,29	4,22	1,631702	0,016588

* Т. м. – термічно модифікована.

Враховуючи наведені результати з визначення частки зруйнованої деревини, наприклад сосни, за допомогою трифакторного симплекс-центрального методу планування експерименту в математичному середовищі Statistica 12, проведено статистичне оброблення результатів.

Як фактори варіювання були обрані: температура термічної модифікації, °C (фактор X_1); кількість покриття, г/м² (фактор X_2), зміни яких наведено в табл. 2.

Як вихідний параметр (функції відгуку) було обрано частку зруйнованого матеріалу, значення якого фіксували на зразках, що зазнавали впливу мікробактерій. Матрицю планування експерименту та її математичну реалізацію наведена в табл. 3.

У результаті моделювання отримано рівняння регресії та побудовано тернарні поверхні змін вихідного параметру залежно від змін факторів варіювання (рис. 12).

2. Фактори варіювання

Фактори	Код	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
		-1	0	+1	
Температура термічної модифікації, °С	X ₁	100	190	220	30
Кількість покриття, г/м ²	X ₂	160	170	180	10

3. Матриця експерименту та її реалізація

№ з/п	Фактори, вигляд		Матриця планування		Функція відгуку	
	X ₁	X ₂	температура термічної модифікації, °С	кількість покриття, г/м ²	Y факт.	Y розрах.
1	1	1	220	180	0,029	0,03
2	1	-1	220	160	0,034	0,04
3	-1	1	100	180	0,2	0,20
4	-1	-1	100	160	0,16	0,16
5	1	0	220	170	0,031	0,03
6	-1	0	100	170	0,18	0,18
7	0	1	190	180	0,042	0,05
8	0	-1	190	160	0,048	0,04
9	0	0	190	170	0,044	0,04
10	0	0	190	170	0,043	0,04
11	0	0	190	170	0,045	0,04

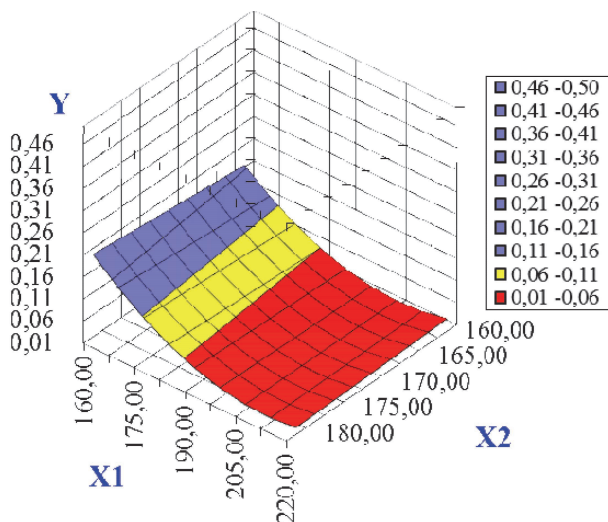


Рис. 12. Тернарні поверхні змін вихідного параметра залежно від змін факторів варіювання масловоску

Рівняння регресії:

$$Y_{\text{розрах}} = 0,044 - 0,074X_1 + 0,005X_2 + 0,061X_{11} + 0,0001X_{22} - 0,011X_1X_2,$$

Аналогічно отримуємо для деревини граба і дубу:

$$Y_{\text{розрах}} = 0,036 - 0,051X_1 + 0,006X_2 + 0,035X_{11} - 0,0001X_{22} + 0,003X_1X_2,$$

$$Y_{\text{розрах}} = 0,042 - 0,081X_1 - 0,002X_2 + 0,066X_{11} - 0,0004X_{22} - 0,006X_1X_2.$$

На основі проведеного комп'ютерного моделювання визначено найкраще значення температури модифікування та кількості захисного покриття, що забезпечує виконання поставленого завдання, а саме найменше значення частки зруйнованого матеріалу.

Висновки і перспективи. Виявлено позитивний вплив створення на поверхні деревини плівки захисного покриття на підвищення стійкості до дії біологічних руйнівників. Аналіз результатів показує, що максимальна втрата маси в разі біоруїнування необроблених зразків деревини становила від 7,6 % до 16 %, а втрата маси зразків термічно модифікованої деревини

не перевищила 3 %, оброблені маслом та лазур'ю – менше ніж 2 %. Розкрито уявлення про розмноження мікробактерій у матеріалі та їх відмирання, що відповідно показують зміни метаболічних процесів життєдіяльності мікроорганізмів.

Встановлено, що застосування поверхонь, оброблених маслом та лазур'ю, зменшує процес біодеструкції в понад 8 разів для необроблених зразків. Таке покриття значною мірою підвищує термін експлуатації деревини. Результати досліджень також дають змогу цілеспрямовано вирішувати подальші завдання щодо створення нових засобів і способів захисту деревини відповідно до умов експлуатації деревини на різних об'єктах.

Список літератури

- Akyildiz, M. H., & Kesik, H. I. (2014). Effect of heat treatment on the adhesion 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, March 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. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105831>
- Candellier, K., Thévenon, M.-F., Collet, R., Gérardin, P., & Dumarçay, S. (2020). Anti-fungal and anti-termite activity of extractives compounds from thermally modified ash woods. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 22 (2), 223–240. <http://doi.org/10.4067/S0718-221X2020005000209>
- Gribanov, A., Glebova, T., & Roschina, S. (2020). Restoration of Destructive Wood in Supporting Zones of Wooden Beams. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 70, 157–166.
- Kubovský, I., Kačíková, D., & Kačík, F. (2020). Structural changes of oak wood main components caused by thermal modification. *Polymers*, 12 (2), 485. <https://doi.org/10.3390/polym12020485>
- 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.
- 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>
- Teacă, C.-A., Roșu, D., Mustață, F., Roșca, I., & Varganici, C.-D. (2019). Natural bio-based products for wood coating and protection against degradation: A review. *BioResources*, 14 (2), 4873–4901.
- Tsapko, Yu. V. (2013). Study of modified wood resistance to microbiological destruction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6/10 (66), 52–55.
- Tsapko, Yu., Horbachova, O., Mazurchuk, S., & Bondarenko, O. (2021). Study of resistance of thermomodified wood to the influence of natural conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1164, 012080. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1164/1/012080>
- Wang, J. Y., Stirling, R., Morris, P. I., Barnes, H. M., & Morrell, J. (2018). Durability of mass timber structures: A review of the biological risks. *Wood and Fiber Science*, 50, 110–127.

**Tsapko Yu. V., Horbachova O. Yu., Mazurchuk S. M.
ESTABLISHMENT OF THE REGULARITIES
OF THE POLYMER COVER INFLUENCE ON THE WOOD BIO DESTRUCTION**

The process of wood biological destruction is analyzed. It was found that the neglect of environmentally friendly means of bioprotection, leads to the destruction of wooden structures under the action of microorganisms. It is established that the study of wood protection conditions leads to the creation of new types of protective materials that reduce water absorption, as well as reduce the amount of substances that are the environment for the development of wood-destroying fungi. In this regard, a computational and experimental method for determining the proportion of destroyed material under the action of microorganisms using an antiseptic has been developed. The analysis of the results shows that the maximum weight loss in the case of biodegradation of untreated wood samples ranged from 7,6 to 16 %, and the weight loss of thermally modified wood samples did not exceed 3 %, antiseptic-hydrophobicizer – was less than 2 %. It was found that the protection when treated with thermally modified wood with oil-wax and azure exceeds (compared to untreated) more than 4 times in terms of biodegradation, and treatment with antiseptic-water repellent for untreated oil-wax and azure – more than 8 times. It should be noted that the presence of oil-wax and azure leads to blockage of the wood surface from the penetration of moisture or microorganisms. Therefore, the intensity of wood-destroying fungus development on the surface of various samples are differed. Obviously, such a mechanism of the protective coating influence is the factor regulating the process, which preserves the integrity of the object. On the experimental data basis and by modeling the equations, the microorganisms population dynamics in the volume of material and the function of increasing the number of dead organisms are derived. Thus, a polymer shell was created on the surface of the sample, which significantly reduced the penetration of microorganisms into the wood, and the weight loss of wood during biodegradation did not exceed 2,5 %. Additional application of protective substances on the surface increases the protection level of untreated pine wood by 72 %, thermomodified at 190 °C – 25 %, at 220 °C – by 37 %. Similar results for hornbeam wood – 60; 37 and 28 %, for oak – 50; 37 and 37 % respectively.

Keywords: wood, efficiency of thermal modification, antiseptics, protective coatings, biodegradation, wood stability.

Отримано: 2021-10-22

ПЕРВИННИЙ МОРФОГЕНЕЗ
SORBUS TORMINALIS (L.) GRANTZ
У КУЛЬТУРИ *IN VITRO*

С. Ю. БІЛОУС, кандидат біологічних наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-1682-5352>, e-mail: forest_biotech@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України
Р. К. МАТЯШУК, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0003-1929-0522>, e-mail: raisakiev2015@gmail.com
ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»

Нині методи *in vitro* у поєднанні з *ex situ* стають усе важливішими засобами збереження та підтримання рівня стабільності фіторізноманіття. *Sorbus torminalis* L. – дерево родини розових (*Rosaceae*), що росте на території України, належить до рідкісних, цінних аборигенних видів і занесене до Червоної книги України, з наданням йому охоронного статусу – зникаючий.

У роботі наведено особливості введення в культуру *in vitro* багатовікових представників *S. torminalis* із використанням різних типів експлантів, стерилізувальних речовин, умов культивування та складу живильного середовища. Для введення в культуру *in vitro* *S. torminalis* оптимальними є однорічні пагони з апікальними та латеральними бруньками завдовжки 15–25 см. Вивчено вплив різних варіантів стерилізації на розвиток первинних мікропагонів. Для стерилізації штучно пробуджених і молодих пагонів найефективніше використовувати 0,1 % розчин AgNO_3 (7 хв) та 15 % розчин H_2O_2 (10 хв). Відпрацьована методика стерилізації експлантів *S. torminalis* забезпечила 80–90 % вихід асептичного рослинного матеріалу. Встановлено, що режим стерилізації суттєво не впливає на первинний морфогенез експлантів і проходить рівномірно. Визначено оптимальні складові живильних середовищ на етапі введення у культуру *in vitro* та первинного морфогенезу *S. torminalis*.

Для культивування різних типів експлантів *S. torminalis*, використовували живильні середовища WPM із додаванням до їх складу синтетичних регуляторів росту рослин: 6-бензиламінопурин, тидіазурон, кінетин $0,5\text{--}1,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ й α -нафтилоцтової кислоти $0,01\text{--}0,05 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ як окремо, так і в поєднанні між собою. Зокрема, для регенерації рослин із бічних та апікальних бруньок експлантів ефективним є середовище WPM із додаванням БАП $1,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ + $0,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ НОК та середовище WPM + ТДЗ $0,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ із додаванням PVP $200 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Для індукції закладання додаткових бруньок і пагонів на експланті з апікальних меристем у середовище слід додавати $4,0 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ БАП + $0,01 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$ НОК із додаванням PVP $200 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Ключові слова: *Sorbus torminalis* L., асептична культура, морфогенез.

Актуальність та аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміни природних територій, їх деградація, спричинені діяльністю людини та змінами клімату, прискорюють зникнення видів та популяцій (Shpak, 2019, 2021). Культивування раритетних видів рослин із метою збереження їх генофонду є одним з основних завдань сучасності.

Рід *Sorbus* L. належить до родини розових (*Rosaceae*) і налічує 84 види, а також велику кількість гібридних форм, які ростуть у помірному поясі Північної півкулі. *S. torminalis* – берека є одним із видів деревних рослин, який росте на території України, має міцну деревину, рівний і стрункий стовбур заввишки більше як 25 м, густу й дуже декоративну крону (Kokhno et al., 2002). Належить до рідкісних, надзвичайно цінних аборигенних видів. Широке використання береки лікарської стало причиною винищення цієї рослини. Нині береку лікарську занесено до Червоної книги майже 10 країн, зокрема й України з наданням цьому дереву охоронного статусу – таке, що зникає (Vasyliuk, 2017; Grynyuk et al., 2019).

Найстарші представники береки в Україні були зафіксовані на Поділлі на початку ХХ ст. У різних кліматичних поясах тривалість життя дерев коливається від 80 до 400 років (Diduch, 2009, Grynyuk et al., 2019). Також збереглися поодинокі особини або групи з 3–5 дерев, зокрема в місцях, мало придатних для лісгосподарської діяльності (Bondar, 2002). Багатовікові екземпляри береки наявні в деяких ботанічних садах і дендропарках Києва.

Берека лікарська перебуває під охороною на території природних заповідників Ялтинського гірсько-лісового, Карадазького, Кримського та «Медобори»; у національних природних пар-

ках «Подільські Товтри» та «Кармелюкове Поділля»; РЛП «Чернівецький», «Дністровський каньйон»; у національному дендропарку «Софіївка» НАН України; у заповідних урочищах та пам'ятках природи Чернівецької, Івано-Франківської, Тернопільської та Вінницької областей. Заборонено вибірку рубку дерев береки лікарської, руйнування місць її природного поновлення (Shpak, 2019, 2018, 2021).

Для збереження цієї рослини рекомендують культивувати цінні екземпляри в штучних умовах, зокрема методом мікроклонального розмноження рослин *in vitro*, тобто в пробірці (Dunstan et al., 1986; Chalupa, 2002; Bilous et al., 2019; Chornobrov et al., 2019). Актуальність мікроклонального розмноження саме цього виду *in vitro* пов'язана з тим, що традиційні методи є недостатньо ефективними й мають певні недоліки (Bendorz, 2004; Syplyva, 2009; Grynyuk et al., 2019).

Крім того, збереження цінних екземплярів, багатовікових дерев *S. torminalis*, як елементів природних комплексів території природно-заповідного фонду України, нині можливе лише з використанням культури ізольованих тканин. Тому розроблення основних підходів на кожному з етапів мікроклонального розмноження – єдиний шлях отримання за мінімальної кількості маточних рослин у короткі терміни, необхідної кількості морфологічно стабільного та генетичного однорідного садивного матеріалу (Boulay, 1987; Bajaja, 1986; Arrillaga et al., 1991; Bilokurova, 2010).

Мета дослідження – визначення особливостей прямої регенерації рослин *S. torminalis* (L.) на початкових етапах культивування ізольованих мікропагонів *in vitro* залежно від генотипу, типу експланта, умов культивування та складу живильного середовища.

Матеріали і методи дослідження.

Експериментальні роботи проводили у лабораторії біотехнології та клітинної інженерії Національного університету біоресурсів та природокористування України. Дослідним об'єктом була рослина *S. torminalis*, яка зростає на території арборетуму НУБіП України і є цінним декоративним інтродуцентом, і багатівікові екземпляри, що зростають на території м. Київ.

Для виконання дослідів експланти відбирали з лютого до березня з рослин-донорів старих дерев. Це були частини однорічних пагонів довжиною від 15 до 25 см із верхівковими та бічними бруньками. Зрізані пагони поміщали до термошафи на 14 днів для пророщування за температури повітря +24°C. Сформований приріст із бруньок використовували для введення в культуру *in vitro*. Здерев'янілі фрагменти пагонів також використовували як експланти. Живці розміром 3–4 см нарізали з ізольованих пагонів на початкових етапах сезонного розвитку *S. torminalis*. У цей період їх контамінація значно менша, а підвищений гормональний фон сприяє більш ефективному введенню в культуру *in vitro*.

Перший етап стерилізації проводили в нестерильних умовах, промиваючи фрагменти рослин у мильному розчині з додаванням Твін-20 за постійного помішування протягом 15 хв. Після цього промивали 15 хв у проточній воді й переносили в стерильну дистильовану воду (dH₂O).

Для стерилізації рослинного матеріалу *S. torminalis* використовували 70 % етанол (протягом 30–60 с), 0,1 % розчин нітрату срібла (AgNO₃) (5–15 хв) і 0,1 % водний розчин HgCl₂ (5–15 хв). Для регенерації мікропагонів застосовували живильне середовище (ЖС) Woody Plant Media (WPM), безгормональне (б/г), модифіковане

антиоксидантами (Chalupa, 1987, 1992; Lloyd & McCown, 1980).

Для дослідження регенераційної здатності фрагменти пагонів *S. torminalis* завдовжки 1,0–1,5 см культивували на ЖС WPM базовому з додаванням синтетичних регуляторів росту рослин: 0,5–2,0 мг·л⁻¹ БАП, НОК 0,01–0,5 мг·л⁻¹ та полівінілпіролідона (PVP) 200–500 мг·л⁻¹.

Результати дослідження та їх обговорення. Процес отримання асептичної культури з експлантів багатівікових дерев ускладнений через ендогенну та екзогенну ураженості тканин й інтенсивне виділення вторинних метаболітів у живильне середовище.

На ефективність отримання асептичних і здатних до подальшого розвитку експлантів у культурі *in vitro* впливає низка факторів, зокрема тип стериліанта, експозиція та фаза росту донорської рослини.

Враховуючи всі особливості експлантів із багатівікових дерев, підбирали стерилізувальний розчин, який легко вимивався з тканин дистильованою водою або розкладався, щоб не пошкоджувати тканини рослин.

Для отримання первинної морфогенно-здатної культури експлантів оптимальною виявилась така схема стерилізації: спочатку занурення експлантів на 30–60 с у 0,1 % розчин HgCl₂, після – 70 % розчин етанолу (C₂H₅OH) 30 с, далі 0,1 % розчин хлориду ртуті (HgCl₂) з експозицією 5–8 хв. Після цього експланти промивали двічі у стерильній dH₂O і третій раз занурювали у розчин галової кислоти на 5 хв (конц. 5 мл/моль). У такий спосіб нам вдалось зменшити кількість виділених вторинних метаболітів експлантами на початкових етапах і збільшити ефективність стерилізації на 30 %. Також вдалося з'ясувати, що ви-

1. Результат стерилізації експлантів *S. torminalis*

№ з/п	Стерилізувальна речовина, %		Експозиція, хв	Кількість експлантів на 3 добу, %		
				уражені	морфогенно здатні	загиблі
1	AgNO ₃ H ₂ O ₂	0,1 25	7	5	60	35
			10			
2	AgNO ₃ H ₂ O ₂	0,1 15	7	5	85	10
			10			
3	AgNO ₃	0,1	10	80	20	-
4	AgNO ₃	0,1	7	90	-	10
5	HgCl ₂	0,1	10	10	40	50
6	HgCl ₂	0,1	7	3	90	7
7	HgCl ₂	0,1	5	40	30	30

користання розчину пероксиду водню H₂O₂ 15 % за такою самою схемою забезпечує ще менше виділення фенолів експлантами *S. torminalis*.

Аналізуючи кількість стерильних та інфікованих експлантів, після застосування різних стерилізувальних розчинів (табл. 1) встановлено, що найефективнішим виявився спосіб стерилізації № 2 з використанням 0,1 % розчину AgNO₃ з експозицією 7 хв та витримкою після цього у 15 % розчині H₂O₂ протягом 10 хв.

Такий підхід дав змогу отримати 85 % асептичних і життєздатних експлантів на 3-тю добу культивування. Стерилізація експлантів лише з вико-

ристанням розчину AgNO₃ (7–10 хв) не дала позитивних результатів.

У цьому випадку спостерігали окислення та ураження тканин грибами і бактеріальними патогенами.

На відміну від цього 0,1 % розчин HgCl₂ можна було використовувати як для здерев'янілих, так і штучно пробуджених пагонів без поєднання з іншими розчинами. Для штучно пробуджених пагонів ефективність становила 90 %.

У результаті варіант стерилізації № 2 виявився найбільш оптимальним, оскільки ізольовані експланти на 14-й день культивування проявляли здатність до морфогенезу (рис. 1).

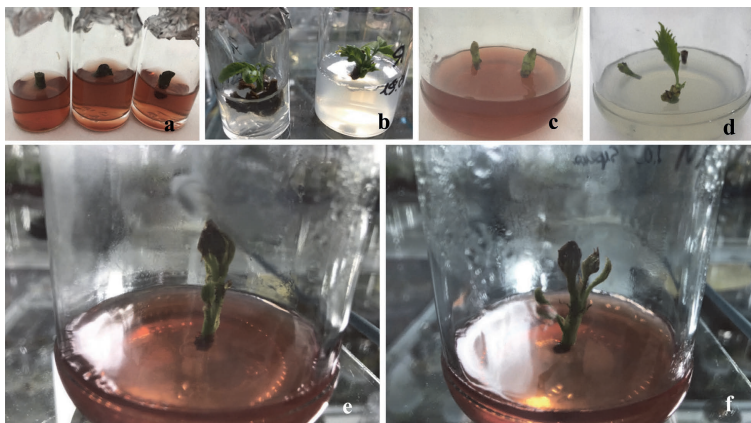


Рис. 1. Асептичні й регенераційно здатні експланти *S. torminalis* in vitro: а – 3 доба; с – 7 добу; b, d – 14 доба; e, f – 21 доба

Враховуючи те, що стерилізація – це стрес для рослини, було проведено дослідження з впливу способу стерилізації на особливості первинного морфогенезу *S. torminalis*.

У результаті не було встановлено значного порушення у проходженні первинного морфогенезу й розвитку експлантів. Після першого пасажу формування мікропагонів відбувалося протягом 60 діб.

Щоб стимулювати первинну регенерацію мікропагонів *S. torminalis* із культури меристем використовували ЖС WPM доповнене регуляторами росту рослин (PPP) 0,5–4,0 мг·л⁻¹ БАП, ТДЗ, кінетин, НОК 0,01–0,5 мг·л⁻¹ (табл. 1).

Додатково до ЖС додавали 7 г·л⁻¹ агару, 0,1 г·л⁻¹ мезоінозитола, джерелом вуглеводневого живлення слугувала сахароза та глюкоза 10–30 г·л⁻¹. Як джерело заліза використовували базову хелатну форму заліза – *Fe-хелат* та високоєфективну хелатну форму заліза етилендіаміндигідроксифенилацетат заліза 6 % (*FeEDDHA*), полівінілпіролідон (PVP) 200–500 мг·л⁻¹, що виконує антиоксидантну функцію в середині клітин, в умовах стресу, рН середовища – 5,6.

Найбільш оптимальним типом первинних експлантів *S. torminalis* для

отримання асептичної культури *in vitro* є штучно пробуджені бруньки.

Для успішного введення в культуру *in vitro* найкраще підходить ЖС WPM із додаванням 30 мг·л⁻¹ сахарози, 7 г·л⁻¹ агар-агар з рН = 5,6, а також умовами культивування: освітленість 4000 лк, температура +25±1°C, 16-годинний фотоперіод.

Для стабілізації *in vitro* регенерантів *S. torminalis* рекомендують ЖС WPM, доповнене БАП 1,0 мг·л⁻¹ та ТДЗ 0,5 мг·л⁻¹, за 40–60 діб культивування *in vitro* у всіх регенерантів спостерігали індукцію додаткових бруньок.

У варіантах живильних середовищ WPM із додаванням БАП і НОК у різних концентраціях коефіцієнт мультиплікації мікропагонів коливався в межах 1,2–3,88, а кількість експлантів, що дали проліферацію бруньок, становила (40,00±5,03 до 92,20±2,68 %). У цих варіантах експланти мали міцні стебла й темно-зелене забарвлення листків.

У варіанті ЖС WPM + 1,5 мг·л⁻¹ БАП + 0,05 мг·л⁻¹ НОК кількість експлантів, що дали проліферацію бруньок, становила 81,97±3,48 %, коефіцієнт розмноження пагонів – 3,13, при цьому пагони були добре розвинені, зеленого забарвлення й довжиною близько 4,89±0,45 см. Цей варіант оптимальний для формування бруньок.

2. Вплив регуляторів росту на здатність до регенерації мікропагонів у експлантів *S. torminalis*

ЖС	Регулятори росту рослин, мг·л ⁻¹				Кількість експлантів з проліферацією, %	Коефіцієнт мультиплікації мікропагонів	Середня висота мікропагонів, см
	БАП	НОК	ТДЗ	Кін			
К WPM	-	-	-	-	22,68±4,25	1,67	1,36±0,17
WPM 1	0,5	0,2	-	-	40,00±5,03	1,24	1,41±0,12
WPM 2	1,0	0,01	-	-	88,89±3,14	3,88	2,65±0,65
WPM 3	1,5	0,05	-	-	81,97±3,48	3,13	4,89±0,45
WPM 4	4,0	0,01	-	-	92,20±2,68	2,43	2,72±0,36
WPM 5	-	0,1	0,5	-	59,64±2,80	2,33	2,73±0,79
WPM 6	-	-	-	0,5	42,65±3,46	1,51	1,26±0,19
WPM 7	-	-	-	0,25	34,62±4,17	1,20	1,16±0,37

У варіанті середовища WPM + 1,0 мг·л⁻¹ БАП, 0,01 мг·л⁻¹ НОК коефіцієнт розмноження мікропагонів становить 3,88, довжина мікропагонів – 2,65±0,65 см. При додаванні до ЖС МС кінетину в різних концентраціях коефіцієнт мультиплікації коливався в межах 1,20–1,51, а кількість експлантів, що дали проліферацію бруньок, сягало 42,65±3,46 %. У цих варіантах було зауважено формування бруньок середньої довжини зі світло-зеленим забарвленням. У результаті можна зробити висновок, що додавання кінетину не є оптимальним для покращення регенераційної здатності первинних експлантів *S. torminalis*.

Своєю чергою ЖС WPM + 30 г·л⁻¹ сахарози + 7 г·л⁻¹ агару + 1,5 мг·л⁻¹ БАП та ЖС WPM + 30 г·л⁻¹ сахарози + 7 г·л⁻¹ агару + 1,0 мг·л⁻¹ БАП 0,5 мг·л⁻¹ НОК є найкращими для розмноження мікропагонів із первинних асептичних експлантів *S. torminalis*.

Культивування експлантів на цьому живильному середовищі забезпечило розвиток центрального пагону і формування додаткових адвентивних пагонів на 21–60 добу культивування.

Висновки і перспективи. За результатами було визначено особливості прямої регенерації первинних мікропагонів *S. torminalis* на етапі введення в культуру *in vitro* та початкових етапах культивування ізольованих мікропагонів залежно від типу експланта, умов культивування та складу живильного середовища.

Найоптимальнішим рослинним матеріалом *S. torminalis* для введення в культуру *in vitro* є однорічні пагони.

Досліджено, що стерилізації за такої схеми: оброблення мильним розчином на мішалці 15 хв + промивання у воді 10 хв + перенесення у стерильну воду + занурення у розчин етанолу 30 сек + витримання у розчині 0,1 % HgCl₂ протягом 7 хв із триразовим від-

миванням по 7 хв забезпечує найбільшу ефективність стерилізації 96 % асептичних життєздатних експлантів.

Для штучно пробуджених і молодих пагонів ефективним є використання комплексної стерилізації з розчинами – 0,1 % AgNO₃ (7 хв) та 15 % H₂O₂ (10 хв) і триразовим відмиванням по 10 хв, що забезпечує 85 % асептичних і здатних до морфогенезу експлантів.

Встановлено, що режим стерилізації суттєво не впливав на морфогенез експлантів і проходив рівномірно на всіх придатних схемах стерилізації.

Додавання PVP 200 мг·л⁻¹ позитивно впливало на розвиток усіх експлантів, побуріння середовища та експланту не помічали.

Оптимізовано живильне середовище для регенерації рослин із бічних та апікальних бруньок експлантів (середовище WPM + БАП 1,5 мг·л⁻¹ + 0,5 мг·л⁻¹ НОК та середовище WPM + ТДЗ 0,5 мг·л⁻¹ з додаванням PVP 200 мг·л⁻¹).

Для індукції закладання додаткових бруньок і пагонів на експланті з апікальних меристем у середовище слід додавати 4,0 мг·л⁻¹ БАП + 0,01 мг·л⁻¹ НОК із додаванням PVP 200 мг·л⁻¹.

Активізація морфогенезу з вегетативних експлантів старих дерев береки проходила нерівномірно.

Порівнюючи дані попередніх років із отриманими, можемо зробити висновок, що регенераційна здатність експлантів напряму залежала від генотипу рослини донора, тотипотентності клітин та їхнього генетичного потенціалу.

Встановлено, що для збалансованого росту і розвитку первинних асептичних експлантів із багатовікових дерев у культурі *in vitro* та запобігання впливу вторинних метаболітів найефективніше використовувати PVP 200–500 мг·л⁻¹. Використання активованого вугілля та глутатіону є мало ефективним.

Список літератури

- Arrillaga, I., Marzo, T. & Segura, J. (1991). Micropropagation of juvenile and adult *Sorbus domestica* L. *Plant Cell Tissue and Organ Cult.*, 27, 341–348.
- Bajaj, Y. P. S. (1986). Biotechnology of tree improvement for rapid propagation and biomass energy production.. In Y. P. S. Bajaj (Ed.), *Biotechnology in Agriculture and Forestry* (Vol. 1, pp. 1–23). Berlin: Springer-Verlag.
- Bednorz, L. (2004). Distribution and resources of *Sorbus torminalis* (Rosaceae: Maloideae) in Poland. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*, 11, 105–121.
- Bilokurova, V. B. (2010). Methods of biotechnology in the system of measures for the conservation of plant biodiversity. *Cytology and Genetics*, 3, 58–72 [in Ukrainian].
- Bilous, S. Yu., Oliinyk, O. O., Kliuvadenko, A. A. (2019). Obtaining aseptic culture *Eucommia ulmoides* Oliver of Ukrainian Polissya. *Ukrainian journal of forest and wood science*, 4 (10), 26–33 [in Ukrainian].
- Bilous, S. Yu., Marchuk, Yu. M., Likhanov, A. F., Kliuvadenko, A. A., Chornobrov, O. Yu., Oliinyk, O. O., & Shytova, O. E. (2019). Microclonal propagation of historically valuable centuries-old trees. *Scientific and methodological recommendations*. Kyiv: NULESU [in Ukrainian].
- Bondar, A. O. (2002). *Bereka in forest plantations*. Vinnytsia [in Ukrainian].
- Boulay, M. (1987). In vitro propagation of tree species. In C. E. Green, D. A. Sommers, W. P. Hacket, & D. D. Bieshoer (Eds.), *Plant Tissue and Cell Culture* (pp. 367–382). New York: Alan R. Liss, Inc.
- Chalupa, V. (1992). Micropropagation of European mountain-ash (*Sorbus aucuparia* L.) and wild service tree (*Sorbus torminalis* (L.) Cr.). In Y. P. S. Bajaj (Ed.), *High-tech and micropropagation II* (Vol. 18, *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, pp. 211–226). Berlin: Springer-Verlag.
- Chalupa, V. (1987). European Hardwoods. In J. M. Bonga, & D. J. Durzan (Eds.), *Cell and Tissue Culture in Forestry* (Vol. 3, pp. 224–246). Dordrecht: Martinus Nijhoff.
- Chalupa, V. (2002). In vitro propagation of mature trees of *Sorbus aucuparia* L. and field performance of micropropagated trees. *J. For. Sci.*, 48 (12), 529–535.
- Chornobrov, O., Bilous, S., Chornobrov, O., & Manko, M. (2019). Peculiarities of morphogenesis of the endangered species of willow (*Salix* spp.) in vitro. *Biologija*, 65 (1), 48–55.
- Didukh, Ya. P. (Ed.). (2009). *Red Book of Ukraine. Flora*. Kyiv: Hlobalkonsaltnyh [in Ukrainian].
- Dunstan, D. J., & Thorpe, T. A. (1986). Regeneration in forestry trees. In I. K. Vasil (Ed.), *Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants* (Vol. 3, pp. 223–241). Orlando: Academic Press Inc.
- Grynyk, I. V., Moskalets, T. Z., Frantsishko, V. S. et al. (2019). Checkertree mountainash (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz): new breeding forms and promises of their use in horticulture. *Horticulture*, 74, 45–65. [in Ukrainian].
- Kokhno, M. A., Gordienko, V. I., Zarubenko, A. U. et al. (2002). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms, part 1*. Kyiv: Phytosocial Center [in Ukrainian].
- Lloyd, G., & McCown, B. (1980). Commercially feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. *Comb. Proc. Int. Plant Prop. Soc.*, 30, 421–427.
- Shpak, N.P. (2018). Fruiting and natural regeneration of *Sorbus torminalis* L. under the tent of oak plantations in the South Podolsk Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of NLTU*, 28 (10), 53–56. [in Ukrainian].
- Shpak, N. P. (2019). Bereka torbus (*Sorbus torminalis* L.) is a valuable forest fruit plant. In *International scientific and practical conference. Topical issues of methods of teaching natural sciences. Lublin, Republic of Poland (December 27–28)*, pp. 105–109 [in Ukrainian].
- Shpak, N. P., Shlapak, V. P., Adamenko, S. A., Shvecs, Ya. A., & Savchenko, O. M. (2020). Local populations of *Sorbus torminalis* (L.) Crant. in forest plantings of natural origin in the SouthPodolsk Forest-Steppe of Ukraine. *Folia Forestalia Polonica, series A*, 62 (4), 246–257.
- Shpak, N. P. (2021). *Forestry and ecological features of distribution and renewal of medicinal sorghum (Sorbus torminalis (L.) CRANTZ in the plantations of the South Podolsk forest-steppe of Ukraine*. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy. Uman [in Ukrainian].
- Syplyva, N. O. (2009). Structural analysis of rare dendroflora of Vinnytsia region. *Scientific Bulletin of NLTU*, 19 (5). 39–42. [in Ukrainian].
- Vasyliuk, O. V. (2017). *The state of reflection in the program documents of Ukraine and the status of implementation of the provisions of the UN Convention on the Protection of Biological Diversity: an analytical report* [in Ukrainian].

**Bilous S. Yu., Matiashuk R. K.
PRIMARY MORPHOGENESIS OF *SORBUS TORMINALIS* L. (GRANTZ)
INTO *IN VITRO* CULTURE**

Nowadays *in vitro* methods, combined with *ex situ* and becoming an increasingly important means of preserving and maintaining the level of phytodiversity stability. *Sorbus torminalis* L. is a tree of the Rosaceae family, which grows on the territory of Ukraine, belongs to rare, valuable aboriginal species and is listed in the Red Book of Ukraine, with its protection status – endangered.

The peculiarities of introduction of *in vitro* culture of perennial representatives of *S. torminalis* with the use of different types of explants, sterilizing substances, cultivation conditions and nutrient medium composition are presented in the paper. For *in vitro* culture of *S. torminalis*, annual shoots with apical and lateral buds 15–25 cm long are optimal. The influence of different sterilization options on the development of primary microshoots has been studied. For sterilization of artificially awakened and young shoots it is most effective to use 0.1 % solution of AgNO_3 (7 min) and 15 % solution of H_2O_2 (10 min). The developed method of sterilization of *S. torminalis* explants provided 80–90 % yield of aseptic plant material. It was found that the sterilization regime did not significantly affect the primary morphogenesis of explants and was uniform. The optimal components of nutrient media at the stage of introduction into *in vitro* culture and primary morphogenesis of *S. torminalis* have been established.

For the cultivation of different types of explants of *S. torminalis*, used WPM nutrient media with the addition of synthetic plant growth regulators 6-benzylaminopurine, thidiazuron, kinetin 0,5–1,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ and α -naphthylacetic acid 0,01–0,05 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ both alone and in combination with each other. In particular, for the regeneration of plants from the lateral and apical buds of explants is effective WPM medium with the addition of BAP 1,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ + 0,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ NAA and WPM + TDZ medium 0,5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ with adding PVP 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

To induce the laying of additional buds and shoots on the explant from the apical meristems in the medium should be added 4,0 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ BAP + 0,01 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ NAA with the addition of PVP 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Keywords: *Sorbus torminalis* L., aseptic culture, morphogenes.

Отримано: 2021-11-17

ЧЕРВОНОКВІТКОВА ЯБЛУНЯ В КОЛЕКЦІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ 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

Яблуні з червоними квітками вирізняються особливою привабливістю в період квітання, що робить їх бажаним компонентом декоративних насаджень. Досліджено 30 зразків яблуні з антоціановим забарвленням органів у колекції ННВЛ «Генетичних ресурсів, інтродукції та селекції нетрадиційних плодкових та декоративних культур», розміщених у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція». У 2001 році проведено фенологічні спостереження під час квітання, здійснено морфометричний аналіз квіток і листків та оцінено декоративність зразків. Домінантний ген, що контролює антоціанову пігментацію органів у яблуні, походить від *Malus niedzwetzkyana* – яблуні Недзвецькієвої. Нині ранг цього таксону понижено до різновиду – *M. domestica* var. *niedzwetzkyana*. Яблуню Недзвецькієву було залучено до схрещування з дрібноплодими видами яблуні для створення декоративних гібридів, деякі з яких отримали нотовидові назви та були використані в селекції плодкових сортів і підцеп *M. domestica*. Згідно з Міжнародним кодексом номенклатури культурних рослин сорти з антоціановим забарвленням пелюсток, що мають у родоводі *M. domestica* var. *niedzwetzkyana*, можна виокремити як *Malus Niedzwetzkyana Group*. Якщо її доповнити сортами з антоціановим забарвленням пелюсток, що походять від інших видів яблуні, наприклад *M. halliana* і *M. spectabilis*, то розширену групу можна назвати *Malus Purpurea Group*. Водночас деякі сорти можуть належати до інших груп, зокрема, *Malus Pendula Group*, *Malus Redflesh Group* тощо. Найвища декоративність (5 балів) під час квітання притаманна зразкам № 2332 'Makamik', 2947, 3100 'Aldenhamensis', 3157 'Пионерка', 3305, 3382, 3540, 3592, 3601, 3603, 3656, 3691, 3692, 4292 та гібридам '17-279', '17-316', '18-275', '18-293', '18-325'. Використання зазначених зразків дає змогу створити конвеєр подовженого квітання червоноквіткової яблуні на об'єктах зеленого будівництва.

Ключові слова: декоративна яблуня, квітання, сорти, види, антоціанове забарвлення, яблуня Недзвецькієва.

Актуальність та аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема озеленення упродовж останнього століття стала досить популярною у зв'язку з поширенням ідей екологічності (Kuznetsova & Tkach, 2016). Рослини добре впливають на центральну нервову систему, створюють ілюзію контакту з природою, очищують повітря тощо. Особлива роль в озелененні належить деревним рослинам. Інтенсив-

на урбанізація, транспорт та інші елементи технічного прогресу створюють несприятливі умови для життєдіяльності людини, що потребує захисту довкілля. Важлива роль у формуванні довколишнього середовища належить зеленим насадженням. Вони мають властивості поліпшувати санітарно-гігієнічні умови, тому займають провідне місце у благоустрої та архітектурі населених пунктів і є одними з осно-

вних елементів, що утворюють комплекс сучасного міста, відіграють важливу роль у створенні його силуету (Kostyrko, 2006).

Види й сорти яблуні (*Malus* Mill.) широко використовують у садах і парках як декоративні дерева (Kolesnikov, 1974; Krüssmann, 1977; Kokhno & Trofimenko, 2005; Firsov, Vasiliev & Tkachenko, 2015; Noncharovska, 2019). До особливої групи декоративних яблунь належать таксони з квітками, що мають антоціанове забарвлення, яке контролюється особливим домінантним геном. Таке своєрідне й рідкісне червоне забарвлення квіток забезпечує їм чільне місце в декоративних насадженнях (Oleksiichenko & Mavko, 2017; Stoliar & Mamchur, 2017). Згідно з правилами Міжнародного кодексу номенклатури культурних рос-

лин, їх віднесено до *Malus Niedzwetzkyana* (Purpurea) Group. Один і той самий сорт може бути класифікований у різних групах, установлених за певними ознаками (Mezhenskyj, 2008).

Матеріали та методи дослідження. Досліджували зразки колекції ННВЛ «Генетичних ресурсів, інтродукції та селекції нетрадиційних плодкових та декоративних культур», розміщеної у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Білоцерківський район, Київська область). До неї входять, зокрема, видові й сортові зразки роду *Malus* та гібриди селекційного фонду яблуні. Інтродукційні зразки залучили в 1999–2016 рр. із наукових установ та від садівників-аматорів Австрії, Білорусі, Італії, Німеччини, Росії та України (табл. 1).

1. Походження досліджуваних зразків *Malus*

№ з/п	Інтродукційний номер	Назва, під якою отримано зразок	Походження зразка
1.	1723	<i>Malus ×gloriosa</i> Lemoine 'Газонная Краснолепестная'	Дослідна станція садівництва, Єкатеринбург, Росія
2.	2332	<i>M. niedzwetzkyana</i> Dieck 'Makamik'	Донецький ботанічний сад, Донецьк, Україна
3.	2550	'62-396'	Всеросійський інститут садівництва ім. І. В. Мічуріна, Мічурінськ, Росія
4.	2947	<i>M. niedzwetskyana</i>	Юрген Реккін, Шорфгайде, Німеччина
5.	3098	<i>M. ×purpurea</i> (E.Barbier) Rehder	Нікітський ботанічний сад, Нікіта, Україна
6.	3100	<i>M. ×purpurea</i> 'Aldenhamensis'	Нікітський ботанічний сад, Нікіта, Україна
7.	3157	'Пионерка'	Всеросійський інститут селекції плодкових рослин, Орел, Росія
8.	3305	<i>Malus</i> sp.	Основний розсадник І. В. Мічуріна, Мічурінськ, Росія
9.	3314	'Royalty'	Паркові насадження, Москва, Росія
10.	3375	<i>M. ×gloriosa</i> 'Чорна Перлина'	Донецький ботанічний сад, Донецьк, Україна
11.	3382	<i>M. spectabilis</i>	Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка, Київ, Україна
12.	3505	'Redlove Sirene'	Владіміро Рокко, Стангелла, Італія

№ з/п	Інтродукційний номер	Назва, під якою отримано зразок	Походження зразка
13.	3540	<i>M. ×purpurea</i>	Центральний ботанічний сад АН Білорусі, Мінськ, Білорусь
14.	3592	‘3-34’	Донецький ботанічний сад, Донецьк, Україна
15.	3601	<i>Malus</i> sp.	Науково-дослідна станція БІН, Отрадне, Росія
16.	3603	<i>M. halliana</i> Koehne	Науково-дослідна станція БІН, Отрадне, Росія
17.	3656	<i>M. halliana</i>	Ботанічний сад Ботанічного інституту ім. В. Л. Комарова, Санкт-Петербург, Росія
18.	3657	<i>M. pumila</i> Mill. ‘Umbraculifera Rubrifolia’	Ботанічний сад Ботанічного інституту ім. В. Л. Комарова, Санкт-Петербург, Росія
19.	3691	‘Пионерка’	Науково-виробничий центр «Агробіотехнології», Пушкіно, Росія
20.	3692	<i>M. niedzwetzkyana</i>	Науково-виробничий центр «Агробіотехнології», Пушкіно, Росія
21.	3805	<i>M. domestica</i> Borkh. ‘Красный Штандарт’	Павловська дослідна станція ВІР, Павловськ, Росія
22.	3971	<i>M. niedzwetzkyana</i> ‘21-49’	Інститут садівництва, Київ, Україна
23.	4067	‘54-490’	Бахмутська дослідна станція розсадництва, Бахмут, Україна
24.	4292	<i>M. niedzwetzkyana</i>	Паркові насадження, Київ, Україна
25.	4339	‘Velarma’	Юліан Гейгер, Грац, Австрія
26.	–	<i>M. ×gloriosa</i> ‘17-279’	НУБіП України, Пшеничне, Україна
27.	–	<i>M. ×gloriosa</i> ‘17-316’	НУБіП України, Пшеничне, Україна
28.	–	<i>M. ×gloriosa</i> ‘18-275’	НУБіП України, Пшеничне, Україна
29.	–	<i>M. ×gloriosa</i> ‘18-293’	НУБіП України, Пшеничне, Україна
30.	–	<i>M. ×gloriosa</i> ‘18-325’	НУБіП України, Пшеничне, Україна

Прищеплені дерева розміщено в колекційному саду за схемою 5 × 3 м. У 2021 р. під час квітання здійснювали фенологічні спостереження. Проводили морфометричний аналіз квіток і листків, вимірюючи центральні квітки в суцвітті та листки із середньої частини однорічних вегетативних приростів. Оцінку декоративності проводили за 5-бальною шкалою (Lobanov, 1973; Калініченко, 2003).

Результати дослідження та їх обговорення. Від яблуні *M. niedzwetzkyana* – яблуні Недзвецької походить домінуючий ген, що контролює антоціанову пігментацію органів (Lewis & Crane, 1938). Цей таксон, природний

ареал якого розташований у Центральній Азії, названий німецьким ботаніком Георгом Діком *M. niedzwetzkyana* Dieck на честь першовідкривача, проте, згідно з базою даних WFO (2021), він трактується як неоднозначний, а визнаною є пізніша назва *M. niedzwetzkyana* Dieck ex Koehne. Пізніше ранг таксону було понижено до різновиду: *M. pumila* Mill. var. *niedzwetzkyana* (Dieck) C.K.Schneid (GRIN-Global, 2021) або *M. sieversii* (Ledeb.) M.Roem. var. *niedzwetzkyana* (Dieck) Langenf. (WCVP, 2021), які нині вважають синонімами *M. domestica* (Suckow) Borkh. (POWO, 2021; WCVP, 2021). Видовий епітет *niedzwetzkyana*, що утворений

від прізвища Недзвецкий, має форму прикметника і має перекладатися як присвійний прикметник – Недзвецкієва, а не іменник у родовому відмінку – Недзвецького (Меженський, 2010).

Завдяки декоративним квіткам яблуня Недзвецкієва швидко поширилася світом. Її було залучено до схрещування з дрібноплодими видами яблуні, що утворило гібриди, яким було надано нотовидових назв: *M. ×purpurea*, *M. ×gloriosa*, *M. ×moerlandsii* Door. тощо. Її також широко використовували в селекції плодкових сортів *M. domestica* та її підщеп. Вітчизняні дендрологи часто не вирізняють таких гібридів, відносячи яблуні з антоціанозабарвленими пелюстками до яблуні Недзвецкієвої. Походження деяких форм є дуже складним, наприклад, '54-490', що використовується як клонова підщепа яблуні, створено в результаті схрещування $\{M. domestica 'M 8' \times [(M. prunifolia (Willd.) Borkh. \times M. domestica 'Sinap Kandille') \times M. baccata (L.) Borkh.]\} \times \{M. domestica 'M 8' \times [(M. domestica 'Пепінка Литовська' \times M. prunifolia) \times M. domestica 'Reinette d'Orleans'] \times M. domestica 'Рубинове'\}$, де тільки останній гібрид 'Рубинове' походить безпосередньо від яблуні Недзвецкієвої. Декоративний сорт 'Aldenhamensis' походить від тривидового схрещування (*M. halliana* \times *M. sieboldii* (Regel) Rehder) \times *M. domestica* var. *niedzwetzkyana*.

Спроби класифікувати культивгенні міжвидові гібриди за участю яблуні Недзвецкієвої за допомогою Міжнародного кодексу номенклатури для водоростей, грибів і рослин є малоефективними, тому краще застосувати положення Міжнародного кодексу номенклатури культурних рослин, який регулює назви сортів і груп сортів. Отже, сорти з антоціановим забарвленням пелюсток, що мають у

родоводі *M. domestica* var. *niedzwetzkyana*, можна виокремити як *Malus Niedzwetzkyana* Group. Якщо її доповнити іншими сортами з антоціановим забарвленням пелюсток, що походять, наприклад від *M. halliana*, *M. spectabilis* тощо, то розширену групу можна назвати *Malus Purpurea* Group. Водночас деякі сорти можуть належати до інших груп, зокрема, *Malus Pendula* Group охоплює сорти з плакучою кроною 'Газонная Краснолепестная', "Umbraculifera Rubrifolia" і 'Чорна Перлина', а *Malus* (Plena Group) – з махровими квітками 'Aldenhamensis' і '3-34'. Плодові сорти 'Красный Штандарт', 'Redlove Sirene', '164' тощо відносять до *Malus Redflesh* Group.

Ідентифікація зразків, отриманих під однаковою сортовою назвою, свідчить, що зразок 3157 відповідає опису сорту 'Пионерка', тоді як зразок 3691 – ні. Останній є якимось дрібноплодим похідним яблуні Недзвецкієвої.

Унаслідок насінневого розмноження нащадки можуть доволі сильно різнитися від вихідної материнської рослини, як, наприклад, зразок № 3656 *M. halliana*, який є сіянцем зразка № 3603. Так само добірні форми *M. ×gloriosa* '17-279', '17-316', '18-275', '18-293', '18-325' мають помітні відмінності як між собою, так і від зразка № 1723 'Газонная Краснолепестная', який є їхньою материнською формою (табл. 2–3, рис. 1–3). Перекombінування генів і формування на їхній основі нових ознак дає змогу добирати форми з іншим проявом тих чи тих ознак.

Діаметр квіток у більшості зразків коливається у межах 4,5–6,0 см, тоді як зразок № 3692 вирізняється дуже великими квітками 6,0–8,0 см в діаметрі. Оскільки за квітучими деревами яблуні спостерігають із відстані, розмір квіток не впливає на декоратив-

ність. Різниця за розмірами квіток стає помітною тільки в разі спостереження за ними з близької відстані. Як правило, розгорнуті пелюстки мають світліше забарвлення, ніж у бутонах, і з часом дещо вигоряють. Квітки різняться не тільки за розмірами й інтенсивністю червоного забарвлення, а й за формою пелюсток та ступенем їхнього перекривання.

2. Характеристика квіток досліджуваних зразків *Malus*

Інтродукційний номер	Lim		Забарвлення бутонів*	Забарвлення пелюсток*	Опушення чашечки й квітконіжки	Довжина чашолистків, мм
	Діаметр квітки, см	Довжина квітконіжки, см				
1723	4,5–5,0	2,0	т.-черв.	черв.	наявне	8
2332	6,0–6,5	3,5–4,0	черв.	рож.	наявне	12
2550	5,0	2,5	черв.	черв.	наявне	8
2947	5,0–6,0	1,5–2,0	черв.	рож.	наявне	7
3098	4,5–5,0	1,5	т.-черв.	черв.	наявне	4
3100	4,0–4,5	3,0–4,0	черв.	черв.	наявне	8
3157	3,0	3,0	черв.	рож.	немає	6
3305	6,0	4,0–4,5	т.-черв.	черв.	наявне	10
3314	4,5–5,5	3,0–5,0	т.-черв.	т.-черв.	немає	8
3375	4,0–4,5	2,5–4,0	т.-черв.	т.-черв.	немає	5–10
3382	5,0	3,5	черв.	т.-рож.	наявне	4
3505	4,5–5,0	2,0	черв.	рож.	наявне	5–6
3540	4,5–5,5	3,0–3,5	т.-черв.	черв.	наявне	4
3592	4,0–5,0	3,0–3,5	черв.	рож.	наявне	8–10
3601	4,5–5,0	4,0–5,0	черв.	рож.	наявне	10
3603	4,0–5,0	3,0	т.-черв.	черв.	наявне	10–14
3656	4,0–4,5	4,0–4,5	черв.	рож.	немає	10
3657	4,5	3,0–4,0	черв.	рож.	наявне	7
3691	5,0–6,0	3,5–5,0	т.-черв.	рож.	наявне	10
3692	6,0–8,0	3,0	рож.	св.-рож.	наявне	10
3805	4,5	2,0	т.-черв.	черв.	наявне	8
3971	5,5–6,0	1,5–2,0	черв.	рож.	наявне	8
4067	5,0–6,0	3,5	т.-черв.	рож.	наявне	10
4292	4,0–4,5	3,0–3,5	черв.	т.-рож.	наявне	7
4339	4,5–5,5	1,5	черв.	черв.	наявне	7
17-279	5,0–6,0	1,5	т.-черв.	черв.	відсутнє	8
17-316	5,0–5,5	2,5	черв.	рож.	наявне	12
18-275	5,0–5,5	2,5	черв.	рож.	немає	8
18-293	4,5–5,0	2,0	т.-черв.	черв.	наявне	10
18-325	5,0–5,5	3,0–5,0	черв.	рож.	наявне	10

* Св.-рож. – світло-рожеве, рож. – рожеве, т.-рож. – темно-рожеве, черв. – червоне, т.-черв. – темно-червоне.

Яблуня вирізняється рясним квітуванням і особливо привабливо виглядає під час квітування незалежно від забарвлення пелюсток – від світло-рожевого до темно-червоного. Зразки з балом квітування 5 отримали найвищу

3. Характеристика листків досліджуваних зразків *Malus*

Інтродукційний номер	Листкова пластинка					Черешок
	Форма*	Середня довжина, см	Середня ширина, см	Край**	Опушення зі споду	Середня-довжина, см
1723	еліпт.	9,0	2,5	зубч.	по жилках	2,5
2332	яйц.	8,5	6,0	дв.-зубч.	немає	1,5
2550	яйц.	7,0	5,0	городч.	наявне	1,0
2947	яйц.	9,0	5,0	городч.	наявне	3,0
3098	еліпт.	6,0	3,5	зубч.	наявне	2,5
3100	яйц.	8,0	5,0	дв.-зубч.	по жилках	1,5
3157	еліпт.	6,0	3,5	пилъч.	по жилках	2,5
3305	яйц.	7,5	5,5	городч.	по жилках	2,5
3314	яйц.	8,0	8,0	дв.-зубч.	немає	2,0
3375	еліпт.	7,5	3,5	пилъч.	по жилках	2,0
3382	вид.-яйц.	12,0	4,0	пилъч.	по жилках	2,5
3505	яйц.	9,0	5,0	дв.-зубч.	наявне	3,0
3540	яйц., лопатевий	10,0	9,0	городч.	наявне	2,0
3592	яйц.	6,5	4,0	дв.-пилъч.	немає	1,5
3601	еліпт.	9,0	4,0	зубч.	по жилках	2,5
3603	вид.-яйц.	8,0	3,5	пилъч.	по жилках	1,5
3656	вид.-яйц.	8,0	4,5	городч.	немає	2,5
3657	еліпт.	5,0	2,5	пилъч.	по жилках	1,5
3691	яйц.	9,0	5,5	городч.	по жилках	2,0
3692	яйц.	10,0	6,5	пилъч.	наявне	2,0
3805	яйц.	8,5	6,0	зубч.	наявне	3,0
3971	яйц.	8,0	4,5	пилъч.	наявне	2,0
4067	яйц.	6,0	4,0	городч.	по жилках	1,0
4292	еліпт.	6,5	3,5	городч.	по жилках	2,0
4339	еліпт.	7,0	4,0	городч.	наявне	2,0
17-279	яйц.	6,5	4,5	городч.	немає	2,5
17-316	яйц.	7,0	5,0	городч.	по жилках	2,0
18-275	еліпт.	6,0	3,0	пилъч.	немає	3,0
18-293	еліпт.	8,5	3,5	пилъч.	немає	2,0
18-325	яйц.	7,5	5,0	городч.	наявне	3,0

* Вид.-еліпт. – видовжено-еліптичний, еліпт. – еліптичний, яйц. – яйцеподібний.

** Городч. – городчастий, дв.-зубч. – двічі зубчастий, дв.-пилъч. – двічі пильчастий, зубч. – зубчастий, пилъч. – пильчастий.

оцінку декоративності в 5 балів. Трохи нижчу оцінку мають дерева з балом квітування 4 – зразок № 3691. На наш погляд, зразки № 3314 ‘Royalty’, 3375 ‘Чорна Перлина’ з темно-червоними квітками мають меншу декоративність, бо квітки губляться на фоні пурпурових листків, що вкривають дерева під

час квітування. Порівняно з ними інші зразки з пурпуровими листками, але світлішими квітками мають вищу декоративність. Проте, за рахунок відмінності в забарвленні листків, усі пурпуролистяні дерева мають певну перевагу над яблунями, вкритими зеленими листками. Водночас пурпурове

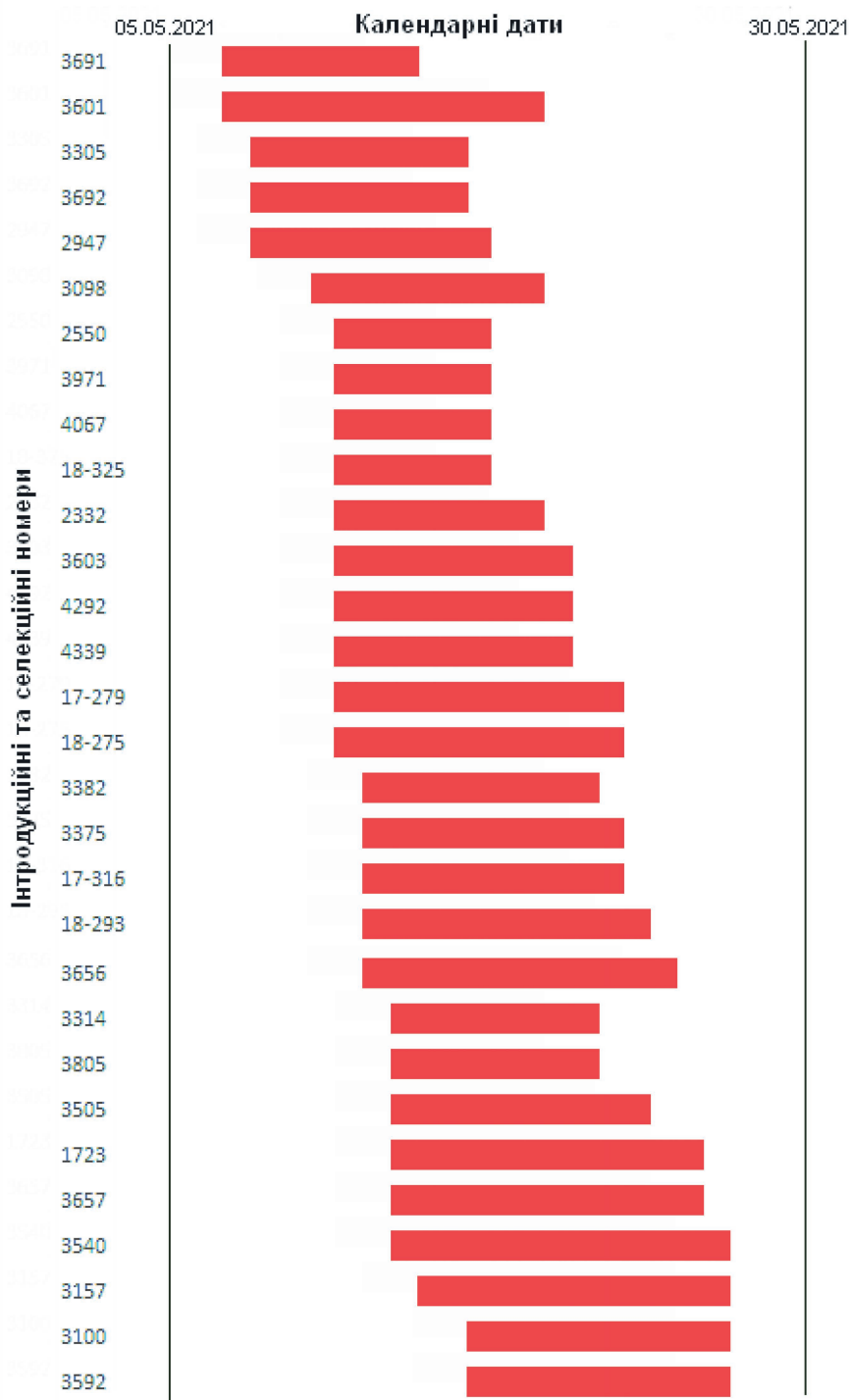


Рис. 1. Календар квітування досліджуваних зразків *Malus*



Рис. 2. Квітки досліджуваних зразків *Malus*

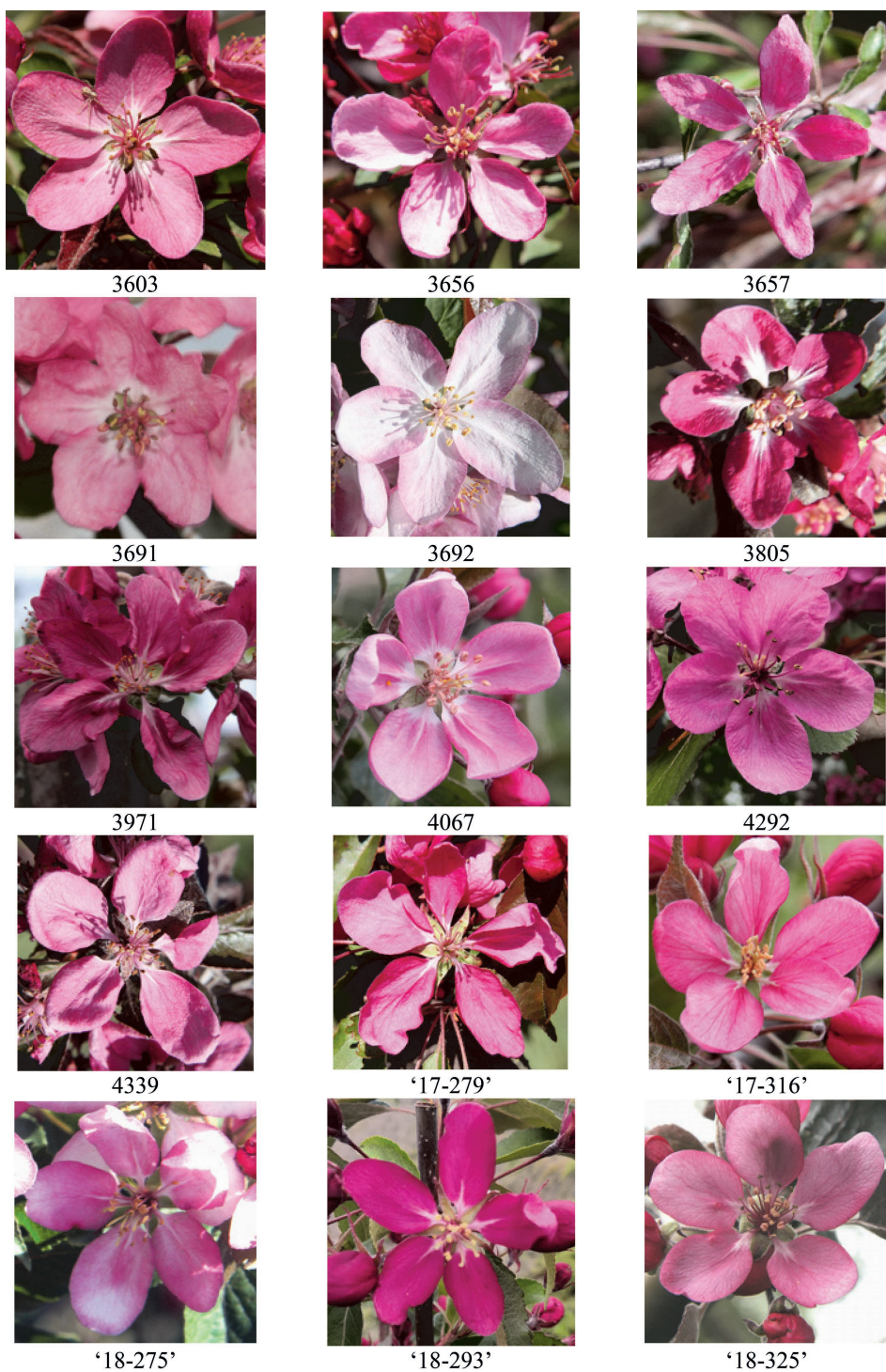


Рис. 3. Квітки досліджуваних зразків *Malus*

забарвлення переважно верхівкових листків молодих пагонів особливо не впливає на загальну декоративність під час квітання. Зразок № 3657 'Umbraculifera Rubrifolia' з дрібнуватими листками й квітками під час квітання не набуває високої декоративності, яка оцінюється балом 4. У зразка № 3540 в рік досліджень на верхівках молодих пагонів листки мали виражені лопаті, чого не спостерігалося раніше.

Декоративність зразків № 2550 '62-396', 3505 'Redlove Sirene', 3805 'Красный Штандарт', 3971 '21-49', 4067 '54-490', 4339 'Velarma' з балом квітання 2–3 за умов колекції в рік досліджень оцінено в 3 бали (декоративність незначна), проте ця оцінка не остаточна, бо на ступінь квітання цих зразків певним чином вплинула періодичність плодоношення і вони потребують додаткових спостережень. Окрім того, треба зважати на те, що плодів сорти червоноквіткової яблуні з великими плодами менш придатні для паркових насаджень, ніж дрібноплоді зразки, тому рясно квітучий зразок № 2947 не варто застосовувати в озелененні.

Переважає більшість зразків має прості п'ятипелюсткові квітки. Напівмахрові квітки трапляються у зразків № 3110 'Aldenhamensis' і 3592, проте це не подовжує тривалість їхнього квітання.

Середня тривалість квітання залежить від температури повітря в цей

час і становить у більшості зразків близько одного тижня, проте в деяких може сягати і перевершувати 10 діб. Найраніше (9 травня) почали квітнути зразки № 3601, 3691, найпізніше (18 травня) – № 3100 'Aldenhamensis', 3592 '3-34', які припинили квітання 27 травня. Отже загальний період квітання червоноквіткових зразків у колекції становить 19 діб.

Висновки і перспективи. Сорти і добори червоноквіткової яблуні, що походять від *M. domestica* var. *niedzwetzkyana*, а також *M. halliana* і *M. spectabilis*, завдяки антоціановому забарвленню пелюсток можуть бути надзвичайно декоративними під час квітання. Найвища декоративність (5 балів) під час квітання притаманна зразкам № 2332 'Makamik', 2947, 3100 'Aldenhamensis', 3157 'Пионерка', 3305, 3382, 3540, 3592, 3601, 3603, 3656, 3691, 3692, 4292 та гібридам '17-279', '17-316', '18-275', '18-293', '18-325'. Деяко поступаються їм за декоративністю зразки № 1723 'Газонная Краснолепестная', 3314 'Royalty', 3375 'Чорна Перлина', проте вони мають особливий габітус або інтенсивне антоціанове забарвлення листків, що надає їм певних переваг. Зразок № 2947, незважаючи на рясне квітання, не рекомендують для озеленення парків через великі плоди. Використання зазначених зразків дає змогу створити конвеєр подовженого квітання червоноквіткової яблуні на об'єктах зеленого будівництва.

Список літератури

- Firsov, G., Vasiliev, N., & Tkachenko, K. (2015). Genus *Malus* Mill. in Arboretum collection of Peter the Great Botanic Garden. *Hortus botanicus*, 10, 156–173 [in Russian]. <https://doi.org/10.15393/j4.art.2015.2341>
- GRIN-Global (U. S. National Plant Germplasm System). (2021). Available at <https://npgsweb.ars-grin.gov/>.
- Honcharovska, I. V. (2019). *Representatives of the genus Malus Mill. in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine: biomorphological and decorative features, use* (Doctoral dissertation). M. M. Hryshko National Botanical Garden of NAS of Ukraine. Kyiv [in Ukrainian]
- Kalinichenko, O. A. (2003). *Ornamental Dendrology*. Kyiv: Vyshcha shkola [in Ukraine].

- Kokhno, M. A., & Trofimenko, N. M. (Eds.). (2005). *Dendroflora of Ukraine. Wild and cultivated trees and shrubs. Angiosperms* (Part II). Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
- Kolesnikov, A. I. (1974). *Ornamental Dendrology*. Moscow: Lesnaja promyshlennost [in Russian].
- Kostyrko, D. R. (2006). *Results of the introduction of lianas in Donbass*. Donetsk: Nord-Press [in Russian].
- Krüssmann, G. (1977). *Handbuch der Laubhölze* (Bd. II). Berlin und Hamburg: Paul Parey.
- Kuznetsova, I. O., & Tkach, N. A. (2016). History of greening of interiors from ancient times until the twentieth century AD. *Theory and Practice of Design. Art history*, 9, 129–141 [in Ukrainian].
- Lewis, D., & Crane, M. B. (1938). Genetical studies in apples 2. *Journal Genetics*, 37, 19–128.
- Lobanov, F. A. (1973). *Program and methodology for the variety study of fruit, small fruit and nut crops*. Michurinsk: VNIIS [in Russian].
- Mezhenskyj, V. M. (2008). Groups of ornamental varieties and forms of apples species (*Malus* Mill., Rosaceae). *Bulletin Bila Tzerkva National Agrarian University*, 54, 98–101 [in Ukrainian].
- Mezhenskyj, V. M. (2010). About improvement of the Ukrainian botanical nomenclature. *Plant Introduction*, 3, 69–76 [in Ukrainian].
- Oleksiichenko, N. O., & Mavko, M. S. (2017). Coloration of landscape architecture objects and its role in the urban environment. In *Current problems of greening of settlements: education, science, production, art of landscape formation: abstract of Int. Sci. Conf., May 25–26, 2017* (pp. 99–101). Bila Tserkva [in Ukrainian].
- POWO (Plants of the World Online). (2021). Available at <http://www.plantsoftheworldonline.org/>.
- Stoliar, A. A., & Mamchur, T. V. (2017). Project of reconstruction of the territory of the park "Molodizhnyi" in Uman. In *Current problems of greening of settlements: education, science, production, art of landscape formation: abstract of Int. Sci. Conf., May 25-26, 2017* (pp. 130–132). Bila Tserkva [in Ukrainian].
- WCVP (World Checklist of Vascular Plants). (2021). Available at <https://wcvp.science.keew.org/>.
- WFO (World Flora Online). (2021). Available at <http://www.worldfloraonline.org/>.

Mezhenskyj V. M., Mezhenka L. O.
RED FLOWER APPLE IN THE COLLECTION OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL SCIENCES OF UKRAINE

*Apple trees with red flowers are especially attractive during the flowering period, making ones a desirable component of ornamental plantings. 30 samples of apple trees with anthocyanin organ coloring in the collection of Scientific Laboratory "Genetic resources, introduction, and breeding of unusual fruit and ornamental crops", located in Agronomic Research Station of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine have been studied. In 2001 phenological observations during blooming and morphometric analysis of flowers and leaves were carried out, also decorativeness was evaluated. The dominant gene that controls the anthocyanin pigmentation of organs in the apple tree comes from *Malus niedzwetzkyana*. Now the rank of this taxon is reduced to a variety – *M. domestica* var. *niedzwetzkyana*. *Niedzwetzky's* apple was involved in crossing with small-fruited apple species to develop ornamental hybrids, some of which received nothospecies names, and in the breeding of fruit varieties and rootstocks of *M. domestica*. According to the International Code of Nomenclature for Cultivated Plants, varieties with anthocyanin-colored petals having in the pedigree *M. domestica* var. *niedzwetzkyana* can be distinguished as *Malus Niedzwetzkyana* Group. If the *Malus Niedzwetzkyana* Group is supplemented with varieties with anthocyanin color of petals that originate from other species of apple trees, e.g., *M. halliana* and *M. spectabilis*, then the expanded Group can be called *Malus Purpurea* Group. At the same time, some varieties may belong to other Groups, in particular, *Malus Pendula* Group, *Malus Redflesh* Group, etc. The highest decorativeness (5 points) during blooming is inherent for the samples Nos. 2332 'Makamik', 2947, 3100 'Aldenhamensis', 3157 'Pionerka', 3305, 3382, 3540, 3592, 3601, 3603, 3656, 3691, 3692, 4292 and hybrids '17-279', '17-316', '18-275', '18-293', '18-325'. The samples No. 1723 'Lawn Krasnolepstinaya', 3314 'Royalty', 3375 'Black Pearl' are slightly inferior to them in decorativeness, but they have a special habitus or intense anthocyanin color of the leaves, which gives them certain advantages. The use of these samples allows you to establish a conveyor of elongated flowering of red-flowered apple trees at green construction sites.*

Keywords: ornamental apple trees, blooming, varieties, species, anthocyanin coloring, *Malus domestica* var. *niedzwetzkyana*.

Отримано: 2021-10-17

ВПЛИВ РУТИН-АМОНІЙНОГО КОМПЛЕКСУ НА ФІЗІОЛОГІЧНИЙ СТАН ПРОРОСТКІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

А. П. ПІНЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0003-1256-9838>, e-mail: a_pinchuk@nubip.edu.ua

І. В. ІВАНЮК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-1493-976X>, e-mail: i_ivanyuk@nubip.edu.ua

М. О. ШЕВЧУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<http://orcid.org/0000-0003-4740-0127>; e-mail: mari4ka_shevchuk@nubip.edu.ua

М. Ю. ДУБЧАК, кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0002-9260-0251>, e-mail: masha_dubchak@nubip.edu.ua

А. Ф. ЛІХАНОВ, доктор біологічних наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0001-6580-7241>, e-mail: likhanov.bio@gmail.com
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У рослинному організмі фенольні сполуки неспецифічно впливають на процеси морфогенезу і виконують широкий спектр регуляторних і захисних функцій. Особливий інтерес становлять процеси, які пов'язані з комплексотворенням флавоноїдів у результаті їхньої взаємодії з амонійними формами азоту. Полярні сполуки, які утворюються в тканинах у результаті хімічної трансформації, достатньо рухомі у ґрунтових розчинах і виявляють високу біологічну активність. Властивості фенол-амонійних комплексів викликають значне зацікавлення в аспекті морфогенезу, фізіології стійкості, а також у системі взаємодії рослин із ґрунтовими мікроорганізмами. Це також надзвичайно актуально при виробництві якісного та стійкого до несприятливих факторів садивного матеріалу.

Дослідження впливу фенол-амонійного комплексу проводили на насінні і проростках сосни звичайної. Кількісні показники енергії проростання та схожості визначали методом пророщування насіння. Біохімічне профілювання екстрактів тканин проростків виконували методом високоефективної тонкошарової хроматографії.

Експериментально підтверджено, що рутин (кверцетин-3-О-рутинозид) після взаємодії з 10 % водним розчином аміаку утворює комплекс речовин, серед яких методом хроматографії виявлено полярні продукти, які потенційно впливають на регуляцію росту. За сумарної концентрації 15 мг/л ці речовини достовірно підвищували показники енергії проростання та схожості насіння. У проростків сосни вони стимулювали ріст коренів і пагонів. Ефект дії комплексу органічних сполук на проростки залежав від концентрації, тривалості оброблення насіння і мав пролонговану дію. Отриманий фенол-амонійний комплекс за концентрацією 10–15 мг/л сприяв підвищенню кількості хлорофілів, каротиноїдів у тканинах проростків, а за 20–40 мг/л збільшував уміст продуктів фенольного синтезу.

Ключові слова: рутин, флавоноїди, амоній, регулятор росту, сосна звичайна, насіння.

Актуальність та аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з важливих складових синтезу вторинних метаболітів у рослинному організмі є фенольні сполуки (Lattanzio, 2013). Функції фенольних сполук над-

звичайно різноманітні й потребують всебічного вивчення (Buer et al., 2010; Caretto et al., 2015). Рослинні феноли виконують механічні, структурні та сигнальні функції, захищають тканини від УФ, виконують функції антиокси-

дантів, хелатують іони перехідних металів, виводять з організму радіоактивні елементи, захищають рослинний організм від дії несприятливих чинників, шкідників і патогенів (Blokhina et al., 2003; Naikoo et al., 2019; Tegelberg et al., 2001; Zagoskina & Nazarenko, 2016; Winkel-Shirley, 2002).

При отриманні садивного матеріалу значна увага нині приділяють вивченню фізіологічних реакцій рослин на дію біологічно активних речовин, органічних і мінеральних добрив, які використовують для покращення якості посадкового матеріалу та підвищення стійкості рослин до несприятливих чинників (Kovalevsky & Taranenko, 2013; Pinchuk, et al., 2017; Pinchuk & Likhanov, 2018).

Вторинний метаболізм більшості вищих рослин спрямований на активний синтез фенольних сполук. Утім, концентрація різних класів фенолів рослинних тканинах може суттєво відрізнятися. Зокрема, кількість фенолкарбонових кислот у листках співвідноситься з концентраціями фітогормонів. Це пояснюється тим, що оксикоричні й оксибензойні кислоти неспецифічно впливають на процеси морфогенезу (Santelia, 2008; Volynec, 2013) і виконують широкий спектр регуляторних і захисних функцій (Zaprometov, 1993; Grana et al., 2017). Для розуміння ролі окремих оксикоричних і оксибензойних кислот, а також флавоноїдів значний інтерес становить моделювання умов їхнього індивідуального та комплексного впливу на рослинний організм. Крім того, важливими, але малодослідженими є процеси, які пов'язані з комплексотворенням фенольних сполук, зокрема флавоноїдів, у тканинах рослин, а також у ризосфері під час їх надходження до ґрунту (Grodzinsky, 1973; Boyer et al., 1989).

Фенольні сполуки активно виділяються фізіологічно активними зонами коренів. Деякі флавоноїди (зокрема, кверцетин і його глікозиди) мають високу реакційну здатність до катіонів амонію (Likhanov et al., 2021). Полярні сполуки, які утворюються в результаті хімічної трансформації поліфенолів, достатньо рухомі у ґрунтових розчинах і виявляють високу біологічну активність (Melnychuk et al., 2011). Їхній вплив на ростові процеси, формування кореневої системи, синтез пластидних пігментів і продуктів вторинного метаболізму спостерігається вже за концентрації 20 мкг/мл. Подібний ефект, наприклад, підтверджений для кемпферол-3-О-β-D-глюкозиду. Збільшення його концентрації від 15 мкг/мл і вище посилювало видоуження пагонів *Echinochloa colonum* L. (Li Jun, 2011). Сучасні дослідження також підтверджують, що інвазійні рослини *Triadica sebifera* (L.) Small відрізняються високим вмістом кверцетину в кореневих ексудатах. Припускають, що у складі ексудатів саме цей флавонол є ключовим у сигнальних взаємодіях рослини з мікоризоутворювальними грибами та іншими ґрунтовими мікроорганізмами (Anand et al., 2016; Tian, 2021).

Мета дослідження. У зв'язку з тим, що біологічну активність сполук, які утворюються внаслідок взаємодії флавонолів з амонійними формами азоту, вивчено недостатньо, метою цієї роботи було дослідити вплив рутин-амонійного комплексу на фізіологічний стан проростків сосни звичайної.

Матеріали і методи дослідження.
Отримання полярних комплексів на основі рутину з водним розчином аміаку. Пробірку з наважкою 10 мг рутину (Merck, Germany) перемішували на вортексі у 300 мкл бідистильованої води протягом 60 с. Потім до-

давали 100 мкл 10 % водного розчину аміаку і перемішували 30–40 с до повного розчинення рутину. Отриманий розчин набував насичено коричневого кольору. Об'єм розчину доводили бі-дистильованою водою до 1 мл і зберігали за +4°C. Отриманий стоковий розчин містив 10 мг/мл полярних сполук. Для досліджень впливу рутин-амонійного комплексу на насіння і проростки сосни звичайної вихідний розчин розводили дистильованою водою. Насіння перед пророщуванням замочували у підготовлених розчинах (концентрація – 10, 15, 20 і 40 мкг/мл) на 3 і 24 год.

Метод визначення енергії проростання і схожості насіння сосни звичайної. Визначення енергії проростання та схожості насіння сосни звичайної здійснювали за ДСТУ 8558:2015 «Насіння дерев і кущів. Методи визначення посівних якостей (схожості, життєздатності, доброякісності)» (SSU, 2015). Пророщування насіння проводили у апаратах Якобсена із фотоперіодом 12 годин за постійної температури ложа (22±2°C). Насіння сосни звичайної, підготовлене до пророщування, розкладали на ложе по 100 насінин, не допускаючи доторкання одне до одного, з метою уникнення передавання зараження від хворих до здорових насінин. Після розкладання насіння однієї середньої проби, робочу поверхню, ложе, ковпачок і пінцет дезінфікували спиртом. Для визначення показників енергії проростання та схожості закладали 4 проби у трикратній повторюваності. Оцінювання та облік пророслого насіння проводили на 5, 7, 10 та 14 дні. Визначення енергії проростання для насіння сосни звичайної здійснювали на 7 день, схожості – на 14 день.

Методи високоефективної тонкошарової хроматографії. Біохімічне

профілювання екстрактів із тканин проростків сосни звичайної виконували методом ВЕТШХ на пластинках силікагель G60 (Merck, Німеччина).

Розділення флавоноїдів проводили в системах розчинників: етилметилкетон–етилацетат–метанол–вода (v/v/v/v – 30:20:5:5); етилацетат–мурашина кислота–оцтова кислота–вода (v/v/v/v – 100:11:11:25). Для визначення хімічної природи речовин хроматограми обробляли 0,5 % NP реагентом і 1 % ПЕГ 400 із наступним нагріванням (5 хв за температури 105°C).

Розділення хлорофілів, каротиноїдів і ксантофілів виконували у системі: толуол–етилацетат–мурашина кислота (v/v/v – 2:6:1). Візуалізацію фенольних сполук і пластидних пігментів виконували в УФ за $\lambda_{\max} = 365$ нм.

Коефіцієнти рухомості індивідуальних сполук (Rf) визначали фотоденситометрично за використання комп'ютерної програми Sorbfil TLC Videodensitometer ver. 2.3.0.2994 (JSC Sorbopolymer, РФ).

Статистичне оброблення даних. Отримані дані були представлені як середнє значення ± стандартна похибка ($x \pm SE$). Достовірність відмінностей між середніми значеннями ($p < 0,05$) визначали методом однофакторного дисперсійного аналізу (one-way ANOVA) та апостеріорного тесту Тьюкі (HSD) у програмі XLSTAT (Addinsoft Inc., США, 2010).

Результати дослідження та їх обговорення. Експериментально підтверджено, що рутин (кверцетин-3-О-рутинозид) після взаємодії з 10 % водним розчином аміаку утворює комплекс речовин, у складі якого є продукти, які відіграють важливу роль у регуляції процесів росту і розвитку рослини. Хроматографічні дослідження підтвердили, що після взаємодії рутину з водним розчином аміаку утворюються

5 нових продуктів, які за коефіцієнтами рухомості (Rf) належать до середньополярних і полярних речовин (рис. 1).

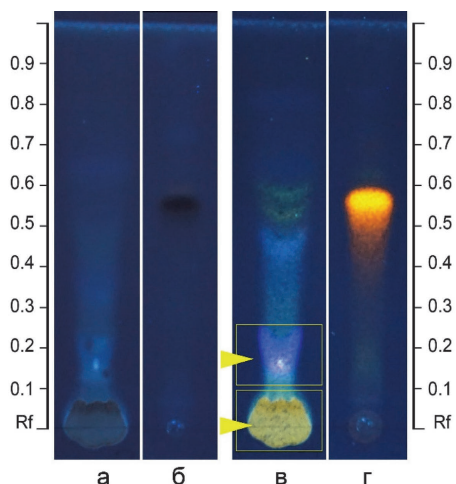


Рис. 1. Хроматограма рутин-амонійного комплексу до (а) та після (в) оброблення NP-реагентом; стандартний розчин рутину до (б) та після (г) оброблення; стрілками позначено біоактивні речовини-кандидати

За 72 год у отриманому розчині рутин не було виявлено. Отже, з часом відбувалась повна біохімічна трансформація флавонолу. На хроматограмі після оброблення NP-реагентом у незначній кількості виявлено два продукти з Rf ~ 0,53 і 0,58, з характерною для флавонолів флуоресценцією в УФ ($\lambda = 365$ нм). Високополярна сполука з яскраво блакитною флуоресценцією з Rf ~ 0,18 і речовина, яка залишилась на стартовій лінії, були доволі стабільними. Це дає підстави розглядати їх як речовини-кандидати з високою біологічною активністю і здатністю впливати на ростові процеси рослин. Ефект залежить від концентрації розчину рутин-амонійного комплексу. Пролонгований вплив свідчить про здатність розчинних у воді полярних сполук, які

входять до складу фенол-амонійного комплексу, проникати крізь оболонки насінини у живі тканини, стабільно в них утримуватися і далі брати участь у регуляції росту коренів.

Зокрема, попереднє оброблення насіння сосни звичайної різним розведенням вихідного розчину рутин-амонійного комплексу засвідчило, що за концентрації 10 мкг/мл показники енергії проростання і схожості достовірно не вирізняються від контролю (табл. 1).

1. Вплив рутин-амонійного комплексу на енергію проростання і схожість насіння сосни звичайної (n = 3, x ± SE)

Концентрація, мкг/мл	Енергія проростання, %	Схожість, %
0 (контроль)	58,0 ± 1,73	69,7 ± 1,45
10	60,3 ± 0,88	72,0 ± 1,15
15	67,7 ± 1,45**	78,0 ± 1,73*
20	64,0 ± 0,59*	72,3 ± 1,45
40	52,0 ± 1,15*	63,7 ± 2,03

Примітка: достовірність відмінностей оцінювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу та апостеріорного тесту Тьюкі (HSD); * – різниця з контролем достовірна за $p < 0,05$, ** – за $p < 0,01$.

За підвищення концентрації комплексу активних речовин у розчині до 15 і 20 мкг/мл ці показники підвищуються, але достовірно знижуються, коли концентрація досягає 40 мкг/мл. Подальші спостереження за процесами проростання і формуванням проростків дали змогу виявити пролонговану дію органічних сполук (рис. 2).

Замочування насіння у розчинах із різною концентрацією на 24 год стимулювало ріст проростків. За концентрації 10 і 20 мкг/мл чутливішими до біоактивних речовин були процеси росту стебел і сім'ядолей (рис. 3, а).



Рис. 2. Проростки сосни звичайної після оброблення насіння сосни звичайної рутин-амонійним комплексом (1 – 2 год; 2 – 24 год); лінійка – 20 мм; а – контроль; б, в, г, д – проростки, які було попередньо оброблено розчинами концентрацією 10, 15, 20 і 40 мкг/мл відповідно

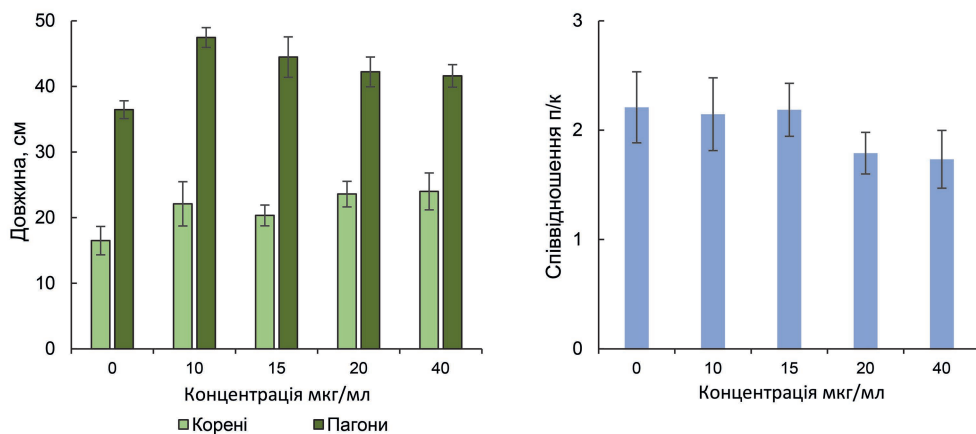


Рис. 3. Вплив рутин-амонійного комплексу на показники росту коренів і пагонів (а) та їхнього співвідношення (б) у проростків сосни звичайної

За умов підвищення концентрації фенольних сполук швидкість росту стебел уповільнювалась, а коренів, навпаки, зростала (рис. 3, б). Різниця у ростових процесах коренів і пагонів свідчить про наявність у рослинному організмі певної тканинспецифічності,

яку зумовлено анатомічною будовою і функціями надземних і підземних органів.

Стимуляція розвитку кореневої системи є важливим елементом стратегії виживання рослин в умовах жорсткої конкуренції за просторові ресурси та

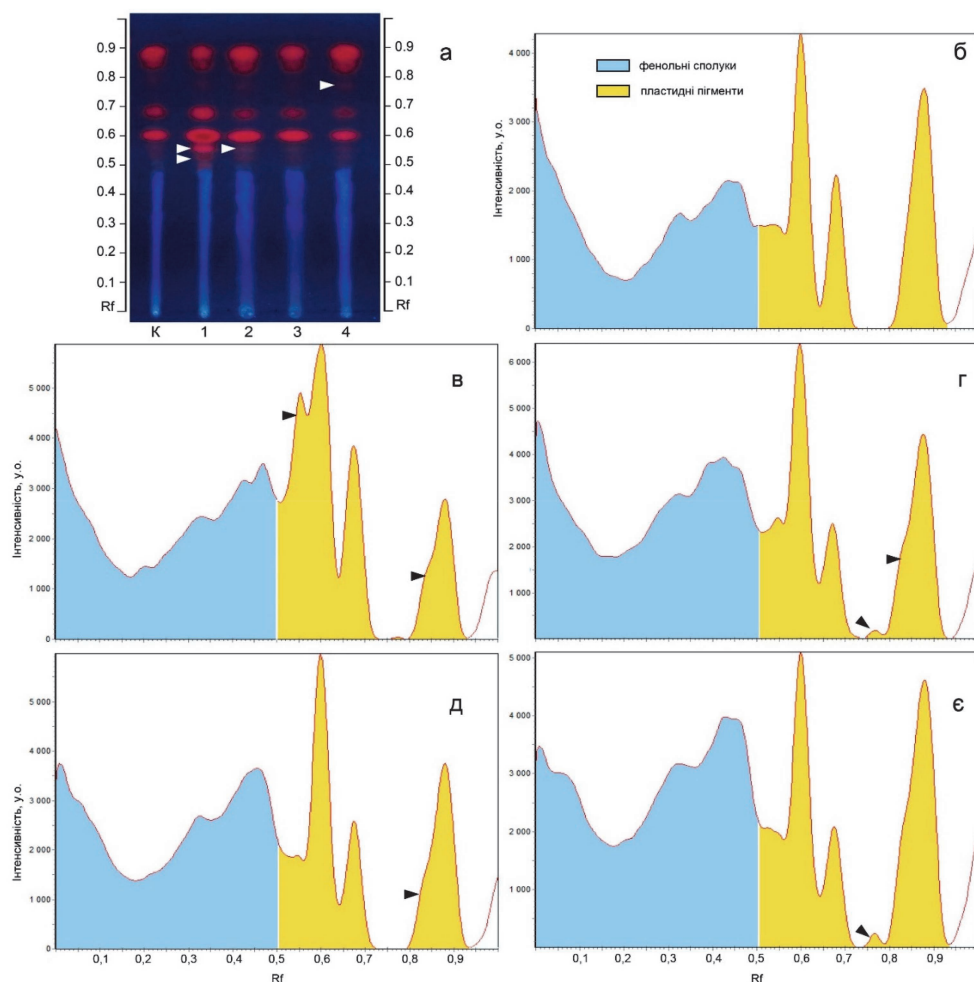


Рис. 4. Фотоденситограми пластидних пігментів у сім'ядолях проростків сосни звичайної на 14-ту добу пророщування; *б* – контроль; *в, г, д, є* – фотоденситограми екстрактів проростків, які було попередньо оброблено розчинами з концентрацією 10, 15, 20 та 40 мкг/мл відповідно; стрілками показано піки, що за своєю площею суттєво вирізняються від контрольної групи

поживні речовини, особливо в умовах дефіциту вологи. Для адвентивних видів із широкою амплітудою пристосувальних реакцій активне формування корневих систем є однією з основних стратегічних ознак, яка забезпечує успішну натуралізацію рослин у нових для них умовах.

Також виявлено значний вплив рутин-амонійного комплексу на якісний

склад фотосинтетичних пігментів, які входять до світлозбиральних комплексів і допоміжних пігментів – ксантофілів та каротиноїдів. У проростків сосни звичайної, які були оброблені розчином з концентрацією 10 і 15 мкг/мл, загальна кількість пластидних пігментів збільшувалась (рис. 4, *а, в, г*). Підвищувалась також кількість хлорофілів *а і б*.

За якісним складом фенольних сполук виявлено іншу тенденцію. За умов збільшення концентрації фенол-амонійного комплексу кількість фенолів у тканинах проростків збільшувалась (рис. 5).

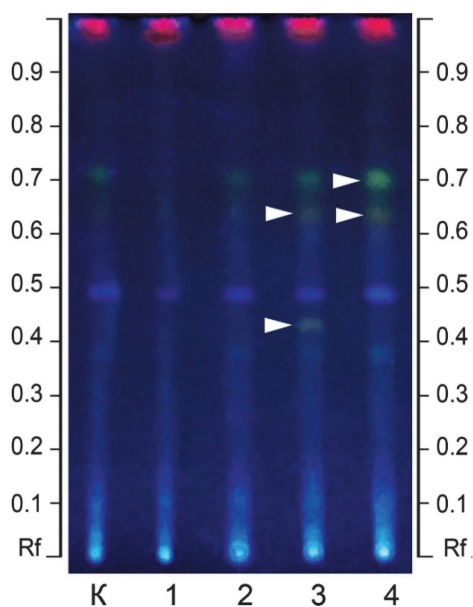


Рис. 5. Хроматограма фенольних сполук проростків сосни звичайної на 14-ту добу пророщування; *к* – контроль, *1–4* – екстракти рослин після оброблення насіння рутин-амонійним комплексом концентрацією 10, 15, 20 і 40 мкг/мл відповідно; стрілками показано флавоноїди, вміст яких значно більший за контроль

За умов оброблення насіння розчином концентрацією 20 і 40 мкг/мл у метанольних екстрактах значно підвищувався вміст флавоноїдів із $R_f \sim 0,63$ і $0,71$ (рис. 5, 3, 4). Сполуку з $R_f \sim 0,43$ виявлено виключно в екстрактах проростків, які обробляли розчином 20 мкг/мл. Оброблення насіння рутин-амонійним комплексом з найменшою концентрацією викликало протилежний ефект. За таких умов якісний склад і загальний пул фенольних спо-

лук у тканинах проростків зменшувалась (рис. 5, 1).

Протилежну залежність синтезу фенолів і терпеноїдів може бути зумовлено різними шляхами синтезу цих сполук, окрім флавоноїдів, утворення яких може бути конкурентним із каротиноїдами за спільний для відповідних ферментів субстрат. Каротиноїди – полієнові похідні ізопрену, молекули яких мають подвійні зв'язки. Ці пігменти локалізовані переважно в хлоропластах, де вони синтезуються із ацетил-КоА (Della Penna, Pogson, 2006). Більшість рослинних фенолів утворюються з шикимової кислоти в хлоропластах та цитозолі. Водночас синтез флавоноїдів, як і каротиноїдів, також можливий із ацетил-СоА за умов його карбоксилювання в ацетил-КоА-карбоксилазу і подальшим утворенням малоніл-КоА, який є субстратом для синтезу флавоноїдів. Отже, нагромадження у проростках флавоноїдів на фоні одночасного зниження вмісту каротинів і ксантофілів може свідчити про здатність фенол-амонійного комплексу вибірково впливати на ферментні системи, відповідальні за синтез речовин, які утворюються з ацетил-КоА.

Висновки і перспективи. Глікозид кверцетину рутин (кверцетин-3-О-рутинозид) після взаємодії з водним розчином 10 % аміаку утворює комплекс середньо- і високополярних органічних сполук із високою біологічною активністю.

Ці речовини за умов оброблення насіння сосни звичайної здатні впливати на показники енергії проростання, схожості, а в подальшому на ріст проростків. Ефект дії комплексу органічних сполук, що утворюються з рутин-амонійного комплексу, залежить від концентрації і тривалості оброблення насіння.

Розчин із концентрацією 15 мкг/мл підвищує показники проростання насіння, за концентрації 10 і 15 мкг/мл сприяє синтезу пластидних пігментів. Загальний пул фенольних сполук підвищується за умов оброблення насіння розчинами із концентраціями 20 і

40 мкг/мл. Отже фенол-амонійний комплекс здатний регулювати процеси росту і розвитку, а також впливати на вторинний метаболізм проростків сосни звичайної. Виявлені ефекти розкривають новий, ще маловивчений аспект ролі флавоноїдів у рослинному організмі.

Список літератури

- Anand D., A., Arulmoli, R., & Subramani, P. (2016). Overviews of Biological Importance of Quercetin. *A Bioactive Flavonoid Pharmacognosy Reviews*, 10 (20), 84–89.
- Blokhina, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann. Bot.*, 91, 179–194.
- Boyer, R. F., Clark, H. M., & Sanchez, S. (1989). Solubilization of ferrihydrite iron by plant phenolics: a model for rhizosphere processes. *J. Plant Nutr.*, 12, 581–592.
- Buer, C. S., Imin, N., & Djordjevic, M. A. (2010). Flavonoids: new roles for old molecules. *Journal of Integrative Plant Biology*, 52 (1), 98–111.
- Caretto, S., Linsalata, V., Colella, G., Mita, G., & Lattanzio, V. (2015). Carbon fluxes between Primary Metabolism and Phenolic Pathway in Plant Tissues under Stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 26378–26394.
- DellaPenna, D., Pogson, B. J. (2006). Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 57 (1), 711–738.
- Grana, E., Costas-Gil, A., Longueira, S., Celeiro, M., Teijeira, M., Reigosa, M. J., & Sanchez-Moreiras, A. M. (2017). Auxin-like effects of the natural coumarin scopoletin on *Arabidopsis* cell structure and morphology. *Journal of Plant Physiology*, 218, 45–55.
- Grodzinsky, A. M. (1973). *Fundamentals of chemical interaction of plants*. Kiev: Naukova Dumka [in Ukrainian].
- Kovalevsky, S. B., Taranenko, Yu. H. (2013). Growing seedlings of Scots pine with plant growth regulators and composite fertilizers. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhniceskoj akademii*, 204, 47–55 [in Russian].
- Lattanzio, V. (2013). Phenolic Compounds: Introduction. In K. G. Ramawat, & J. M. Merillon (Eds.), *Handbook of Natural Products*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Li, Jun, Ye, Yonghao, Huang, Hongwu, & Dong, Liyao. (2011). Kaempferol-3-O- β -D-glucoside, a potential allelochemical isolated from *Solidago canadensis*. *Allelopathy Journal*, 28 (2), 259–266.
- Likhanov, A., Oliynyk, M., Pashkevych, N., Churilov, A., & Kozyr, M. (2021). The Role of Flavonoids in Invasion Strategy of *Solidago canadensis* L. *Plants*, 10, 1748 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.3390/plants10081748>
- Melnychuk, M., Grigoriuk, I., Likhanov, A., Kliuvadenko, A., & Drozd, P. (2011). Allelopathic potential of leaf litter of plants English Oak (*Quercus robur* L.) and European Hornbeam (*Carpinus betulus* L.). *Bioresources and nature management*, 3 (3–4), 5–14 [in Ukrainian].
- Naikoo, M. I., Dar, M. I., Raghieb, F., Jaleel, H., Ahmad, B., Raina, A., & Naushin, F. (2019). Role and Regulation of Plants Phenolics in Abiotic Stress Tolerance. *Plant Signaling Molecules*, 157–168.
- Pinchuk, A. P., & Likhanov, A. F. (2018). Influence of different extranutrition conditions on phenolic compounds synthesis and pigmental complex of Scots pine seedlings needles. *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Forestry and decorative gardening*, 288, 97–107 [in Ukrainian].
- Pinchuk, A. P., et al. (2017). The influence of cerium dioxide nanoparticles on germination of seeds and plastic exchange of pine seedlings (*Pinus sylvestris* L.). *Biotechnologia Acta*, 10 (5), 63–71 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/biotech10.05.063>
- Santelia, D., Henrichs, S., Vincenzetti, V., Sauer, M., Bigler, L., Klein, M., Bailly, ... & Martinoia, E. (2008). Flavonoids redirect PIN-mediated polar auxin fluxes during root gravitropic responses. *The J. of Biological Chemistry*, 283 (45), 31218–31226.
- SSU 8558:2015 (2015). Seeds of trees and shrubs. Methods for seed testing (germination, viability, benign). Kyiv [in Ukrainian].
- Tegelberg, R., Julkunen-Tiitto, R., & Aphalo, P. J. (2001). The effects of long-term elevated UV-B on the growth and phenolics of field-grown silver birch (*Betula pendula*). *Glob. Chang. Biol.*, 7, 839–848.
- Tian, B., Pei, Y., Huang, W., Ding, J., & Siemann, E. (2021). Increasing flavonoid concentrations in root exudates enhance associations between arbuscular mycorrhizal

- fungi and an invasive plant. *The ISME Journal*, 15, 1919–1930.
- Volynec, A. P. (2013) *Phenolic compounds in the life of plants*. Minsk: Belarus. nauka [in Russian].
- Winkel-Shirley, B. (2002). Biosynthesis of flavonoids and effects of stress. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 5, 218–223.
- Zagoskina, L. V., & Nazarenko, N. V. (2016). Active oxygen species and antioxidant system of plants. *Vestnik Moscow City University. Natural Sciences*, 2 (22), 9–23 [in Russian].
- Zaprometov, M. N. (1993). *Phenolic compounds. Distribution, metabolism and function in plants*. Moscow: Nauka [in Russian].
-

**Pinchuk A. P., Ivanyuk I. V., Shevchuk M. O., Dubchak M. Yu., Likhanov A. F.
INFLUENCE OF RUTIN-AMMONIUM COMPLEX ON THE PHYSIOLOGICAL
CONDITION OF PINE SEEDLINGS**

In the plant body, phenolic compounds nonspecifically affect the processes of morphogenesis and perform a wide range of regulatory and protective functions. Of particular interest are the processes involved in the complexation of flavonoids as a result of their interaction with ammonium forms of nitrogen. Polar compounds, which are formed in tissues as a result of chemical transformation, are quite mobile in soil solutions and show high biological activity. The properties of phenol-ammonium complexes are of considerable interest in terms of morphogenesis, physiology of stability, as well as in the system of interaction of plants with soil microorganisms.

Studies of the effect of phenol-ammonium complex were performed on seeds and seedlings of Scots pine. Quantitative indicators of germination energy and germination were determined by seed germination. Biochemical profiling of seedling tissue extracts was performed by high-performance thin layer chromatography.

It has been experimentally confirmed that rutin (quercetin-3-O-rutinoside) after interaction with 10 % aqueous ammonia solution forms a complex of substances, among which the chromatography revealed polar products that potentially affect the regulation of growth. At a total concentration of 15 mg/l, these substances significantly increased germination energy and seed germination. In pine seedlings, they stimulated the growth of roots and shoots. The effect of the complex of organic compounds on seedlings depended on the concentration, duration of seed treatment and had a prolonged effect. The obtained phenol-ammonium complex at a concentration of 10-15 mg/l contributed to an increase in the amount of chlorophylls, carotenoids in the tissues of seedlings, and at 20-40 mg/l increased the content of phenolic synthesis products.

Keywords: rutin, flavonoids, ammonium, growth regulator, Scots pine, seeds.

Отримано: 2021-11-05

ДО УВАГИ АВТОРІВ!

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

Структура наукової статті:

- **УДК** (вирівнювання по лівому краю, шрифт – звичайний);
- **назва статті** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний, великі літери);
- **ініціали та прізвище авторів** (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний); **науковий ступінь і вчене звання, ідентифікатор ORCID, електронна адреса авторів, місце їхньої роботи** (вирівнювання по центру, шрифт – курсив), кожен співавтор з нового рядка; студенти і аспіранти додатково вказують наукового керівника в кінці першої сторінки статті у вигляді виводки;
- **анотація** українською (англійською) мовою (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1). Обсяг анотацій українською і англійською мовами повинен бути **не менше 1800 знаків**;
- **ключові слова** (кегль шрифту – 14, курсив, міжрядковий інтервал – 1) – словосполучення (слова), що використовуються для пошуку статті в електронних базах, жодне з них не дублює слова з назви статті;
- **текст наукової статті** із зазначенням наступних елементів:
 - **Актуальність** – висвітлюється важливість дослідження, існуючі проблеми та напрями їх вирішення в контексті поставлених наукових завдань із зазначенням ще невіршених аспектів питання.
 - **Аналіз останніх досліджень та публікацій**. Подається короткий аналіз результатів досліджень науковців з тематики наукової статті. В кінці цього розділу стисло формулюється основне завдання наукового дослідження у вигляді **Меті** або **гіпотези статті**.
 - **Матеріали і методи дослідження** – детально описується схема дослідження, умови і місце проведення досліду, основні методи і методики дослідження тощо.
 - **Результати дослідження та їх обговорення** – зазначаються отримані результати дослідження та їх аналіз із наведеним порівнянням щодо відомих фактів (бажано за останні 5 років).
 - **Висновки і перспективи** – необхідно представити конкретні результати аналізу та перспективи подальших досліджень.
 - **Подяки** (якщо необхідні!) подаються після висновків перед бібліографічними посиланнями.
- **список літератури** подається у кінці наукової статті у порядку згадування або у алфавітному порядку, **без нумерації** (кегль шрифту – 14, міжрядковий інтервал – 1). Список літератури повинен містити **не менше 10 літературних джерел** і формується за вимогами **APA 7th Edition**. Посилання у тексті наводяться за зразком (Прізвище, рік), наприклад: один автор – (Vinson, 1997), два автори – (Vargo & Laurel, 1994), ..., шість і більше авторів – (Jones et al., 1978). Детально з правилами можна ознайомитись за посиланням <http://nbuv.gov.ua/node/929> або за прикладами на сайті журналу.

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