

УКРАЇНСЬКИЙ ОРДЕНА «ЗНАК ПОШАНИ» НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ТА АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЇ
ім. Г. М. ВИСОЦЬКОГО

ISSN 1026-3365
eISSN 2663-4147

ЛІСІВНИЦТВО І АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ

Збірник наукових праць
Заснований у 1965 р.
ВИПУСК 144



Харків – УкрНДЛГА
2024

Головний редактор	д-р с.-г. наук, проф., член-кор. НАН України і НААН	В. П. Ткач (Україна)
Заступник головного редактора	д-р с.-г. наук, проф.	В. Л. Мешкова (Україна)
Відповідальний секретар	канд. фіз.-мат. наук, старш. дослідник	І. В. Оболоник (Україна)
Редакційна колегія:		
	д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб.	А. М. Білоус (Україна)
	канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	І. Ф. Букша (Україна)
	канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	Н. Ю. Висоцька (Естонія)
	д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб.	В. П. Ворон (Україна)
	д-р с.-г. наук, проф.	Ю. І. Гайда (Україна)
	канд. с.-г. наук, доцент	К. В. Давиденко (Україна, Швеція)
	д-р с.-г. наук, доцент	В. О. Крамарець (Україна)
	д-р біол. наук, проф.	Г. Т. Криницький (Україна)
	канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	С. А. Лось (Україна)
	д-р с.-г. наук, проф.	В. П. Пастернак (Україна)
	канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	О. М. Тарнопільська (Україна)
	канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.	І. М. Усцький (Україна)
	Prof. Dr.	Justyna Nowakowska (Poland)
	PhD	Sergii Boiko (Poland)
	PhD	Daiva Burokienė (Lithuania)
	Assoc. Prof. Dr.	Mihai-Leonard Duduman (Romania)
	Prof., PhD	Jaroslav Holuša (Czech Republic)

Адреса редакційної колегії: 61024, Харків, вул. Пушкінська, 86, УкрНДІЛГА.
Тел. 8-057-707-80-01, e-mail: Valentynameshkova@gmail.com; obolonik@uriffm.org.ua

Сайт збірника наукових праць «Лісівництво і агролісомеліорація»: <http://forestry-forestmelioration.org.ua>

Л 50

Рекомендовано до друку рішенням Ученої ради УкрНДІЛГА, протокол № 9 від 21 червня 2024 р.
Лісівництво і агролісомеліорація. – Харків: УкрНДІЛГА, 2024. – Вип. 144. – 150 с.

Наведено результати досліджень із питань лісівництва, лісознавства, лісовирощування та лісорозведення, агролісомеліорації, лісової ентомології, фітопатології, моніторингу, радіології, селекції деревних порід. Для науковців і спеціалістів лісового господарства, викладачів і студентів вищих навчальних закладів.

Forestry and Forest Melioration. – Kharkiv: URIFFM, 2024. – Iss. 144. – 150 p.

Results of investigations on forestry, forest science, forest breeding and growing, forest melioration, forest entomology, phytopathology, monitoring, radiology are presented. For researchers and specialists of forestry, teachers and students of higher educational establishments.

Свідоцтво про державну реєстрацію Серія КВ № 15588-4060Р від 12.08.2009

Збірник включено до Переліку наукових фахових видань України, категорія «Б»

сільськогосподарські науки, спеціальності – 202, 205, 206: наказ Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020



**ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РІВНОМІРНО-ПОСТУПОВИХ РУБОК
У СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНАХ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ**

В. П. Ткач^{1*}, А. М. Жежкун²

Розглянуто особливості сприяння відтворенню соснових деревостанів природного походження рівномірно-поступовими рубками в контексті наближеного до природи лісівництва. У стиглих соснових деревостанах Східного Полісся проведено перші прийоми рівномірно-поступових рубок, спрямованих на їхнє природне відновлення. На дослідних об'єктах досліджено насінноношення сосни звичайної та особливості природного відновлення соснових насаджень у певних типах лісу. Визначено оптимальну відносну повноту соснових деревостанів після проведення в них першого прийому двоприймних рівномірно-поступових рубок. Наведено лісівничо-таксаційні показники стиглих соснових деревостанів, в яких доцільно здійснювати рівномірно-поступові рубки.

Ключові слова: сосна звичайна, насінноношення, заходи сприяння природному відновленню, успішність природного відновлення, типи лісу.

Вступ. Господарські заходи в лісах мають базуватися на принципах сталого розвитку, які передбачають необхідність посилення екологічних, економічних і соціальних функцій лісових насаджень (Tkach, 2010; Krynytsky and Chernyavskyy, 2016). Екологічна складова сталого розвитку орієнтована на здійснення комплексу заходів, наближених до природи, з найменшим втручанням у лісові біоценози (Vedmid *et al.*, 2008; Krynytsky *et al.*, 2014; Tokarieva, 2021; Xianfeng *et al.*, 2021). До системи екологічно орієнтованих заходів належать також рівномірно-поступові рубки (РПР). Водночас такі рубки здійснюють у соснових лісах України в дуже малих обсягах. Загалом домінує суцільнолісосічна система господарювання, зорієнтована переважно на штучне відновлення сосняків. За останні 30–40 років це зумовило суттєве зменшення площ соснових лісів природного походження, які характеризуються високим видовим і генотиповим різноманіттям та є стійкішими у порівнянні зі штучними сосняками, до впливу екстремальних кліматичних умов і шкідливих організмів. Окрім цього навіть у багатших лісорослинних умовах – суборах і сугрудах – переважно створювали чисті культури сосни, в яких освітлення та прочищення часто не проводили. Тому такі деревостани характеризуються низькою біологічною стійкістю, а крони дерев у них є слаборозвиненими, що не сприяє обнасенню ділянок і природному відновленню господарсько цінних порід.

Уперше дослідні рівномірно-поступові рубки, орієнтовані на природне відновлення сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), було проведено під керівництвом проф. В. Д. Огієвського ще у 1899 р. у Собицькому лісництві на Чернігівщині (Zhezhkun, 2021). Згодом Є. В. Алексєєв запропонував проводити рівномірно-поступові (насіннево-лісосічні) рубки в стиглих сосняках свіжих і вологих борів і суборів (Alekseev, 1927).

У 20-х роках минулого сторіччя РПР також проводили, хоча і не на значних площах, у сосняках Дубечанського лісництва на Київщині (Pogrebnyak, 1968). Густота утвореного молодняку після кінцевого прийому РПР становила 8–20 тис. дерев сосни на 1 га. На той час звалювання дерев проводили ручними пилами, трелювання хлестів – кінцями; для сприяння відновленню сосни застосовували спеціальний механізм – «особливий дряпач» (Pogrebnyak,

¹ Ткач Віктор Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НАН України та НААН, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Пушкінська, 86, м. Харків, 61024, Україна. E-mail: tkach@uriffm.org.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0588-1479>

² Жежкун Анатолій Миколайович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Державне підприємство «Новгород-Сіверська лісова науково-дослідна станція», вул. І. Богуна, 90, м. Новгород-Сіверський, 16000, Чернігівська область, Україна. E-mail: desna-90@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1431-8944>

* Адреса для кореспонденції: tkach@uriffm.org.ua

1968). Однак відомості про лісівничі й таксаційні показники деревостанів, в яких призначали рубки, а також параметри організаційно-технічних елементів РПП не опубліковано.

У 50–60-ті роки минулого сторіччя в соснових лісах Боярського навчально-дослідного лігоспу проводили дослідні дво-триприйомні РПП. В умовах свіжого субору (B_2) із метою активізації природного відновлення сосни було запропоновано збільшити термін повторюваності прийомів рубок до 10–15 і навіть 20 років, а також розріджувати деревостан на ділянці нерівномірно та перед початком рубки здійснювати заходи сприяння відновленню шляхом прокладання борозен (Megalinskiy and Nakonechnyy, 1965). Водночас після проведення РПП у цих лісах станом на 1992–1994 рр. було отримано незадовільне відновлення сосни (Gordienko, 2002). На жаль, автори не наводять інформацію про умови проведення поступових рубок, урожайність насіння сосни, не описано також заходи зі сприяння відновленню лісу.

У 1965–1967 рр. закладено стаціонарні дослідні об'єкти з удосконалення технології проведення поступових рубок у сосняках Житомирської та Сумської областей. За три роки після першого прийому РПП густина підросту та самосіву сосни сягала 25–30 тис. шт.га⁻¹ (Romashov, 1971). Водночас ці рубки не було завершено та не визначено їхню ефективність.

Науково обгрунтоване застосування РПП у лісах має певні екологічні переваги, як порівняти із суцільними рубками: корінні деревостани відновлюються природним шляхом, прискорюється відновлення лісів, не знижується родючість ґрунтів, зберігається біорізноманіття фітоценозів. Економічне оцінювання свідчить, що у разі проведення поступових рубок збільшуються обсяги заготівлі деревини; водночас зростає собівартість заготовленої деревини, порівнюючи із суцільними рубками (на 15–20 %), пошкоджується підріст після проведення рубки. Ці рубки технологічно є значно складнішими, ніж суцільні, а успішність їхнього проведення залежить від багатьох чинників, які необхідно враховувати.

Дослідження, проведені в лісовому фонді Київської (нині – Клавдієвської) лісової науково-дослідної станції, також не в усіх випадках довели ефективність проведення поступових рубок. Тому ці рубки не набули широкого застосування в сосняках, де основними залишаються саме суцільно-лісосічні рубки з наступним створенням на зрубках лісових культур (Gordienko, 2002).

Аналіз наведених прикладів свідчить, що на багатьох ділянках поступові рубки не було завершено, а зруби недостатньо відновилися сосною та іншими цінними деревними породами. Значну кількість підросту знищували під час проведення чергових прийомів поступових рубок. У багатьох випадках рубки проводили в роки з незадовільним насінноношенням сосни, а заходи щодо сприяння природному відновленню не здійснювали. Тому висновки авторів щодо успішності природного відновлення сосни звичайної після проведення в насадженнях рівномірно-поступових рубок, а також щодо доцільності застосування таких рубок є неоднозначними. Це зумовлює необхідність проведення поглиблених досліджень для вирішення зазначеної проблеми.

Мета досліджень – визначити особливості проведення рівномірно-поступових рубок у соснових деревостанах Полісся та оцінити доцільність їхнього застосування в контексті реалізації принципів ведення господарства на засадах наближеного до природи лісівництва.

Матеріали й методи. З метою вдосконалення технології проведення РПП у соснових лісах Східного Полісся нами закладено активні експерименти, що передбачали різну інтенсивність першого прийому рубок (10–50 %) і здійснення заходів сприяння природному відновленню сосни та інших господарсько цінних порід. На різних ділянках відносні повноти насаджень після проведення в них першого прийому рубок становили 0,3–0,7.

Постійні пробні площі (ППП) у соснових деревостанах закладали згідно з вимогами (*Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006*, 2007). У вертикальному профілі деревостану оцінювали розподіл дерев за класами росту Крафта. Клас потенційної конкурентоспроможності дерев визначали за Д. Д. Лавриненком (Zhezhkun, 2021). Кожне дерево сосни за протяжністю крони характеризували одним із чотирьох класів:

1-й клас – понад 1/2 висоти дерева; 2-й клас – 1/2–1/3; 3-й клас – 1/3–1/4, 4-й клас – менше ніж 1/4 висоти, а за санітарним станом – однією з шести категорій (*Sanitary Forests Regulations in Ukraine*, 2016).

Було заплановано проведення рівномірно-поступових рубок за два прийоми. У перший прийом до рубки призначали сухостійні, суховерхі та інші фаутні дерева всіх порід, а також дерева тих порід, відновлення яких було небажаним (зокрема осіку (*Populus tremula* L.) та робінію звичайну (*Robinia pseudoacacia* L.)). До рубки також призначали дерева сосни, протяжність крон яких була меншою за 1/3 висоти. Такі дерева є менш життєздатними та мають меншу врожайність насіння.

Звалювання дерев, обрізання гілок і сучків проводили бензопилами, а трелювання деревини – колісними тракторами з трелювальними пристроями. Порубкові рештки складали в невеликі купи та спалювали після закінчення пожежонебезпечного періоду. Для сприяння природному відновленню сосни на поверхні ділянки прокладали борозни за допомогою плугів ПКЛ-70, ПЛ-75-15, дискових культиваторів КЛБ-1,7, КЛД-1,8 із колісними тракторами. Площа мінералізованого таким способом ґрунту становила 60–65 % від площі ділянки.

Насіння сосни звичайної під наметом розріджених сосняків обліковували за допомогою насіннемірів (Los *et al.*, 2017). У роки з низькою врожайністю насіння сосни його підсівали в борозни. Підріст і супутнє природне поновлення підраховували на облікових смугах завдовжки 20 м, завширшки 2,5–4,0 м. Під час обліку підросту та самосіву визначали їхні видовий склад, походження, вік, життєздатність, а також густоту (в перерахунку на 1 га). Загалом обліки проведено на понад 100 ділянках соснових лісостанів, на яких було здійснено перший прийом поступових рубок (табл. 1).

Таблиця 1

Природне відновлення стиглих соснових деревостанів після проведення в них першого прийому поступових рубок на найбільш характерних ділянках*

Table 1

Natural regeneration of mature pine stands after the first stage of gradual shelterwood felling in the most characteristic plots*

Тип лісу Type of forest	Кількість ділянок, шт. Number of plots		Середня відносна повнота деревостанів Average relative density of stocking				Середня густина підросту, тис. шт. га ⁻¹ Average density of advance growth, thousand stems ha ⁻¹	
			до рубки before felling		після рубки after felling			
	без сприяння природному відновленню without promoting natural regeneration	зі сприянням природному відновленню with the promotion of natural regeneration	без сприяння природному відновленню without promoting natural regeneration	зі сприянням природному відновленню with the promotion of natural regeneration	без сприяння природному відновленню without promoting natural regeneration	зі сприянням природному відновленню with the promotion of natural regeneration	без сприяння природному відновленню without promoting natural regeneration	зі сприянням природному відновленню with the promotion of natural regeneration
A ₂ -С	1	–	0,7	–	0,56	–	3,1	–
B ₂ -дС	19	17	0,69 (0,60–0,80)	0,71 (0,60–0,80)	0,51 (0,40–0,63)	0,52 (0,40–0,65)	3,6 (0,1–18,0)	5,3 (0,7–16,6)
B ₃ -дС	23	21	0,71 (0,70–0,87)	0,71 (0,60–0,80)	0,51 (0,39–0,58)	0,49 (0,40–0,63)	6,1 (0,1–17,5)	12,2 (0,2–37,1)
C ₂ -гдС	11	3	0,62 (0,55–0,70)	0,62 (0,55–0,70)	0,46 (0,40–0,52)	0,48 (0,45–0,50)	1,3 (0,1–6,2)	3,7 (0,2–5,9)
C ₃ -гдС	2	4	0,80 (0,70–0,90)	0,68 (0,60–0,70)	0,60 (0,56–0,65)	0,52 (0,51–0,55)	1,5 (1,2–1,8)	16,3 (5,2–31,8)

* У дужках наведено діапазони варіювання показників.

* The figures in parentheses are the variation ranges of the values.

Успішність природного відновлення оцінювали за чинними шкалами (Pasternak, 1990; Zhezhkun, 2014; 2021). Після проведення кінцевих прийомів РПП обліковували також наявні види пошкоджень підросту сосни: злам верхівки та гілок, обдирання кори та ошмиг їхньої крони. Для визначення таксаційних показників деревостанів на ППП використовували нормативно-довідкові матеріали (Vilous *et al.*, 2021). Матеріали опрацьовували математико-статистичними методами із застосуванням комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Результати. У стиглих соснових деревостанах державних лісогосподарських підприємств Чернігівської області рівномірно-поступові рубки упродовж 2007–2012 рр. проведено на площі лише близько 100 га (Zhezhkun, 2013). Водночас результати базового лісовпорядкування 2011 р. свідчать про більші обсяги рівномірно-поступових рубок. Упродовж 2013–2014 рр. перші прийоми рівномірно-поступових рубок у соснових деревостанах проводили на більших площах (близько 400 га). Тому оцінено ефективність застосування цих рубок.

На ділянках соснових деревостанів після проведення в них першого прийому поступових рубок кількість природного поновлення в різних типах лісу варіювала в широких діапазонах (див. табл. 1).

Інтенсивність природного відновлення залежала від репродуктивної здатності дерев сосни звичайної, на яку впливали клас росту, габітус крон та їхня життєздатність (табл. 2).

Таблиця 2

Потенційна конкурентоспроможність і санітарний стан дерев сосни звичайної з різною протяжністю крони

Table 2

Potential competitiveness and health condition of Scots pine trees with different crown lengths

Показники Indicators	Клас протяжності крон Crown length class			
	1	2	3	4
Кількість дерев, % Number of trees, %	1–5	23–30	68–72	0–5
Клас потенційної конкурентоздатності Class of potential competitiveness	I,0–II,0	I,2–II,1	II,0–II,2	II,5–III,5
Індекс санітарного стану Health condition index	I,3–II,0	I,4–II,1	I,5–II,2	II,9–III,5

Урожайність насіння сосни звичайної в рік проведення перших рубок (2013 р.) була дуже низькою (1 бал). Кількість насіння за даними обліку в насіннемірах становила лише 33,6 тис. шт. · га⁻¹. У наступний рік (2014 р.) насіннешення було дещо більшим – насадження характеризувалося низьким (2 бали) або середнім (3 бали) врожаєм (86–130 тис. шт. · га⁻¹). На третій рік (2015 р.) за високого (5 балів) урожаю під намет сосняків потрапляло від 540 до 1 046 тис. шт. · га⁻¹ насінин сосни.

За рік після проведення РПП залежно від типу лісу під наметом насаджень нараховували від 0,5 до 40 тис. шт. · га⁻¹ самосіву сосни. В умовах свіжого дубово-соснового субору кількість підросту сосни за 3–4 роки після першого прийому рубок тісно корелювала з повнотою залишеної частини соснових деревостанів (рис. 1).

На ділянках, де відбулося задовільне природне відновлення сосни та інших цінних порід, було проведено кінцеві прийоми РПП. Під час звалювання й трелювання відбулося певне пошкодження та знищення частини підросту (табл. 3).

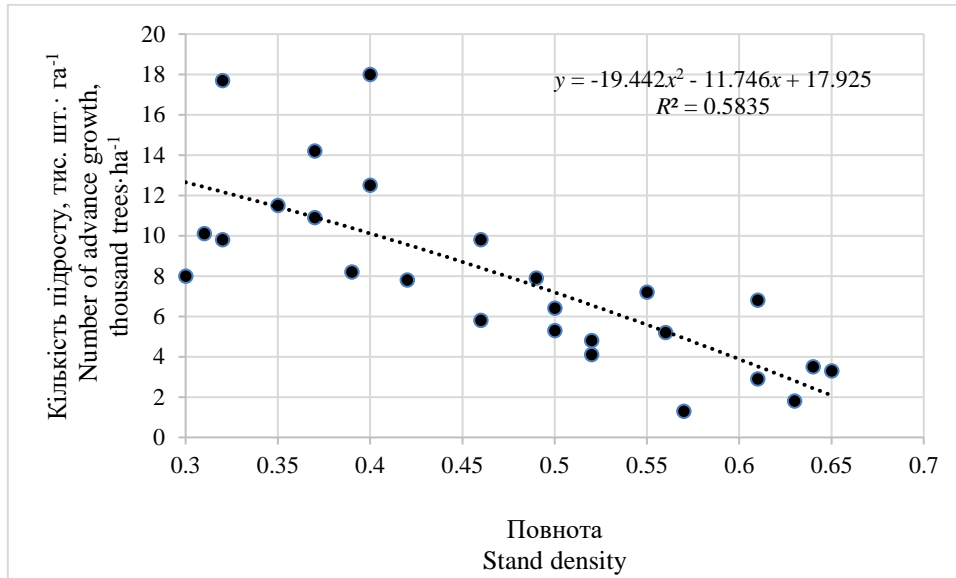


Рис. 1 – Кількість підросту сосни звичайної залежно від відносної повноти деревостанів
Fig. 1 – The number of Scots pine advance growth depending on the relative density of stocking

Таблиця 3

Пошкодження підросту сосни після кінцевого прийому рівномірно-поступової рубки

Table 3

Damage of the pine advance growth after the final stage of uniform shelterwood felling

Кількість підросту сосни, чисельник – тис.шт.га ⁻¹ , знаменник – % The number of pine advance growth, numerator – thousand stems·ha ⁻¹ , denominator – %						
Після рубки After felling	Без пошкоджень Without damage	Види пошкоджень Types of damage				Разом Total
		Злам вершини Broken top	Злам гілок Broken branches	Обдирання кори Bark damage	Ошмиг крони Mechanical damage to the crown	
9 080 100	5 260 58,0	2 300 25,3	520 5,7	360 4,0	640 7,0	3 820 42,0

Найбільшу збереженість і середню висоту мав підріст старшого віку, що з'явився після першого прийому РПП (табл. 4).

Таблиця 4

Чисельність і показники росту за висотою підросту сосни звичайної після кінцевого прийому рівномірно-поступової рубки

Table 4

The number and height growth indicators of the Scots pine advance growth after final stage of uniform shelterwood felling

Показник Indicator	Підріст сосни за віком, років Advance growth of pine by age, years					
	1	2	3	4	5	6–20
Густота, шт.га ⁻¹ Density, stems·ha ⁻¹	640	100	760	1 060	6 080	440
Середня висота, см Average height, cm	5,3 ± 0,44	6,6 ± 0,38	13,5 ± 0,65	24,8 ± 2,14	62,4 ± 3,27	102,0 ± 10,53
Середній приріст за висотою, см Average height increment, cm	5,3 ± 0,44	2,9 ± 0,19	5,3 ± 0,48	10,3 ± 0,85	18,2 ± 1,02	23,7 ± 2,40

Обговорення. На початку дослідження (2013 р.) інтенсивність першого прийому рубки в сосняках свіжого дубово-соснового субору на більшості ділянок становила 11–30 % за

запасом зі зменшенням відносної повноти до 0,5 та 0,6, що відповідало чинним нормативам (*Rules of Final Felling*, 2009). У сосняках вологого субору та свіжого сугруду (В₃-дС і С₂-гдС) також переважали рубки інтенсивністю 11–30 % за запасом, проте повноту зменшили переважно до 0,4 та 0,5.

Наступного року (2014 р.) інтенсивність першого прийому рівномірно-поступових рубок також переважно становила 11–30 % від запасу, а на окремих ділянках – 31–60 %. Після рубки у 2013 р. переважали деревостани з повнотою 0,5, а в 2014 р. – 0,4.

У соснових деревостанах після першого прийому поступових рубок було пошкоджено невелику кількість дерев – 2–5 шт.·га⁻¹, що становило лише 1–2 % від загальної кількості залишених дерев. Тому якість заготовленої деревини внаслідок рубки не погіршилася. Водночас кількість життєздатного підросту та самосіву сосни на переважній площі ділянок (91–95 %), на яких було проведено рубки, не перевищувала 3,0 тис. шт.·га⁻¹.

Досвід свідчить, що під час проведення РПП необхідно брати до уваги періодичність насінноношення сосни, а також ступінь розвитку крон та габітус дерев. Зазвичай у домінуючих дерев I–II класів Крафта крони є більш розвиненою, ніж у дерев нижчих класів росту. Це позитивно впливає на врожайність насіння дерев. Збільшенню об'єму крони дерев сприяють вчасно проведені перші рубки догляду, зокрема освітлення та прочищення. На жаль, на значних площах у соснових молодняках такі рубки догляду часто не проводять з огляду на їхню економічну збитковість. Тому в насадженнях, в яких здійснюють головні рубки, часто дерева мають слабо розвинені крони. На наш погляд, це є однією із причин отримання незадовільних результатів проведення поступових рубок у соснових лісостанах.

У соснових деревостанах природного походження (тип лісу – В₂-дС) віком 90–120 років переважають дерева сосни 3-го класу з протяжністю крон від 1/3 до 1/4 їхньої висоти (див. табл. 1). Дерев сосни звичайної 1-го і 2-го класів за протяжністю крони мали найвищі потенційну конкурентоспроможність, життєвість і врожайність насіння, тому їх не призначали до рубки. Водночас частка таких дерев становила менше ніж 30 % від загальної кількості, тому залишали також окремі дерева сосни з 3-го класу. Отже, плануючи поступові рубки, необхідно попередньо підбирати деревостани з переважанням дерев, протяжність крон яких становить не менше ніж 1/3 їхньої висоти.

Характерним є те, що на всіх ділянках поступових рубок найбільшу кількість сходів сосни звичайної виявлено в борознах; тому мінералізація підстилки шляхом їх прокладання створює сприятливі умови для природного відновлення сосни. Найбільш успішне відновлення зафіксовано в сосняках вологого дубово-соснового субору (В₃-дС), відносну повноту яких було знижено до 0,4. Густота однорічного самосіву сосни становила 24,3–58,3 тис. шт.·га⁻¹, а переважна частка самосіву сосни (94 %) утворилася саме в борознах.

Проаналізуємо успішність природного відновлення в сосняках після проведення в них першого прийому поступових рубок за типами лісу в різні календарні роки (2013, 2014 рр.).

У сосняках свіжого соснового бору (А₂-С) зі зниженням відносної повноти у 2013 р. до 0,5 без сприяння відновленню упродовж 3–4 років успішність природного відновлення сосни є незадовільною. Розміщення підросту сосни є нерівномірним (частота трапляння 46–60 %). У сосняках цього типу лісу після рубки у 2014 р. зі зменшенням відносної повноти до 0,6 за перший рік відновилося лише 7,4 тис. шт.·га⁻¹ самосіву сосни. За три роки було збережено 3,8 тис. шт.·га⁻¹ підросту сосни (51,4 %) та відновилося 7,5 тис. шт.·га⁻¹ 1–2-річного самосіву. Успішність природного відновлення сосни – недостатня.

У соснових деревостанах свіжого дубово-соснового субору (В₂-дС) після першого прийому рубок у 2013 р. внаслідок зменшення відносної повноти до 0,5 та мінералізації ґрунту кількість 3–4-річного підросту сосни становила 2,0–6,3 тис. шт.·га⁻¹, 1–2-річного самосіву – 0,1–9,8 тис. шт.·га⁻¹ (успішність відновлення загалом є недостатньою, хоча на певних ділянках – достатня). У сосняках, розріджених першим прийомом РПП до відносної повноти 0,6–0,7, кількість утвореного природного поновлення є значно меншою.

У 2014 р. після першого прийому рівномірно-поступової рубки зі зниженням повноти на одній із ділянок до 0,3 і прокладанням борозен широтного напрямку відновилося від 19,1 до 24,0 тис. шт.·га⁻¹ 1-річного самосіву сосни. Упродовж наступних трьох років збереглося 8,1–17,6 тис. шт.·га⁻¹ підросту сосни (див. рис. 1), водночас його кількість поповнилася на 3,5–7,0 тис. шт.·га⁻¹ 1–2-річним самосівом, що надало підстави для проведення кінцевого прийому рубки. Проте за дуже сильного зниження відносної повноти (до 0,3) після проведення першого прийому рубок зростає загроза відпаду пошкоджених буревіями залишених дерев на ділянці, а також інтенсивного розвитку трав'яної, особливо злакової, рослинності, яка з'являється на другий-третій роки після рубки. Подібна кількість рівномірно розміщеного природного поновлення (8,5–17,9 тис. шт.·га⁻¹) утворилася й на ділянках сосняків, відносна повнота яких була дещо вищою (зменшена після рубки до 0,4), що також зумовило призначення кінцевого прийому рубки. На всіх ділянках стиглих сосняків цього типу лісу, зріджених до відносної повноти 0,5–0,6, упродовж першого та наступних років відновлення сосни було незадовільним. Це свідчить, що в перший прийом РПП доцільно знижувати повноту до 0,4 та здійснювати заходи щодо сприяння природному поновленню.

У сосняках вологого дубово-соснового субору (Вз-дС) з відносною повнотою нижче за 0,5 після першого прийому рубок 2013 р. у наступні три роки задовільне природне відновлення відбулося на близько 40 % від загальної площі ділянок. У високоповнотних соснових деревостанах, в яких після першого прийому відносну повноту було зменшено лише до 0,7, на ділянках без заходів сприяння природному відновленню природне поновлення упродовж трьох років було незадовільним.

Після проведення в сосняках цього типу лісу першого прийому РПП у 2014 р. зі зменшенням повноти до 0,3–0,4, збереженням підросту та проведенням мінералізації ґрунту задовільне відновлення сосни відбулося на більшості ділянок (79 %). Густота 3–4-річного підросту сосни в сосняках із відносною повнотою 0,4 становила 8,8–34,7 тис. шт.·га⁻¹, а на ділянках із повнотою 0,3 була дещо меншою (9,1–11,3 тис. шт.·га⁻¹). На ділянці, на якій заходи щодо сприяння природному відновленню не здійснювали, кількість підросту сосни була в 1,8–4,0 рази меншою, ніж на ділянках із мінералізацією ґрунту, та не досягла нормативних показників.

Зіставна кількість природного поновлення утворилася також у насадженнях, відносна повнота яких після проведення першого прийому рубки в поєднанні із заходами щодо сприяння природному відновленню сягала 0,5. Так, густота 3–4-річного підросту сосни звичайної становила 7,7–28,5 тис. шт.·га⁻¹, самосіву – 2,2–20,2 тис. шт.·га⁻¹, а підросту дуба звичайного – 0,9–4,4 тис. шт.·га⁻¹.

Таким чином, у сосняках свіжого та вологого дубово-соснового субору перший прийом двопрійомної рубки доцільно проводити зі зменшенням відносної повноти до 0,4. Для поліпшення відновлення сосни та прискорення проведення кінцевого прийому РПП потрібно здійснювати заходи щодо сприяння природному відновленню.

У сосняках свіжого грабово-дубово-соснового сугруду (С₂-гдС) після першого прийому РПП як у 2013, так і в 2014 рр. успішність природного відновлення була поганою або недостатньою, зокрема на ділянках із прокладанням борозен. Появу та ріст самосіву сосни обмежували трав'яна (переважно злакова) рослинність, парость другорядних порід і посушливість кліматичних умов. Зважаючи на це, дослідження доцільності проведення поступових рубок у сосняках цього типу лісу необхідно продовжити.

У сосняках вологого грабово-дубово-соснового сугруду (С₃-гдС) зі зменшенням відносної повноти у 2013–2014 рр. до 0,5 і прокладанням борозен природне відновлення було задовільним. Густота однорічного самосіву сосни становила 34,9–39,8 тис. шт.·га⁻¹, дуба звичайного насінневого походження – 0,6–2,5 тис. шт.·га⁻¹, паросткового – 0,3–1,2 тис. шт.·га⁻¹, берези – 0,4–2,3 тис. шт.·га⁻¹, інших порід – 1,7 тис. шт.·га⁻¹. Зауважимо, що підсівання насіння суттєво не вплинуло на загальну кількість життєздатного підросту. Зі зниженням відносної повноти лише до рівня 0,6 відновлення сосни навіть за три роки

залишається незадовільним. Незважаючи на обнадійливі результати, одержані в сосняках вологого грабово-дубово-соснового сугруду, в цих умовах також бажано продовжити дослідження.

Загалом доцільним є зниження відносної повноти сосняків у певних типах лісу до 0,4, що узгоджується з іншими даними (Karazyu, 1982). У всіх типах лісу відновлення сосни є незадовільним на ділянках із потужною лісовою підстилкою та добре розвиненим трав'яним покривом. Зазначимо, що в посушливі роки на ділянках, які межують зі зрубами, незімкненими лісовими культурами та молодняками, створювалися екстремальні умови для відновлення сосни, що підтверджує раніше отримані результати досліджень (Alekseev, 1927).

Одним із підходів, спрямованих на збільшення збереженості підросту, може бути застосування технології з рухом трелювального трактора тільки вздовж технологічного коридору або, за досвідом державного підприємства «Тетерівське лісове господарство», – кінне підтрелювання круглих лісоматеріалів до краю технологічних коридорів. Густота життєздатного підросту за такої технології після рубки була достатньою для природного відновлення сосни (Zhukovskyi *et al.*, 2021).

Сприятливіші кліматичні умови 2015 р. зумовили краще насінношення сосни (порівнюючи з попередніми роками – 2013, 2014 рр.), а також надійніше природне поновлення на більшості ділянок. На третій-п'ятий роки після початку рубок (2015–2017 рр.) переважна кількість самосіву сосни та інших порід на ділянках збереглася, а успішність відновлення помітно поліпшилася. Сприяння природному відновленню сосни шляхом прокладання борозен на ділянках забезпечило збільшення кількості життєздатного підросту в усіх типах лісу (див. табл. 1). Тому здійснення таких заходів, особливо в роки з кращим плодonoшенням сосни, створює значно кращі умови для активізації процесів природного відновлення.

Зауважимо, що в соснових деревостанах із наявністю, зокрема, другого ярусу акації білої, густого підліску ліщини звичайної (*Corylus avellana* L.), рясного покриву злакових видів природне відновлення сосни у всіх випадках було незадовільним. Такі деревостани переважно формуються в умовах грабово-дубово-соснових сугрудів. Кращі умови для відновлення сосни створюються в сосняках, у надґрунтового покриві яких відсутня злакова рослинність, що узгоджується з результатами досліджень в інших регіонах (Straupe and Sadauskis, 2022).

Висновки. У соснових лісах Полісся доцільно активніше запроваджувати заходи, спрямовані на їхнє природне відтворення. Цьому сприятиме збільшення обсягів рівномірно-поступових рубок у соснових лісах, в яких дозволено проведення рубок головного користування. Водночас для досягнення максимальної ефективності необхідно врахувати низку важливих чинників під час планування та проведення цих рубок.

Визначено умови найуспішнішого природного відновлення після проведення рівномірно-поступових рубок у свіжих і вологих дубово-соснових суборах. Це – проведення рубки в роки доброго насінношення сосни в деревостанах із розвиненими кронами (протяжністю не менше ніж 1/3 висоти стовбура) та незначним розвитком злакової рослинності у надґрунтового покриві та підліску. Відносну повноту насадження першим прийомом рубки доцільно зменшувати до 0,4.

Обов'язковою передумовою проведення рубок є завчасне здійснення заходів щодо сприяння природному відновленню шляхом мінералізації верхнього шару ґрунту та попереднього видалення підліску (за його наявності); а для забезпечення кращого обнасінення ділянок (за необхідності) – підсівання насіння сосни. Під час проведення чергових прийомів рубок слід мінімізувати пошкодження підросту сосни та інших господарсько цінних порід.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами у межах виконання тем УкрНДЛГА, замовником яких було Державне агентство лісових ресурсів України (№ держреєстрації 0210U004315 та 0120U101888).

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Alekseev, E.V. (1927) *Shelterwood cutting*. Kyiv (in Russian).
- Bilous, A.M., Kashpor, S.M., Myroniuk, V.V., Svinchuk, V.A. and Lesnik, O.M. (2021) *Forest inventory handbook*. Kyiv: Vinichenko Publishing House (in Ukrainian).
- Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006* (2007). Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine (in Ukrainian).
- Gordenko, M.I. (ed.) (2002) *Plantations of Scots pine in Ukraine*. Kyiv: Urozhai (in Ukrainian).
- Karazyia, S.P. (1982) 'Influence of final felling methods on natural regeneration and change of tree species', *Forestry*, 3, pp. 9–15 (in Russian).
- Krynytskyi, G.T., Chernyavskyy, M.V. and Derbal, Y.Y. (2014) *Close to nature and multifunctional forest management in the Carpathian region of Ukraine and Slovakia*. Uzhgorod: PP "Kolo" (in Ukrainian).
- Krynytskyi, G.T. and Chernyavskyy, M.V. (2016) 'Close to nature forestry is the base of sustainable forest management in Transcarpathian region (experience of Ukraine and Slovak republic)', *Forestry and Forest Melioration*, 126, pp. 52–59 (in Ukrainian).
- Los, S.A., Tereshchenko, L.I., Hayda, Yu.I., Shlonchak, G.A., Mitrochenko, V.V., Shlonchak, G.V., ... and Danchuk, O.T (2017) *Guidelines for forest seed production*. Kharkiv: URIFFM. Available at: http://ucfb.info/fileadmin/user_upload/pdf (Accessed: 8 May 2024) (in Ukrainian).
- Megalinskiy, P.N. and Nakonechnyy, V.S. (1965) 'Experience of shelterwood cuttings in pine stands of Boyarka Educational and Research Forestry', *Forestry and Forest Melioration*, 2, pp. 52–60 (in Russian).
- Pasternak, P.S. (ed.) (1990) *The reference book of forest manager*. Kyiv: Urozay (in Russian).
- Pogrebnyak, P.S. (1968) *General forest management*. Moscow: Kolos (in Russian).
- Romashov, N.V. (1971) 'Experience of shelterwood cuttings in pine stands of Forest steppe and Polesie of USSR', *Forestry and Forest Melioration*, 24, pp. 68–77 (in Russian).
- Rules of Final Felling* (2009). Approved by the Order of the State Committee of Forest Management of Ukraine No. 364 dated 23 December 2009. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text> (Accessed: 30 April 2024) (in Ukrainian).
- Sanitary Forests Regulations in Ukraine* (2016). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 756 dated 26 October 2016. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (Accessed: 30 April 2024) (in Ukrainian).
- Straupe, I. and Sadauskis, E. (2022) 'The regeneration of Scots pine *Pinus sylvestris* L. after selective felling in *hylocomiosa* forest site type', *Proceedings of 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022*, SGEM, 22(3.2), pp. 439–446. <https://doi.org/10.5593/sgem2022v3.2/s14.51>
- Tkach, V.P. (2010) 'Scientific approaches to solving of the problem of forest renewal and sustainable forest management', *Forestry and Forest Melioration*, 117, pp. 16–20 (in Ukrainian).
- Tokarieva, O.V. (2021) 'Features of application of systems of felling of the main use in the forests of Ukraine', *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 12(1), pp. 34–40 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.31548/forest2021.01/004>
- Vedmid, M.M., Zchkudor, V.D. and Buzun, V.O. (2008) *Restoration of natural stands of Western Polissya*. Zhytomyr: Polyssya (in Ukrainian).
- Xianfeng, F., Wei T., Xiaoye, G. and Zongzheng, C. (2021) 'Close-to-nature management positively improves the spatial structure of Masson pine forest stands', *Web Ecology*, 21(1), pp.45–54. <https://doi.org/10.5194/we-21-45-2021>
- Zhezhkun, A.M. (2013) 'Gradual felling and reforestation in pine stands of Eastern Polissya', *Forestry and Forest Melioration*, 123, pp. 55–67 (in Ukrainian).
- Zhezhkun, A.M. (2014) 'The method of accounting and assessment of the success of the regeneration of accompanying tree species in pine stands, assigned to shelterwood cuttings', *Scientific Bulletin of UFNU*, 24.2, pp. 51–57 (in Ukrainian).
- Zhezhkun, A.M. (2021) *Forests of Eastern Polissya of Ukraine: structure, production, formation and reproduction*. Mena: TOV "Dominant" (in Ukrainian).
- Zhukovskyi O.V., Krasnov V.P. and Melnik V.V. (2021) 'Formation of a pine stands after conducting a two-stage evenly-gradual felling in the forests of Kyiv Polissya'. *Scientific Bulletin of UFNU*, 31(4), pp. 9–14 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310401>

FEATURES OF THE APPLICATION OF UNIFORM SHELTERWOOD FELLING IN PINE STANDS IN POLISSIA, UKRAINE

Tkach V.P.¹, Zhezhkun A.M.²

The features of the reproduction of natural pine stands after uniform shelterwood felling in the context of close-to-nature forest management are considered. In the mature pine stands in Eastern Polissia, the first stage of uniform shelterwood felling was carried out, focusing on the pine stand natural regeneration. The seeding of the Scots pine and the specificities of pine natural regeneration in certain forest types were investigated in the experimental plots. The optimal relative densities of stocking were determined in pine stands after the first stage of two-stage uniform shelterwood felling. Mensuration indicators have been defined for mature pine stands in which uniform shelterwood felling should be carried out.

Key words: Scots pine, seeding, natural regeneration assistance, natural regeneration success, forest types.

Одержано редколегією 28.05.2024

¹ Tkach Viktor, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine and National Academy Agricultural Science of Ukraine, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: tkach@uriffm.org.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0588-1479>

² Zhezhkun Anatoly, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, State Enterprise “Novgorod-Siverskyi Forest Research Station”, 90 Ivan Bohun Street, Novhorod-Siverskyi, 16000, Chernihiv region, Ukraine. E-mail: desna-90@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1431-8944>

* Correspondence: tkach@uriffm.org.ua

**ELMS (*ULMUS* L.) IN THE BRANCH “MYRHOROD FORESTRY” OF THE STATE SPECIALIZED FOREST ENTERPRISE “FORESTS OF UKRAINE”**V.L. Meshkova^{1*}, O.A. Kuznetsova², T.S. Pyvovar³

The database of the Ukrainian State Forest Management Planning Association “Ukrderzhlisproekt” for 2010 and 2017 was analyzed for the former parts of the Branch “Myrhorod Forestry” (SE “Lubny Forestry Enterprise” and SE “Myrhorod Forestry Enterprise”) to reveal the distribution of the forest-covered area, area with *Ulmus* sp. as a dominant species, and area of subcompartments with *Ulmus* sp. in the stand composition by forest site condition (FSC) types, and age classes. From 2010 to 2017, the area of natural stands with elms as the dominant species and the proportion of the dominant elm species *U. minor* has significantly increased. The average and maximum ages of the stands depend on the elm species and stand origin. The most dramatic decrease in the survival rate of all elm species in natural stands occurred in the VI age class and planted stands in the V age class. Respective natural and planted stands were formed in the 1960s and 1970s when Dutch elm disease peaked in many regions. Elm species are presented in a wide spectrum of fertility and humidity classes (trophotopes and hygrotopes). As a part of stand composition, the same elm species grow in a wider range of forest site conditions than the elms as the dominant species. *U. minor* prefers fresh fertile FSC. *U. laevis* grows mainly in fresh forest site conditions, and *U. pumila* occurs in dry to wet habitats. *U. glabra* is present only in natural stands and absent in planted stands.

Key words: *Ulmus minor*, *U. laevis*, *U. pumila*, *U. glabra*, dominant species, survival rate, forest site conditions.

Introduction. Stands with elms (*Ulmus* sp.) as a dominant species occupy less than 0.1 % of the forest fund of the State Forest Resources Agency of Ukraine (State Forest Resources Agency of Ukraine, 2024). More often, elms are the accompanying tree species in the stands with oak, alder, birch, etc. as the main species (Puzrina and Yavny, 2020). Elms are widely used in landscaping settlements and establishing protective forest belts (Thomas *et al.*, 2018) due to their ecological benefits, positive effect on the cycle of substances in the soil (Matuszkiewicz, 2015), and contribution to biodiversity (Napierała-Filipiak *et al.*, 2016; Collin *et al.*, 2020). The spread of Dutch elm disease (DED) in the 20th century caused the mortality of elms in a large area (Brasier, 1991; Jürisoo *et al.*, 2021); however, individual species varied in susceptibility and tolerance to the disease, some trees recovered by sprouts and root suckering, while others formed new hybrids (Santini and Faccoli, 2015). Recently, reports on bacterial diseases of elms have been published (Khodaygan *et al.*, 2011; Alizadeh *et al.*, 2017; Ali *et al.*, 2020). Bark beetles are moving from infected trees to healthy ones for adult feeding and vector the fungal and bacterial pathogens (Kuzminski *et al.*, 2024). In Ukraine, the spread of *Ulmus* sp. and its damage by different causes are relatively poorly investigated (Maslovata *et al.*, 2016; Yavny and Puzrina, 2018; Puzrina and Yavny, 2020). The database of the Ukrainian State Forest Management Planning Association “Ukrderzhlisproekt” for 2017 shows the presence of four elm species in the forests of Donetsk and Kharkiv regions. They are *U. minor* Mill. (field elm) – in Ukrainian “berest”; *U. laevis* Pall. (white elm, spreading elm, or fluttering elm) – in Ukrainian “hladkyi”; *U. pumila* L. (Siberian elm) – introduced Asian elm species – in Ukrainian “dribnolysty”, “nyzkyi”; *U. glabra* Huds. (wych elm, Scotch elm) – in Ukrainian “shorstkyi”, or “holyi” (Meshkova *et al.*, 2022).

In the forest fund of Sumy region, three elm species (*U. minor*, *U. laevis*, and *U. glabra*) are mentioned in the database. Field research in 2019 in the State Enterprise “Trostyanets Forestry” (since

¹ Meshkova Valentyna, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Professor, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: valentynamechkova@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

² Kuznetsova Olena, PhD Student, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: urbanscapeke@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8079-9186>

³ Pyvovar Tetiana, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: pyvovartatiana@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

* Correspondence: valentynamechkova@gmail.com

2022 reorganized to the Branch “Trostyanets Forestry” of the State Specialized Forest Enterprise (SSFE) “Forests of Ukraine”) revealed the symptoms of DED and bacteriosis in all elm species (URIFFM, 2019). In various fragments of shelterbelt along M 03 road, passing Kyiv, Poltava, and Kharkiv regions, the presence of these pathogens in *U. glabra*, *U. laevis*, and *U. pumila* was confirmed by laboratory analyses (Kuznetsova *et al.*, 2023; Meshkova *et al.*, 2024). The presence of bark beetles was confirmed by entomological analysis of sample trees. Tree health condition and damage severity from biotic agents depended on elm species and the location of inspected shelterbelt fragments. The inspected shelterbelt fragment in the Poltava region is located not far from the forest fund of the Branch “Myrhorod Forestry” of the SFE “Forests of Ukraine”. When reforming the forestry branch, the forest fund of SE “Lubny Forest Enterprise (FE)” merged with the Branch “Myrhorod Forestry” of the SFE “Forests of Ukraine”. Basic stand-wise forest inventory and management planning of these stands were carried out in 2010 and 2017.

This research aimed to discover the features of *Ulmus* sp. distribution by stand origin, age, and forest site condition, in the forest fund of the Branch “Myrhorod Forestry”.

Materials and Methods. The data as of 2010 and 2017 on the forest fund of enterprises included in the Branch “Myrhorod Forestry” of the SFE “Forests of Ukraine” were selected from the database of Ukrainian State Forest Management Planning Association “Ukrderzhlisproekt” using *SQL*-query and converted to the *.xls files. The area distribution by types of forest site conditions (FSC) was assessed following the Ukrainian forest typology as a combination of hygrotupe (humidity) and trophotupe (soil fertility) indices reflecting respective classes. According to it, the hygrotupe classes are: 1 – dry; 2 – fresh; 3 – moist; 4 – dump; 5 – wet. Trophotupe classes are: A – poor; B – relatively poor; C – relatively fertile; D – fertile. For example, C₂ means the fresh relatively fertile FSC (Bondar *et al.*, 2020). The distributions for the entire area covered with forest vegetation, areas with elms in the stand composition, and areas with elms as the dominant species were compared for various elm species and stand origins, using χ^2 -test (Atramentova and Utevskaaya, 2007). The percentages of stand areas of different origins and elm species in 2010 and 2017 were compared using *z*-test in the two proportions comparisons (StatisticsLectures.com, 2017). Inputs were the proportions of area, and outputs were *z* (observed value) and $|z|$ (critical value at a significance level $P = 0.05$), two-tailed. As the computed *p*-value was greater than 0.05, one cannot reject the null hypothesis H_0 (the difference between the proportions is equal to 0). In another case, the difference between the proportions is different from 0 (hypothesis H_a). To assess the survival dynamics, the area for subcompartments with various elms as the dominant species and as a part of stands composition have been analyzed by 10-year age classes for natural and planted stands. The proportion of the stand area of each 10-year age class was assessed for each set of subcompartments. Then the proportion of the stands’ area, which survived up to a certain age, was evaluated (Meshkova *et al.*, 2023).

Results. For 2010–2017, the area of stands with elm as the main species increased in the forest fund of both parts of the former SE “Myrhorod forestry” (Myrhorod FE). However, only an increase in the proportion of the natural stands ($z = 3.93$; $P < 0.05$) and all elm stands ($z = 2.48$; $P < 0.05$) in the forest-covered area is significant (Table 1).

Table 1

Area of stands with elms as the dominant species in the forest fund of the parts of the current Branch “Myrhorod Forestry” in 2010 and 2017 (%)

Former parts of the current Branch “Myrhorod Forestry”	Forest-covered area, ha	Area of elm stands, ha	Proportion of elm stands, %	2010			2017		
				Forest-covered area, ha	Area of elm stands, ha	Proportion of elm stands, %	Forest-covered area, ha	Area of elm stands, ha	Proportion of elm stands, %
Stands of natural origin									
Myrhorod FE	10 227.6	73.3	0.72a	11 860.1	147.6	1.24b			
Lubny FE	6 029.8	54.5	0.90	7 640.6	54.8	0.72			
Together	16 257.4	127.8	0.79a	19 500.7	202.4	1.04b			

Table 1 (Continued)

Former parts of the current Branch “Myrhorod Forestry”	Forest-covered area, ha	Area of elm stands, ha	Proportion of elm stands, %	Forest-covered area, ha	Area of elm stands, ha	Proportion of elm stands, %
	2010			2017		
Planted stands						
Myrhorod FE	14 686.3	19.9	0.14	15 284.9	15.2	0.10
Lubny FE	6 656.0	37.4	0.56	8 230.7	43.4	0.53
Together	21 342.3	57.3	0.27	23 515.6	58.6	0.25
All stands						
Myrhorod FE	24 913.9	93.2	0.37a	27 145.0	162.8	0.60b
Lubny FE	12 685.8	91.9	0.72	15 871.3	98.2	0.62
Together	37 599.7	185.1	0.49a	43 016.3	261.0	0.61b

Note. The percentages with the same letters in one line have no significant difference at $P = 0.05$.

The part of natural stands with elms as dominant species in the total elm stand area also increased significantly in 2010–2017 only in the former Myrhorod FE, and less in the current Branch “Myrhorod Forestry” (Fig. 1).

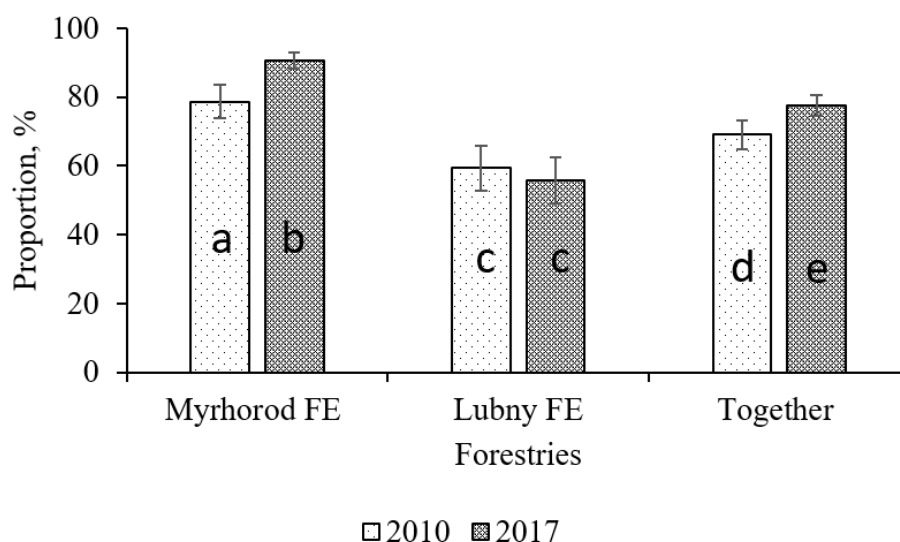
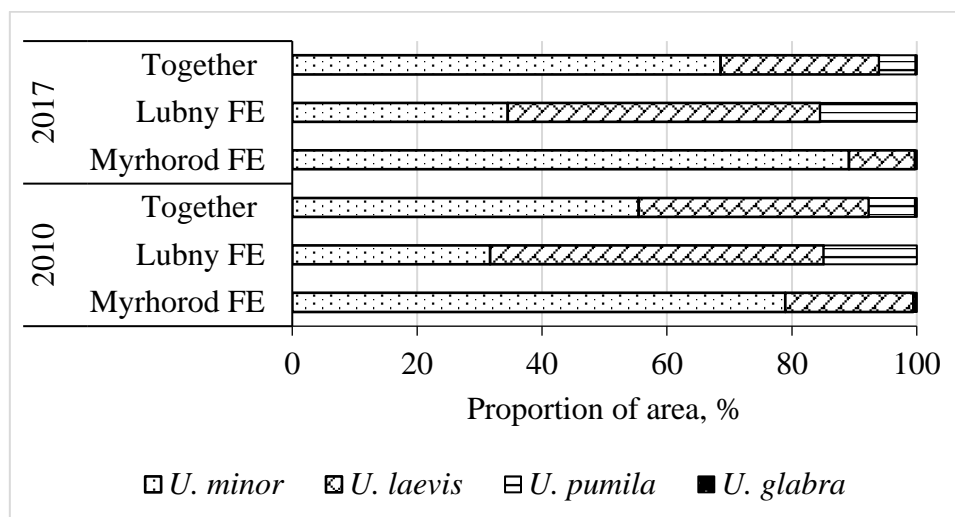


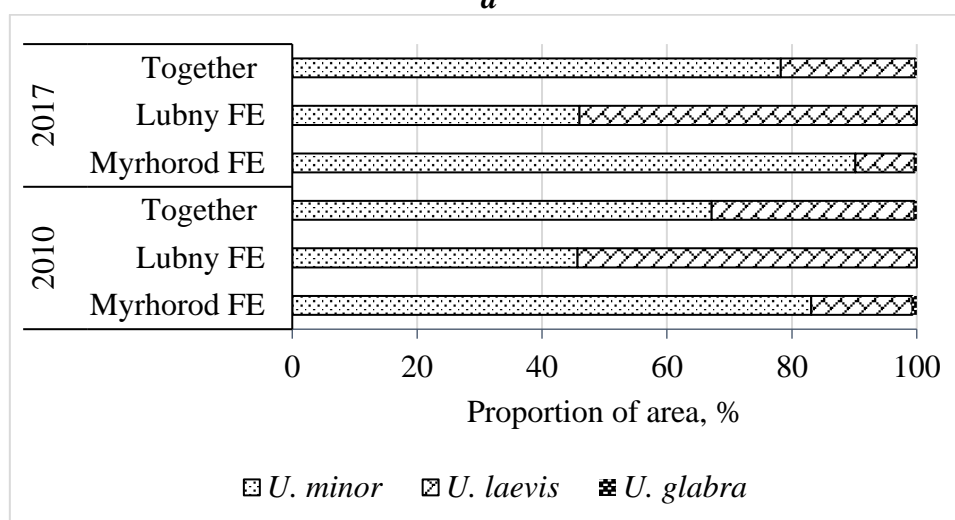
Fig. 1 – Proportion of the area of natural stands with elms as dominant species in the total area of elm stands in the forest fund of the former parts of the current Branch “Myrhorod Forestry” (Myrhorod FE and Lubny FE) in 2010 and 2017 (the columns with the same letters have no significant difference at $P < 0.05$)

Four *Ulmus* species were presented in the Branch “Myrhorod Forestry” (Fig. 2, a). In both assessments, *U. minor* dominated in the former Myrhorod FE, increasing in 2017 (79.0 and 89.1 % in the total area with elm as the dominant species in 2010 and 2017, respectively; $z = 2.2$; $P < 0.05$). In the former Lubny FE, *U. laevis* covered about 50 % of the area with elm as the dominant species in 2010 and 2017. *U. glabra* was present only in former Myrhorod FE (0.5 and 0.3 % from the elm stands area in 2010 and 2017, respectively), and *U. pumila* only in former Lubny FE (14.9 and 15.5 % from elm stands area in 2010 and 2017, respectively).

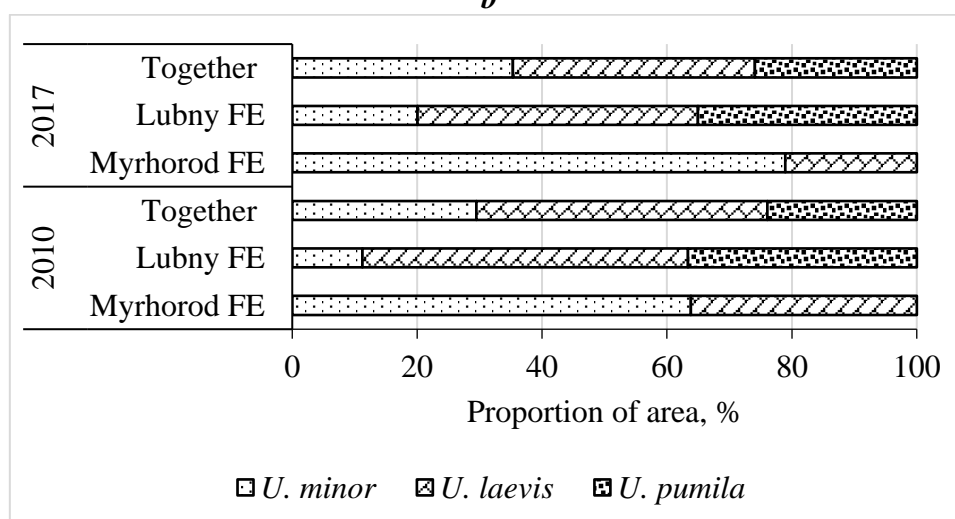
The presence and proportion of elm species in the total area of forest with *Ulmus* sp. as the dominant species depended on stand origin (Fig. 2, b, c). *U. pumila* was absent in the stands of natural origin. The proportion of *U. minor* trended to increase. At the same time, *U. laevis* and *U. glabra* decreased in the natural elm stands of former Myrhorod FE in 2017 compared to 2010 (see Fig. 3). However, these changes are not confirmed statistically ($z < 1.5$; $P > 0.05$).



a



b



c

Fig. 2 – Proportion of elm species in the total area of forests with *Ulmus* sp. as the dominant species in the forest fund of the parts of the current Branch "Myrhorod Forestry" in 2010 and 2017: a – all origins, b – natural origin, c – planted stands

In 2010 and 2017, *U. glabra* was absent in planted stands of both former parts of the current Branch "Myrhorod Forestry", and *U. pumila* was absent in planted stands of the former Myrhorod

FE (see Fig. 2, c). In the planted elm stands, the proportion of *U. minor* trended to a slight increase, and *U. laevis* decreased in both former Myrhorod FE and Lubny FE in 2017 compared to 2010 (see Fig. 2, c). However, these changes are not also confirmed statistically ($z < 1.1$; $P > 0.05$).

Considering the absence of significant changes in the elm area in 2017 compared to 2010, we evaluated its distribution by age classes and types of forest site conditions according to the current Branch “Myrhorod Forestry” as of 2017.

Analysis shows the most dramatic decrease in the survival rate of all elm species in the 4th–6th age classes (Table 2). At the same time, the average and maximum ages of the stands depended on the elm species and its origin (natural or planted forest). For example, the average age of *U. minor* and *U. glabra* as the dominant species in the stands of natural origin was lower than the age of these elms in the stand composition (see Table 2).

Table 2

Survival rate of stands with various elm species in the forest fund of the current Branch “Myrhorod Forestry” depending on stand origin as of 2017, %

Elm species	Average age, years	Survival rate up to age class (Age class / Year of natural regeneration or planting)							
		3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th
		1990	1980	1970	1960	1950	1940	1930	1920
Elm stands of the natural origin									
Elms as the dominant species									
<i>U. minor</i>	61	87.6	76.3	73.5	55.4	21.0	9.9	0.0	–
<i>U. laevis</i>	57	85.8	80.0	56.7	27.8	19.7	0.0	–	–
<i>U. glabra</i>	36	60.0	0.0	–	–	–	–	–	–
Elms in the stand composition									
<i>U. minor</i>	69	90.4	84.2	76.6	66.5	49.9	33.5	15.4	5.7
<i>U. pumila</i>	60	78.2	68.3	46.5	36.9	36.9	35.1	0.0	–
<i>U. glabra</i>	62	79.2	70.5	67.1	51.5	45.0	32.4	0.0	–
Planted elm stands									
Elms as the dominant species									
<i>U. minor</i>	62	87.9	70.0	34.8	21.3	4.3	0.0	–	–
<i>U. laevis</i>	65	98.2	92.1	42.3	16.7	0.0	–	–	–
<i>U. pumila</i>	54	77.6	59.9	0.0	–	–	–	–	–
Elms in the stand composition									
<i>U. minor</i>	62	89.4	85.2	79.6	49.3	24.8	10.0	4.5	3.3
<i>U. pumila</i>	56	98.9	82.9	60.3	16.3	3.4	3.4	0.5	0.0
<i>U. glabra</i>	34	40.8	14.4	14.4	12.4	3.5	3.5	0.0	–

Note. Bold indicates the years after which the survival rate is less than 50 %.

Only 55.4 % of *U. minor* trees as dominant species, and 66.5 % in the stand composition, survived up to the 6th age class. The survival rate of *U. glabra* was the lowest – it was not found as a dominant species in the natural stands of over 30 years old. However, *U. glabra* and *U. pumila* in the stand composition survived up to the 8th age class although they were inferior to *U. minor*.

In planted stands with *U. minor* as a dominant species, its average age was the same as in the stands with its participation in the stand composition. However, in the first case, only 34.8 % of trees survived to the 5th age class, and the oldest survived to the 7th class. In the second case, the decline in survival rate occurred gradually, and the oldest trees were in the 10th age class. In planted stands where elms are not the dominant species, *U. minor* also had the highest average age, and *U. glabra* had the lowest one.

The current Branch “Myrhorod Forestry” forested area contains A–D trophotopes and hygrotopes 1–5 (Table 3). Fresh fertile FSCs make up slightly more than half the area (51.5 %), and fresh relatively fertile FSC cover 10.8 % of the area. Elms are the dominant species in the B–D

trophotopes and hygrotopes 1–4. The largest area of such stands is represented in the D₂ (42.3 %), less – in C₂ and D₃. Elms within the stand composition are represented in the same FSC with a predominance of D₂ (57.4 % of the area). In addition, they are found in D₁, C₅, and D₅ (see Table 3).

Table 3

Distribution of the forested area and area with any *Ulmus* sp. of natural origin by forest site conditions in the forest fund of the current Branch “Myrhorod Forestry” as of 2017, %

Hygro- tope class	Forested area (19 501.0 ha)				Any <i>Ulmus</i> sp. as the dominant species (202.4 ha)			Any <i>Ulmus</i> sp. in the stand composition (3 145,1 ha)		
	Trophotope class				Trophotope class			Trophotope class		
	A	B	C	D	B	C	D	B	C	D
1– dry	0.4	0.1	0.2	1.5	–	10.9	–	–	0.6	2.7
2 – fresh	0.4	2.6	10.8	51.5	0.5	22.3	42.3	0.7	10.2	57.4
3 – moist	–	0.6	4.5	6.3	–	7.0	16.9	–	6.8	12.1
4 –dump	–	–	6.8	8.2	–	–	0.1	–	4.6	3.6
5 – wet	–	–	1.7	4.6	–	–	–	–	0.2	1.0

Planted stands were also represented in all trophotopes and hygrotopes 1–5 and were absent only in C₅ (Table 4). Planted stands with elms as the dominant species were almost equally represented in C₂ and D₂ (37.4 and 38.6 %) and planted stands with elms in the stand composition accounted for 71.1 % in D₂ and 18.1 % in C₂.

Table 4

Distribution of planted forest area and planted stands with any *Ulmus* sp. by forest site conditions in the forest fund of the current Branch “Myrhorod Forestry” as of 2017, %

Hygro- tope class	Forested area (23 515.6 ha)				Any <i>Ulmus</i> sp. as the dominant species (58.6 ha)			Any <i>Ulmus</i> sp. in the stand composition (1 619.2 ha)		
	Trophotope class				Trophotope class			Trophotope class		
	A	B	C	D	B	C	D	B	C	D
1– dry	8.4	0.2	0.1	0.9	–	12.1	–	–	0,5	0,8
2 – fresh	12.1	33.2	13.1	26.2	5.1	37.4	38.6	4,9	18,1	71,1
3 – moist	–	0.3	1.0	1.2	0.0	0.9	4.1	0,5	0,5	1,8
4 –dump	–	–	1.5	1.6	–	–	–	–	0,9	0,7
5 – wet	–	–	–	0.1	–	–	1.9	–	–	0,1

In the stands of natural origin, the distribution of *U. minor* as the dominant species according to FSC was close to that of all elm species (see Tables 3, 5), since this species is dominant. Most *U. laevis* stands were located in C₂ and C₃ (51.6 % and 21.6 %, respectively). *U. glabra* was found only in B₂ and D₂.

Table 5

Distribution of various dominant *Ulmus* species in the stands of natural origin by forest site conditions in the forest fund of the current Branch “Myrhorod Forestry” as of 2017, %

Hygrotupe class	<i>U. minor</i> (158.3 ha)		<i>U. laevis</i> (43.6 ha)			<i>U. glabra</i> (0.5 ha)	
	Trophotope class		Trophotope class			Trophotope class	
	C	D	B	C	D	B	D
1– dry	10.8	–	–	11.2	–	–	–
2 – fresh	14.3	51.9	1.8	51.6	7.1	40.0	60.0
3 – moist	3.0	20.0	–	21.6	6.0	–	–
4 –dump	–	–	–	–	0,7	–	–

In the natural stands with elms in the composition but not as the dominant species, *U. minor* is represented in all hygrotopes of C and D trophotopes and the fresh relatively poor FSC – B₂ (Table 6). *U. pumila* is represented in 4 FSCs and predominates in C₂ and D₂ (48.7 % and 29.9 % of the area, respectively). *U. glabra* is represented in 8 FSCs and predominates in C₂ and C₃ (34.3 % and 22.8 %, respectively).

Table 6

Distribution of various *Ulmus* species in the composition of natural stands in the forest fund the current Branch “Myrhorod Forestry” as of 2017 by forest site conditions, %

Hygrotope class	<i>U. minor</i> (2 970.3 ha)			<i>U. pumila</i> (27.1 ha)		<i>U. glabra</i> (147.7 ha)		
	Trophotope class			Trophotope class		Trophotope class		
	B	C	D	C	D	B	C	D
1 – dry	–	0.7	2.8	–	–	–	–	1.8
2 – fresh	0.4	8.6	60.1	48.7	29.9	6.2	34.3	7.0
3 – moist	–	5.9	11.8	19.9	1.5	–	22.8	19.4
4 – dump	–	4.8	3.4	–	–	–	0.7	7.7
5 – wet	–	0.3	1.1	–	–	–	–	–

In planted stands, three elm species are the dominant ones in 2 FSCs each (Table 7). *U. minor* predominates in D₂ and C₂ (62.8 % and 30.4 % of the area), *U. laevis* predominates in C₂ and D₂ (48.9 % and 42.3 %, respectively), and *U. pumila* in C₁ and C₂ (46.7 % and 29.6 %, respectively).

Table 7

Distribution of various dominant *Ulmus* species by forest site conditions in planted stands of the current Branch “Myrhorod Forestry” as of 2017, %

Hygrotope class	<i>U. minor</i> (20.7 ha)		<i>U. laevis</i> (22.7 ha)		<i>U. pumila</i> (15.2 ha)		
	Trophotope class		Trophotope class		Trophotope class		
	C	D	C	D	B	C	D
1 – dry	–	–	–	–	–	46.7	–
2 – fresh	30.4	62.8	48.9	42.3	19.7	29.6	–
3 – moist	–	1.4	2.2	6.6	–	–	3.9
5 – wet	–	5.3	–	–	–	–	–

The planted stands contain two elm species, with *U. minor* in 10 FSCs, and *U. pumila* in 8 FSCs (Table 8). *U. minor* predominates in D₂ (77.6 %), and *U. pumila* in C₂ (56 %), and a rather large part of the area with its presence falls on B₂ and D₂.

Table 8

Distribution of various *Ulmus* species in the composition of planted stands of the current Branch “Myrhorod Forestry” by forest site conditions as of 2017, %

Hygrotope class	<i>U. minor</i> (1444.7 ha)			<i>U. pumila</i> (174.5 ha)		
	Trophotope class			Trophotope class		
	B	C	D	B	C	D
1 – dry	–	–	0.9	–	5.1	–
2 – fresh	3.4	13.5	77.6	17.5	56.0	17.4
3 – moist	0.4	0.5	2.0	1.9	0.5	0.6
4 – dump	–	0.9	0.8	–	1.1	–
5 – wet	–	–	0.1	–	–	–

The chi-square test showed significant differences ($P < 0.01$) in the distribution by FSC between all *Ulmus* species in the natural and planted forests, in the case of their representation as the dominant species or in the stand composition.

Discussion. Analysis of the database of the Ukrainian State Forest Management Planning Association “Ukrderzhlisproekt” for 2010–2017 shows a significant increase in natural stands area with *Ulmus* sp. as the dominant species by 2017 in the Branch “Myrhorod forestry” (Fig. 1). This is a positive moment considering the spread of DED and bacterial wetwood in different regions (Brown *et al.*, 2018; Collin *et al.*, 2020).

Among four elm species, *U. minor* predominated, and its proportion increased in 2010–2017. The proportion of elm species in the total area of forests with *Ulmus* sp. as the dominant species depended on stand origin (see Figs. 2abc). On the one hand, forest management plans regulate species composition in planted forests and natural regeneration depending on suitable forest site conditions (Bondar *et al.*, 2020). On the other hand, the survival of different tree species depends on environmental conditions, particularly on the presence of pests and pathogens (Brown *et al.*, 2018).

The survival rate of stands is necessary for evaluating the maturity age of certain tree species and their resistance to various stressors (Tkach *et al.*, 2021). Our analysis shows the dependence of the average and maximum ages of the stands on the elm species and its origin (natural or planted). For all analyzed groups of stands, the most dramatic decrease in the survival rate of all elm species is observed at the 4th–6th age classes (Table 2). The natural stands of the 6th age class were formed in the 60s when the peak of Dutch elm disease (DED) was noted in many regions of Europe (Menkis *et al.*, 2016; Jürisoo *et al.*, 2021). At the same time, a sharp decrease in survival rate in planted stands with elms as the dominant species occurred in the 5th age class, and with elms as a part of stand composition after the 5th age class. An analysis of the forest fund also showed a sharp decrease in the survival rate of *U. pumila* after the 1960s in the Donetsk region, and after the 1980s, in the Kharkiv region (Meshkova *et al.*, 2022). The data on the survival rate of various *Ulmus* sp. may be used in the optimization of its maturity age (Tkach *et al.*, 2021). The consequences of DED are reflected in the age spectrum of elm stands (Napierała-Filipiak *et al.*, 2016). However, to evaluate elm survival capability, it is necessary to consider also forest site conditions, the proportion of various elm species in the stand composition, and some of their other features. Analysis of *Ulmus* sp. distribution by FSC shows a wide spectrum of trophotopes and hygrotopes in the Branch “Myrhorod Forestry”. As a part of stand composition, elms grow in a wider range of forest site conditions than as the dominant species (Tables 3, 4).

The spread of elm species is mainly associated with the availability of favorable forest site conditions. For example, elm demands for humidity in Poland decreased in the row from *U. laevis* to *U. minor* and *U. glabra* (Napierała-Filipiak *et al.*, 2016). In the central (Puzrina and Yavny, 2020) and western (Skolskyi, 2013) regions of Ukraine, *U. glabra* dominates. *U. glabra* in the eastern regions covers only 0.4–1.5 % of elm stands area, prevailing in fresh relatively fertile FSC types, and in the Kharkiv region, it is also common in fresh fertile FSC type (Meshkova *et al.*, 2022). In the Branch “Myrhorod Forestry” *U. glabra* is present only in natural stands (Tables 5, 6) and absent in planted stands (Tables 7, 8). *U. pumila* is more spread in the steppe part of Ukraine and in the forest-steppe in dry and fresh relatively fertile and fertile FSC (Meshkova *et al.*, 2022). However, in the Branch “Myrhorod Forestry” this elm species occurs from dry to wet habitats (Table 8). *U. minor* is the most abundant elm species in the eastern regions of Ukraine, growing mainly in D₂. However, in the Donetsk region, *U. minor* occurs in the stand composition even in dry FSC (Meshkova *et al.*, 2022). In the Branch “Myrhorod Forestry”, it is present in various FSCs, preferring fresh fertile ones (Tables 5–8). *U. laevis* in the Kharkiv region takes second place after *U. minor* by area. It grows mainly in fresh FSC both in the Kharkiv region (Meshkova *et al.*, 2022) and in the Branch “Myrhorod Forestry” (Tables 5, 7). However, it occurs also in dry FSC in the Kharkiv and Donetsk regions (Meshkova *et al.*, 2022).

In future research, we plan to compare the forest fund assessment data with the data from field research and dendrochronological analysis. The data obtained can be used for the conservation of elm

genetic resources (Collin *et al.*, 2020), the selection of trees tolerant to DED (Chira *et al.*, 2022) and the assessment of their offspring (Martín *et al.*, 2021; 2023), breeding for resistance to DED (Domínguez *et al.*, 2022).

Conclusions. In the Branch “Myrhorod forestry”, an area of natural stands with *Ulmus* sp. as the dominant species, and the proportion of the dominant elm species *U. minor* has significantly increased for 2010–2017. The most dramatic decrease in the survival rate of all elm species in natural stands occurred in the 6th age class and planted stands in the 5th age class. These natural and planted stands were formed in the 1960s and 1970s when the peak of Dutch elm disease was noted in many regions. In the Branch “Myrhorod Forestry”, *U. minor* prefers fresh fertile forest site conditions. *U. laevis* grows mainly in fresh forest site conditions, *U. pumila* occurs in dry to wet habitats, *U. glabra* is present only in natural stands and absent in planted stands. As a part of stand composition, the same elm species grow in a wider range of forest site conditions than elms as the dominant species.

Funding. The paper was prepared in the framework of a research plan of URIFFM (grant 0120U101891), supported by the State Forest Resources Agency of Ukraine.

Acknowledgments. The authors thank the anonymous reviewers for their valuable advice, useful and constructive recommendations, and text revision.

REFERENCES

- Ali, E., Hudson, O., Waliullah, S., Ji, P., Williams-Woodward, J. and Oliver, J. (2020) ‘First report of bacterial leaf scorch disease of American elm caused by *Xylella fastidiosa* in Georgia, USA’, *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-19-2367-PDN>
- Alizadeh, M., Moharrami, M. and Rasuly Pirouzian, A. (2017) ‘Geographic Information System (GIS) as a tool in the epidemiological assessment of wetwood disease on elm trees in Tabriz City, Iran’, *Cercetari Agronomice in Moldova*, 50. <https://doi.org/10.1515/cerce-2017-0018>
- Atramentova, L.A. and Utevskaia, O.M. (2007) *Biometrics. Chapter II. Group comparison and relations analysis*. Kharkiv: Ranok (in Ukrainian).
- Bondar, O., Rumiantsev, M., Tkach, L. and Obolonyk, I. (2020) ‘Prevailing forest types in the river catchments within the Left-Bank Forest-Steppe zone, Ukraine’, *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 62(2), pp. 100–113. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0011>
- Brasier, C.M. (1991) ‘*Ophiostoma novo-ulmi* sp. nov., causative agent of the current Dutch elm disease pandemics’, *Mycopathologia*, 115, pp.151–161. <https://doi.org/10.1007/BF00462219>
- Brown, N., Vanguelova, E., Parnell, S., Broadmeadow, S. and Denman, S. (2018) ‘Predisposition of forests to biotic disturbance: Predicting the distribution of Acute Oak Decline using environmental factors’, *Forest Ecology and Management*, 407, pp. 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.10.054>
- Chira, D., Borlea, F.G., Chira, F., Mantale, C.Ş., Ciocîrlan, M.I., Turcu, D.O., Cadar, N., Trotta, V., Camele, I., Marcone, C. and Mang, Ş.M. (2022) ‘Selection of elms tolerant to Dutch elm disease in south-west Romania’, *Diversity*, 14(11), 980. <https://doi.org/10.3390/d14110980>
- Collin, E., Rondouin, M., Joyeau, C., Matz, S., Raimbault, P., Harvengt, L., Bilger I. and Guibert, M. (2020) ‘Conservation and use of elm genetic resources in France: results and perspectives’, *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 13(1), pp. 41–47. <https://doi.org/10.3832/ifor3065-013>
- Domínguez, J., Macaya-Sanz, D., Gil, L. and Martín, J.A. (2022) ‘Excelling the progenitors: Breeding for resistance to Dutch elm disease from moderately resistant and susceptible native stock’, *Forest Ecology and Management*, 511, 120113. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120113>
- Jürisoo, L., Süda, I., Agan, A. and Drenkhan, R. (2021) ‘Vectors of Dutch elm disease in northern Europe’, *Insects*, 12(5), 393. <https://doi.org/10.3390/insects12050393>
- Khodaygan, P., Sedaghati, E. and Sherafati, F. (2011) ‘Isolation of *Enterobacter nimipressuralis* associated with bacterial wet wood from elm (*Ulmus* spp.) in Rafsanjan’, *Iranian Journal of Plant Pathology*, 4(188), pp. 481–482.
- Kuzmowski, R., Mazur, A., Lakomy, P., Jelonek, T., Filipiak, M., Napierala-Filipiak, A. and Nowakowska, K. (2024) ‘*Scolytus* spp. associated with elms with symptoms of Dutch elm disease in Poland and the reproductive potential of *Scolytus multistriatus* (Marsham, 1802) (Coleoptera, Curculionidae, Scolytinae)’, *Sylvan*, 168(1), pp. 33–47. <https://doi.org/10.26202/sylvan.2023054>
- Kuznetsova, O.A., Turenko, V.P., Tovstukha, O.V. and Davydenko, K.V. (2023) ‘Pest and disease incidence of *Ulmus* sp. in forest shelter belts along the Kyiv-Kharkiv highway’, *Forestry and Forest Melioration*, 143, pp. 102–111 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.102>

- Martín, J.A., Domínguez, J., Solla, A., Brasier, C.M., Webber, J.F., Santini, A., Martínez-Arias, C., Bernier, L. and Gil, L. (2023) ‘Complexities underlying the breeding and deployment of Dutch elm disease-resistant elms’, *New Forests*, 54, pp. 661–696. <https://doi.org/10.1007/s11056-021-09865-y>
- Martín, J.A., Solla, A., Oszako, T. and Gil, L. (2021) ‘Characterizing offspring of Dutch elm disease-resistant trees (*Ulmus minor* Mill.)’, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 94(3), pp. 374–385. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa040>
- Maslovata, S.A., Mamchur, T.V. and Parubok, M.I. (2016) ‘A collection of herbarium specimens of the genus *Ulmus* L. in the scientific herbarium of the Uman National University of Horticulture’, *Proceedings of conference Prospects of forestry and horticulture: Third Annenkiv readings*, UNUS, Uman, 12 May 2016. Uman, pp. 152–157 (in Ukrainian).
- Matuszkiewicz, J.M. (2015) ‘Rola wiązków w zespołach roślinnych Polski’, in Bugała, W., Boratyński, A. and Iszkuło, G. (eds.) *Wiązy*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, Poland, pp. 181–223.
- Menkis, A., Östbrant, I.L., Wågström, K. and Vasaitis, R. (2016) ‘Dutch elm disease on the island of Gotland: monitoring disease vector and combat measures’, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31, pp. 237–241. <https://doi.org/10.1080/02827581.2015.1076888>
- Meshkova, V.L., Kuznetsova, O.A. and Khimenko, N.L. (2022) ‘Occurrence of *Ulmus* L. in the different forest site conditions of eastern Ukraine’, *Forestry and Forest Melioration*, 140, pp. 3–11. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.140.2022.3>
- Meshkova, V.L., Moroz, S.M. and Kuznetsova, O.A. (2024) ‘Bacterial wetwood of Siberian elm (*Ulmus pumila* L.) on the south of Ukraine’, *Current state, problems and prospects of forest education, science and management, Proceedings of the IV International Scientific and Practical Internet Conference*, Bila Tserkva, Ukraine, 19 April 2024. Bila Tserkva: BNAU, p. 215 (in Ukrainian).
- Meshkova, V.L., Pyvovar, T.S. and Kuznetsova, O.A. (2023) ‘The age structure of *Ulmus* L. stands in the eastern regions of Ukraine’, *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 25, pp. 29–38. <https://doi.org/10.15421/412302>
- Napierała-Filipiak, A., Filipiak, M., Łakomy, P., Kuźmiński, R. and Gubański, J. (2016) ‘Changes in elm (*Ulmus*) populations of mid-western Poland during the past 35 years’, *Dendrobiology*, 76, pp. 145–156. doi: [10.12657/denbio.076.014](https://doi.org/10.12657/denbio.076.014)
- Puzrina, N.V. and Yavny, M.I. (2020) *Elm stands of the Kyiv Polissia of Ukraine: silvicultural and health condition*. Kyiv: NULES of Ukraine (in Ukrainian).
- Santini, A. and Faccoli, M. (2015) ‘Dutch elm disease and elm bark beetles: a century of association’, *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 8, pp. 126–134. <https://doi.org/10.3832/ifer1231-008>
- Skolskyi, I.M. (2013) ‘Physical properties of *Ulmus glabra* wood in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine’, *Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, 23.15, pp. 33–40 (in Ukrainian).
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2024) *General characteristic of Ukrainian forests*. Available at: <https://forest.gov.ua/en/areas-activity/forests-ukraine/general-characteristic-ukrainian-forests> (Accessed: 5 March 2024) (in Ukrainian).
- StatisticsLectures.com (2017) *Z-Test for Proportions, Two Samples*. Available at: <http://www.statisticslectures.com/topics/ztestproportions/> (Accessed: 2 March 2024).
- Thomas, P.A., Stone, D. and La Porta, N. (2018) ‘Biological flora of the British Isles: *Ulmus glabra*’, *Journal of Ecology*, 106(4) pp. 1724–1766. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12994>
- Tkach, V., Buksha, I., Slych, O. and Pasternak, V. (2021) ‘Optimization of maturity age for coppice oak forests within Left-Bank Forest-Steppe in Ukraine’, *Central European Forestry Journal*, 67(3), pp. 181–186. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0026>
- URIFFM (2019) *Improvement of the methods of diagnosing damage to deciduous species by harmful organisms in the forest fund of the State Enterprise “Trostyanetske Forestry” and clarifying the criteria for tree removal by sanitary felling. Report on the research work No. 62*. [Meshkova, V., Ed.]. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Yavny, M.I. and Puzrina, N.V. (2018) ‘Bacterial disease of *Ulmus glabra* Huds. in the stands of the Kyiv Polissia of Ukraine’, *Microbiological Journal*, 80 (1), pp. 67–76 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.01.067>

В'ЯЗИ (*ULMUS* L.) У ФІЛІЇ «МИРГОРОДСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО» ДЕРЖАВНОГО СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА «ЛІСИ УКРАЇНИ»

Мешкова В. Л.^{1*}, Кузнецова О. А.², Пивовар Т. С.³

Проаналізовано базу даних ВО «Укрдержліспроект» станом на 2010 і 2017 рр. стосовно складових нинішньої філії «Миргородське лісове господарство» («Лубенське лісове господарство» та «Миргородське лісове господарство») для оцінювання розподілу вкритих лісовою рослинністю земель, площі з *Ulmus* sp. як панівного виду та площі ділянок із видами *Ulmus* sp. у складі насаджень за типами лісорослинних умов та класами віку. За період 2010–2017 рр. площа природних лісів із в'язами як панівними видами та частка домінантного виду *U. minor* значуще збільшилися. Середній і максимальний віки насаджень залежать від їхнього походження та виду в'язів. Найбільш різке зменшення збереження всіх видів в'язів у природних деревостанах відбувалося у VI класі віку, а в культурах – у V класі віку. Відповідні насадження сформувалися в 1960-ті та 1970-ті рр., коли в багатьох регіонах реєстрували пік поширення голландської хвороби в'язів. Деревостани з участю в'язів презентовані в широкому спектрі трофотопів і гігротопів. За присутності у складі насаджень ті самі види в'язів розповсюджені в ширшому діапазоні типів лісорослинних умов, ніж коли ці види є панівними. *U. minor* надає перевагу свіжим грудам. *U. laevis* росте переважно у свіжих грудях і сугрудях, а *U. pumila* – у гігртопах від сухих до сирих. *U. glabra* наявний лише в деревостанах природного походження та відсутній у лісових культурах.

Ключові слова: *Ulmus minor*, *U. laevis*, *U. pumila*, *U. glabra*, головні лісоутворювальні види, збереженість, лісорослинні умови.

Одержано редколегією 12.03.2024

¹ Мешкова Валентина Львівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: valentynamechkova@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6483-2736>

² Кузнецова Олена Анатоліївна, аспірантка, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: urbanscapeke@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8079-9186>

³ Пивовар Тетяна Сергіївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: pyvovartatiana@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

* Адреса для кореспонденції: valentynamechkova@gmail.com



ДИНАМІКА ОБСЯГІВ РУБОК ТА ВІДТВОРЕННЯ ЛІСІВ В УКРАЇНІ

І. М. Жежкун^{1*}, А. М. Жежкун²

Розглянуто за літературними джерелами основні тенденції в динаміці обсягів рубок і відтворення рослинного покриву в країнах Європейського Союзу та в Україні. Досліджено за статистичною інформацією в Україні динаміку (2019–2023 рр.) та структуру площ легальних рубок лісу (за природними зонами та областями, системами та видами), лісовідтворення за параметрами лісовідновлення й лісорозведення, а також обсяги знелісення. Легальними в Україні є рубки, заготівля деревини під час котрих здійснюється за спеціальним дозволом на використання лісових ресурсів (лісорубним квитком). Здійснено порівняння за період 2018–2020 рр. фактичних площ лісовідновлення в Україні та площ, що мають бути відновлені лісовими насадженнями згідно з вимогами національного законодавства. Розкрито вплив військових дій в Україні упродовж 2022–2023 рр. та законодавчих змін на регіональну динаміку і структуру рубок лісу та лісовідтворення. Визначено причини складнощів у наданні об'єктивного аналізу фактичних площ рубок лісу в Україні з урахуванням самовільних.

Ключові слова: площі рубок, лісовідновлення, лісорозведення, вплив військових дій, самовільні рубки.

Вступ. Динаміку рослинного покриву за різними його складовими (ліси, деревна або інша рослинність) досліджують у світі на різних рівнях (окрема країна, регіон або континент) із використанням різних методів, зокрема статистичного (Eurostat Statistics Explained, 2024; State Statistics Service of Ukraine, 2024b) та дистанційного зондування земної поверхні (Li *et al.*, 2023; Global Forest Watch, 2024). В країнах Європейського Союзу (ЄС) від початку ХХІ сторіччя наявний позитивний тренд щодо зміни площ лісів. Так, станом на 2021 р. ЄС мав близько 160 млн га лісів (без урахування інших лісових угідь) та лісистість території 39 %. Упродовж 2000–2021 рр. збільшення площ лісів в ЄС становило приблизно 8 млн га, або 5,3 % та 2,5 млн га, або 1,6 % від 2010 р. (Eurostat Statistics Explained, 2024). Запаси деревини у лісах збільшились у цей період у всіх державах – членах ЄС за загального їхнього зростання на 31,2 %. Частка заготовленої деревини в чистому прирості за запасом становила від 30 до понад 100 % в окремих країнах – членах ЄС, за винятком Кіпру, де було вирубано та вивезено лісопродукції лише 6 % від чистого приросту (Eurostat Statistics Explained, 2024). Вилучення деревини шляхом рубок лісу перевищило у 2021 р. 90 % чистого приросту в Чехії (104 %) та Німеччині (99 %), що зумовлене проведенням санітарних рубок унаслідок пошкодження та знищення лісостанів пожежами, буревіями, хворобами або шкідниками (Eurostat Statistics Explained, 2024). За даними (Global Forest Watch, 2024), за 2001–2023 рр. Україна втратила 1,26 млн га деревного покриву, що еквівалентне зменшенню площі на 11 % до рівня 2000 р. Втрата площ природних лісів в Україні за оцінкою цього джерела у 2023 р. становила 19,7 тис. га. Варто зазначити, що деревний покрив у класифікації Global Forest Watch охоплює не лише ліси та плантації, але й будь-які території з наявністю дерев, зокрема сади, парки, сквери у містах тощо. Щодо зменшення територій саме лісів в Україні використовують термін «знелісення», що визначає зміну вкритих лісовою рослинністю земель на нелісові та землі іншого цільового призначення (State Statistics Service of Ukraine, 2022).

Подібні процеси в Україні відбувалися ще із середини ХІХ сторіччя (Vakulyuk, 2000; Zhezhkun, 2021). В останні десятиріччя загальні обсяги відтворення лісів в Україні перевищують площу суцільних рубок (Tkach, 2010). Зокрема, у державних підприємств

¹ Жежкун Ірина Миколаївна, кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: zhezhkun.irina@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5314-7557>

² Жежкун Анатолій Миколайович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, державне підприємство «Новгород-Сіверська лісова науково-дослідна станція», вул. Івана Богуна, 90, Новгород-Сіверський, 16000, Чернігівська область, Україна. Е-mail: desna-90@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-8944>

* Адреса для кореспонденції: zhezhkun.irina@gmail.com

Східного Полісся упродовж 2012 і 2013 рр. рубки головного користування (РГК) за суцільною системою проведено на площі 4,6 тис. га, а обсяги відтворення лісів становили 8,7 тис. га (Zhezhkun, 2021).

Необхідність дослідження й коректного порівняння динаміки площ суцільних рубок та лісовідтворення в Україні за останні п'ять років зумовлена:

1) потребою перевірки фактичного підтримання в нашій країні загальних європейських трендів зі зменшення площ зрубів і збільшення лісистості країн;

2) організаційним реформуванням лісгосподарської галузі, розпочатим наприкінці 2021 р. та військовими діями, які тривають від 2022 р., що разом спричиняє суттєві зміни в умовах функціонування і показниках галузі.

Таким чином, метою дослідження є оцінювання в Україні на регіональній основі за останні п'ять років тенденцій у проведенні рубок лісу і створенні лісових насаджень за категоріями лісовідновлення й лісорозведення та порівняння виявлених трендів із загальноєвропейськими.

Матеріали й методи. Основними джерелами інформації для аналізу були дані Державної служби статистики України (сайт <https://www.ukrstat.gov.ua/>), Державного агентства лісових ресурсів України (ДАЛРУ) (сайт <https://forest.gov.ua/>), законодавчо-нормативна документація України (сайт <https://zakon.rada.gov.ua/laws/>), дані європейської статистики (сайт <https://ec.europa.eu/eurostat/>), міжнародних моніторингових інтернет-платформ (сайт <https://www.globalforestwatch.org/map/>) та наукові публікації за тематикою дослідження, наведені в переліку посилань. Статистичні дані для зазначених джерел у Східному Поліссі України доповнені одержаними авторами на пробних площах, закладених на ділянках рубок і відтворення лісів згідно з вимогами (*Forest inventory sample plots, 2007*), а успішність відновлення лісу оцінювали за розробленими нормативами (State Committee of Forest Management of Ukraine, 2010; Zhezhkun, 2021). Під час аналізу даних застосовано методи дедукції, кількісні методи статистики: групування, порівняння, табличного та графічного моделювання, економічного аналізу та синтезу.

Слід зауважити, що Державна служба статистики України зі зрозумілих причин в останні два роки надає зі значним затриманням у часі обмежений та неповний обсяг інформації з лісового господарства, яку необхідно надалі уточнювати. Це ускладнює проведення об'єктивного аналізу динаміки господарської діяльності галузі, зокрема стосовно площі суцільних рубок і відновлення лісу. Коректність зіставлення динаміки обсягів суцільних рубок і лісовідновлення також ускладнюють зміни площі тимчасово окупованих територій на півдні та сході України. Водночас наявна статистична інформація з лісгосподарської діяльності в Україні попри брак точності надає можливості визначати динаміку і тенденції процесів (просторово-часові зміни обсягів рубок лісу та лісовідтворення) та робити відповідні висновки.

Результати. Лісовідновлення в Україні є основною за обсягом складовою лісовідтворення з часткою 83,9–95,5 % (табл. 1).

За даними Державної служби статистики України площі легальних рубок лісу в країні в попередні роки (2018–2020) стабільно зменшувалася як загалом (на 2,0–12,5 % у рік) (табл. 2), так і в межах її природних зон (рис. 1).

У Поліссі площі рубок лісу у 2020 та 2023 рр. відносно 2019 р. зменшилися на 12,3 та 20,7 %, у Лісостепу – на 13,3 та 16,3 %, у Степу – на 5,2 та 42,9 %, у Карпатському регіоні – на 14,4 та 26,1 % відповідно (табл. 3).

Структура площ рубок лісу за природними зонами України в динаміці за роками залишається порівняно стабільною з незначними коливаннями (у межах 1–3 %) (рис. 2).

Упродовж 2018–2020 рр. за статистичними даними фактичні площі лісовідновлення в Україні перевищували сумарну площу суцільних рубок і згарищ на 1,6–8,0 % (табл. 4).

Таблиця 1

Динаміка площ відтворення лісів та знеліснення в Україні у 2019–2023 рр.
(State Statistics Service of Ukraine, 2024a; 2024b)

Table 1

Dynamics of forestation and deforestation areas in Ukraine in 2019–2023
(State Statistics Service of Ukraine, 2024a; 2024b)

Показник Indicator	Значення показників за роками: чисельник – га; знаменник – частка, % The value of the indicator by years: numerator – ha; denominator – %					Динаміка показників, % Indicator dynamics, %			
	2019	2020	2021	2022	2023	<u>2020</u> 2019	<u>2021</u> 2020	<u>2022</u> 2021	<u>2023</u> 2022
Площа відтворення лісів, зокрема: Forestation area, including:	<u>48 837</u> 100,0	<u>44 798</u> 100,0	<u>49 355</u> 100,0	<u>36 852</u> 100,0	<u>41 208</u> 100,0	91,7	110,2	74,7	111,8
– лісовідновлення reforestation	<u>46 640</u> 95,5	<u>42 489</u> 94,8	<u>45 621</u> 92,4	<u>34 084</u> 92,5	<u>34 575</u> 83,9	91,1	107,4	74,7	101,4
– лісорозведення afforestation	<u>2 197</u> 4,5	<u>2 309</u> 5,2	<u>3 734</u> 7,6	<u>2 768</u> 7,5	<u>6 633</u> 16,1	105,1	161,7	74,1	238,1
Площа знеліснення Deforestation area	209	52	1 266	68	61	24,8	2 434,6	5,4	89,7

Таблиця 2

Динаміка та структура площ рубок в Україні за системами та видами у 2018-2020 рр.
(State Statistics Service of Ukraine, 2024d)

Table 2

Dynamics and structure of felling areas in Ukraine by systems and types in 2018-2020
(State Statistics Service of Ukraine, 2024d)

Показник Indicator	Значення показника за роками, тис. га* The value by years, thousand ha			Структура за роками, % Structure by years, %		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Площа рубок загалом Total forest felling area	445,5	436,8	382,0	100,0	100,0	100,0
зокрема including:						
Головного користування Main-use felling, з них of them:	32,1	29,6	30,1	7,2	6,8	7,9
– суцільних рубок clear-felling	23,9	22,9	25,6	5,4	5,2	6,7
– поступових, вибіркових і комбінованих selective and progressive felling	8,2	6,7	4,5	1,8	1,5	1,2
Формування і оздоровлення лісів, Formation and forest rehabilitation felling, з них of them:	408,8	402,9	348,6	91,8	92,2	91,2
– суцільних рубок clear-felling	18,8	17,8	12,3	4,2	4,1	3,2
– лісовідновних рубок regeneration cutting	1,8	1,9	1,9	0,4	0,4	0,5
– рубок переформування restocking felling	0,9	1,6	2,7	0,2	0,4	0,7
Разом суцільних рубок Total clear-felling	42,7	40,7	37,9	9,6	9,3	9,9
Заходи, не пов'язані з веденням лісового господарства Measures are not related to forestry	4,6	4,3	3,3	1,0	1,0	0,9

* Статистичні дані за 2021–2023 рр. станом на квітень 2024 р. Державною службою статистики України на офіційному сайті не опубліковано.

* Statistical data for 2021–2023 as of April 2024 have not been published on the official website of the State Statistics Service of Ukraine.

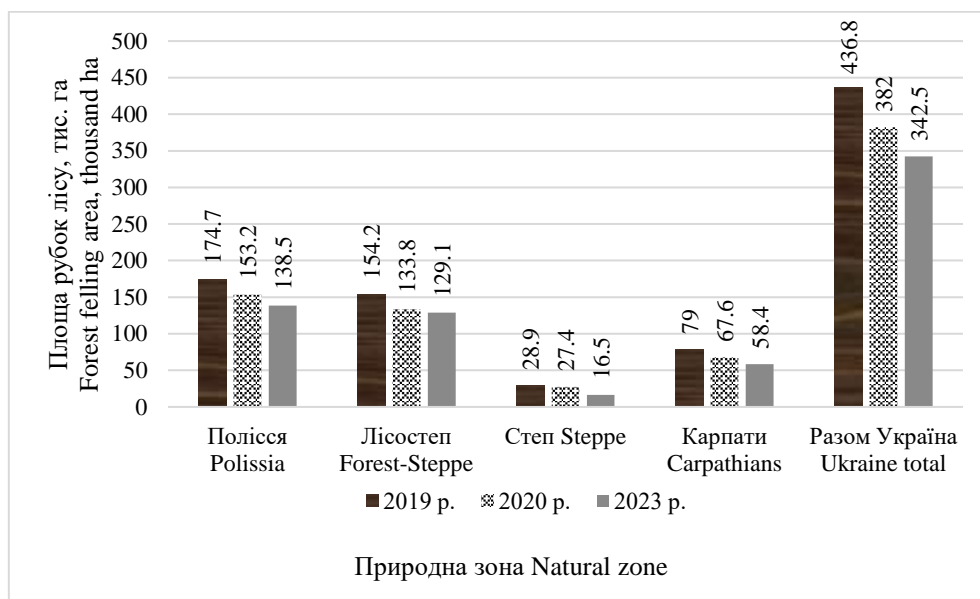


Рис. 1 – Динаміка площ легальних рубок лісу за природними зонами України у 2019–2023 рр., тис. га (State Statistics Service of Ukraine, 2024c)

Fig. 1 – Dynamics of forest felling area by natural zones in Ukraine in 2019–2023, thousand ha (State Statistics Service of Ukraine, 2024c)

Таблиця 3

Динаміка площ рубок лісу за регіонами України у 2019–2023 рр. (State Statistics Service of Ukraine, 2024c)

Table 3

Dynamics of forest felling area by Ukrainian regions in 2019–2023 (State Statistics Service of Ukraine, 2024c)

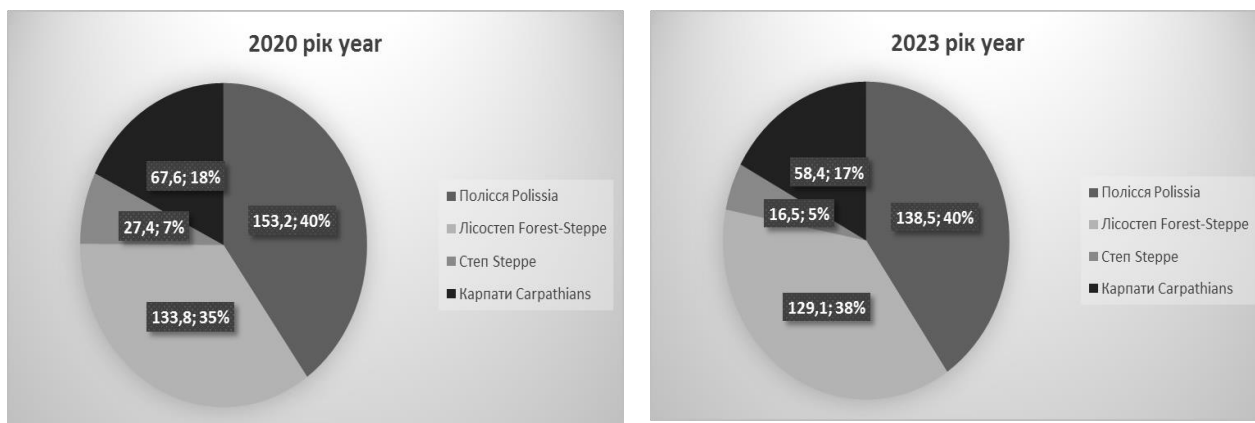
Адміністративно-територіальна одиниця, природна зона Administrative territorial unit, natural zone	Площі рубок лісу за роками, тис. га* Forest felling area by years, thousand ha			2020 р. до 2019 р. 2020 to 2019	2023 р. до 2020 р. 2023 to 2020	2023 р. до 2019 р. 2023 to 2019
	2019	2020	2023			
	Україна / Ukraine	436,8	382,0			
Волинська / Volyn	33,4	23,9	32,6	71,6	136,4	97,6
Житомирська / Zhytomyr	68,0	63,8	53,0	93,8	83,1	77,9
Рівненська / Rivne	42,8	39,4	33,5	92,1	85,0	78,3
Чернігівська / Chernihiv	30,5	26,1	19,4	85,6	74,3	63,6
Полісся / Polissia	174,7	153,2	138,5	87,7	90,4	79,3
Вінницька / Vinnytsia	18,4	13,7	15,6	74,5	113,9	84,8
Київська / Kyiv	44,5	36,9	26,1	82,9	70,7	58,7
Полтавська / Poltava	8,6	7,7	10,1	89,5	131,2	117,4
Сумська / Sumy	23,0	19,9	18,6	86,5	93,5	80,9
Тернопільська / Ternopil	7,6	5,7	6,5	75,0	114,0	85,5
Харківська / Kharkiv	18,9	15,6	12,0	82,5	76,9	63,5
Хмельницька / Khmelnytskyi	15,5	14,4	18,0	92,9	125,0	116,1
Черкаська / Cherkasy	17,7	19,9	22,2	112,4	111,6	125,4
Лісостеп / Forest-Steppe	154,2	133,8	129,1	86,7	96,5	83,7
Дніпропетровська / Dnipropetrovsk	2,7	2,8	1,4	103,7	50,0	51,9
Донецька / Donetsk	4,5	3,8	2,2	84,4	57,9	48,9
Запорізька / Zaporizhzhia	1,4	1,4	0,0	100,0	–	–
Кіровоградська / Kirovohrad	4,7	4,2	7,5	89,4	178,6	159,6
Луганська / Luhansk	8,2	9,2	н/д	112,2	–	–
Миколаївська / Mikolaiv	2,1	1,8	2,0	85,7	111,1	95,2
Одеська / Odesa	4,1	2,2	3,4	53,7	154,5	82,9
Херсонська / Kherson	1,2	2,0	0,0	166,7	–	–

Продовження табл. 3
Table 3 (Continued)

Адміністративно-територіальна одиниця, природна зона Administrative territorial unit, natural zone	Площі рубок лісу за роками, тис. га* Forest felling area by years, thousand ha			2020 р. до 2019 р. 2020 to 2019	2023 р. до 2020 р. 2023 to 2020	2023 р. до 2019 р. 2023 to 2019
	2019	2020	2023			
Степ Steppe	28,9	27,4	16,5	94,8	60,2	57,1
Закарпатська Zakarpattia	22,7	20,7	16,5	91,2	79,7	72,7
Івано-Франківська Ivano-Frankivsk	21,8	18,6	17,8	85,3	95,7	81,7
Львівська Lviv	23,3	19,9	17,0	85,4	85,4	73,0
Чернівецька Chernivtsi	11,2	8,4	7,1	75,0	84,5	63,4
Карпати Carpathians	79,0	67,6	58,4	85,6	86,4	73,9

* Статистичні дані за 2021–2022 рр. станом на квітень 2024 р. Державною службою статистики України на офіційному сайті не опубліковано.

* Statistical data for 2021–2023 as of April 2024 have not been published on the official website of the State Statistics Service of Ukraine.



**Рис. 2 – Структура площ легальних рубок лісу за природними зонами України, тис. га; %
(State Statistics Service of Ukraine, 2024c)**

**Fig. 2 – Structure of legal felling area by natural zones in Ukraine, thousand ha; %
(State Statistics Service of Ukraine, 2024c)**

Таблиця 4

**Динаміка площ лісовідновлення та площ, на яких мають бути відновлені лісові насадження в Україні,
тис. га (State Statistics Service of Ukraine, 2024b; 2024d; 2024e)**

Table 4

The dynamics of the areas of reforestation and areas to be reforested in Ukraine, thousand ha (State Statistics Service of Ukraine, 2024b; 2024d; 2024e)

Показник Indicator	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Площа лісовідновлення Reforestation area	49,262	46,640	42,489	45,621	34,084	34,575
Площа суцільних РГК і ФОЛ ** Area of clear-felling of the main use and the forest felling of formation and forest rehabilitation	42,7	40,7	37,9	*	*	*
Площа загиблих лісових насаджень Area of dead forest stands зокрема від лісових пожеж including after forest fires	15,069	12,398	39,756	9,518	12,390	7,806
Площа суцільних рубок та згарищ Area of clear-felling and burnt areas	43,785	41,095	65,956	–	–	–

Продовження табл. 4
Table 4 (Continued)

Показник Indicator	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Площа суцільних рубок та загиблих лісових насаджень Area of clear-felling and dead forest stands	57,769	53,098	77,656	–	–	–

*Статистичні дані за 2021–2023 рр. станом на квітень 2024 р. Державною службою статистики України на офіційному сайті не опубліковано.

*Statistical data for 2021–2023 as of April 2024 have not been published on the official website of the State Statistics Service of Ukraine.

** РГК – рубки головного користування, ФОЛ – рубки формування та оздоровлення лісів/

Обговорення. Лісовідтворення охоплює площу земель, на якій проведено роботи з лісовідновлення та лісорозведення шляхом садіння, висівання або природного відновлення лісу. Лісовідновлення характеризує площі створення лісових насаджень на землях, де раніше ріс ліс, а лісорозведення, – площі, які раніше не були зайняті лісом (State Statistics Service of Ukraine, 2022). Польові дослідження свідчать, що якість лісових культур у Сумській і Чернігівській областях оцінено таким чином: дуже добра – 29 і 8 % відповідно, добра – 47 і 56 %, задовільна – 23 і 35 %, незадовільна – 1 % (Zhezhkun, 2021). За результатами досліджень цього автора, на постійних пробних площах причинами погіршення якості лісових культур були: неякісне садіння, пошкодження личинками хрущів і відсутність доглядів.

Площі та частка лісорозведення в обсягах відтворення лісів в Україні впродовж 2019–2023 рр. поступово збільшилися: від 4,5 % у 2019 р. до 16,1 % у 2023 р. Це зумовлено реалізацією з 2021 р. екологічної ініціативи Президента України «Масштабне заліснення України» (*About some measures for the preservation of forests and forestation*, 2021) та узаконення від середини 2022 р. самосійних лісів на землях сільськогосподарського призначення (*On making changes to some legislative acts of Ukraine regarding the preservation of forests*, 2021).

Динаміка площ лісовідновлення та знеліснення в Україні впродовж 2020–2023 рр. не мала чіткого тренду (див. табл. 1). Водночас протягом аналізованого періоду площі лісовідновлення в Україні суттєво зменшилися під час військових дій. Так, порівнюючи з 2021 р., площі лісовідновлення зменшилися на 25,9 % у 2022 р. та на 24,2 % у 2023 р.

Значне зменшення площ рубок лісу в Україні у 2023 р. у степовій зоні зумовлене тимчасовою окупацією частини територій, а в Карпатському регіоні – ймовірно, посиленням від 2020 р. вимог екологічного законодавства стосовно заборони суцільних рубок лісу в ялицево-букових лісах і розширенням мережі природно-заповідних територій з доведенням до 2030 р. рівня заповідності до 20 % (*About the prohibition of continuous felling in mountain fir-beech forests in the Carpathian region*, 2019).

У межах адміністративних одиниць України внаслідок військових дій найбільше зменшення обсягів рубок лісу відбулося в Запорізькій, Луганській та Херсонській областях, що знаходяться в Степу, у Київській та Харківській – у Лісостепу та у Чернігівській – у Поліссі (див. табл. 3). Питома вага площі рубок у Поліссі за 2020 та 2023 рр. сягає 40 %, у Лісостепу становить 35–38 %, у Карпатах – 17–18 %, у Степу – лише 5–7 %. Показники структури площ рубок за природними зонами зумовлені нерівномірним розподілом лісів за територіями областей та природних зон України, що визначається показником лісистості (State Forest Resources Agency of Ukraine, 2024a).

Існують відмінності в динаміці площ рубок в Україні залежно від видів рубок. Стабільно зменшувались у 2019–2020 рр. площі рубок із формування і оздоровлення лісів (ФОЛ) – на 1,4–13,5 % за рік (див. табл. 2). Площа легальних РГК у державі відносно попереднього року зменшилася на 7,8 % у 2019 р. та, навпаки, збільшилася на 1,7 % у 2020 р.

У структурі обсягів рубок за площею значно переважають рубки формування і оздоровлення лісів (91,2–92,2 %). Площа суцільних рубок не перевищує 10 % у загальних обсягах рубок лісу в Україні (коливається у межах 9,3–9,9 %). Водночас у системі РГК їхня

частка становить 74,5–85,0 %, а у ФОЛ – лише 3,5–4,6 %. Отже, незважаючи на запровадження Україною під час проведення рубок із ФОЛ ще з 2008 р. елементів ведення лісового господарства на засадах наближеного до природи лісівництва із застосуванням лісовідновних рубок і рубок переформування (*Rules for improving the qualitative composition of forests*, 2007), негативна динаміка у 2018–2020 рр. їхніх площ (8,2; 6,7; 4,5 тис. та зменшення частки площ (25,4 %; 22,6 %; 15,0 %) несуцільних РГК (поступових, вибіркового і комбінованих) у загальних площах РГК свідчать про проблеми з реалізацією цього принципу під час проведення РГК. Упродовж 2018–2020 рр. площі лісовідновних рубок в Україні залишалися приблизно на однаковому рівні (1,8–1,9 тис. га), а переформування – стрімко збільшувалися: з 0,9 тис. га у 2018 р. в 1,8 разу у 2019 р. та ще в 1,7 разу у 2020 р. (див. табл. 2).

Водночас надані вітчизняною статистикою дані не є повними через наявність самовільних (нелегальних) рубок лісу, розмір яких зазвичай фіксують за запасом нелегально отриманої деревини без урахування площі ділянок. Це зумовлене тим, що якщо вирубують небагато дерев, обсяги самовільних рубок вимірюють лише у м³ незаконно зрубаної деревини, а площу зазначають у разі великих обсягів самовільних рубок. За даними ДАЛРУ обсяг лише виявлених самовільних рубок у підпорядкованих йому підприємствах упродовж 2019–2023 рр. становив від 20,6 до 118,2 тис. м³, або 0,1–0,6 % від обсягів заготівлі деревини в Україні (State Forest Resources Agency of Ukraine, 2024b; State Statistics Service of Ukraine, 2024f). Обсяги самовільних рубок суттєво збільшилися, починаючи з 2022 р. у період дії військового стану в Україні, переважно у зоні бойових дій та на тимчасово окупованих територіях. Ця обставина свідчить про нагальну необхідність ретельної охорони лісів.

Згідно з «Державною стратегією управління лісами до 2035 року» (*State Forest Management Strategy until 2035*, 2021) поміж стратегічних цілей галузі наголошено змінити правила здійснення лісогосподарських заходів, які потрібно спрямувати на наближені до природи методи лісівництва та поступову відмову від суцільних рубок.

Для підтримання рівня лісистості в державі необхідно обов'язково відтворювати ліси на площах суцільних зрубів і загиблих унаслідок різних причин лісових насаджень, зокрема пожеж, а для її підвищення – запроваджувати лісорозведення на великих територіях. «Правила відтворення лісів» в Україні (*Forestation rules*, 2007) зобов'язують власників лісів, орендарів і лісокористувачів здійснити заходи з лісовідновлення зрубів і згарищ упродовж одного-двох років після суцільної рубки або пожежі, а лісові культури, що загинули, відновити в наступному році. Проте вітчизняна статистика про загиблі лісові культури на регулярній основі не надає інформацію (State Statistics Service of Ukraine, 2024e), що ускладнює аналіз площ лісовідновлення відповідно до вимог чинного законодавства (*Forestation rules*, 2007). Водночас, якщо взяти до розрахунку площу всіх загиблих лісових насаджень, а не лише з причини пожеж, річні площі лісовідновлення в цей період вже поступатимуться площам, де впродовж року зникли лісостани (площі суцільних рубок і загиблих деревостанів) на 13,8–82,8 %. Таким чином, маємо ситуацію в країні, коли річні обсяги лісовідновлення не повною мірою компенсують втрати площ вкритих лісовою рослинністю ділянок, хоча лісокористувачі здебільшого виконують чинні нормативні вимоги з відтворення лісів (залісення площ суцільних зрубів, згарищ і загиблих лісових культур).

Висновки. Упродовж останніх років в Україні за даними статистики зменшувались як загальні площі рубок лісу, так і площі суцільних рубок, що відповідає європейському тренду збільшення площ лісів. Але одночасно зменшувалися обсяги проведення несуцільних (поступових, вибіркового та комбінованих) рубок головного користування. Надані вітчизняною статистикою дані щодо обсягів рубок лісу не є повними за існування самовільних рубок, розмір яких фіксують за запасами незаконно отриманої деревини без урахування площі ділянок. Обсяги самовільних рубок суттєво збільшилися в Україні з 2022 р. під час військових дій. Також в умовах військового стану з 2022 р. відбувається певне зменшення площі відтворення лісів, порівнюючи з попередніми роками; водночас значно збільшилися обсяги

проведення заходів із лісорозведення в рамках реалізації ініціативи президента України «Масштабне заліснення України».

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання тем досліджень УкрНДІЛГА, замовником яких було Державне агентство лісових ресурсів України (№ Держреєстрації: 0120U101888, 0120U101889).

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- About some measures for the preservation of forests and forestation* (2021). Decree of the President of Ukraine No. 228/2021 dated 07 June 2021. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/228/2021#Text> (Accessed: 10 May 2024) (in Ukrainian).
- About the prohibition of continuous felling in mountain fir-beech forests in the Carpathian region* Law of Ukraine 1436-III (2019). As amended on November 21, 2019. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1436-14#Text> (Accessed: 13 May 2024) (in Ukrainian).
- Eurostat Statistics Explained (2024) ‘Forest areas in the EU are expanding’, in *Forests, forestry and logging*. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Forests,_forestry_and_logging#Forest_areas_in_the_EU_are_expanding (Accessed: 16 May 2024).
- Forestation rules* (2007a). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 303 dated 01 March 2022. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/303-2007-%D0%BF#Text> (in Ukrainian).
- Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006* (2007). Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine (in Ukrainian).
- Global Forest Watch (2024). *Tree cover loss in Ukraine*. Available at: <https://gfw.global/4bHXarv> (Accessed: 16 May 2024).
- Li, L., Xiaozhou, X., Jing, Zh., Aixia, Ya., Shanlong, Wu, Hailong, Zh., Shanshan, Yu. (2023) ‘Remote Sensing Monitoring and Assessment of Global Vegetation Status and Changes during 2016–2020’, *Sensors*, 23(20), pp. 8452. <https://doi.org/10.3390/s23208452>
- On making changes to some legislative acts of Ukraine regarding the preservation of forests* (2022). Law of Ukraine 2321-IX dated 20 June 2022. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2321-20#Text> (Accessed: 10 May 2024) (in Ukrainian).
- Rules for improving the qualitative composition of forests* (2007b). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 724 dated 12 May 2007. As amended on 02 May 2024. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/724-2007-%D0%BF#Text> (Accessed: 15 May 2024) (in Ukrainian).
- State Committee of Forest Management of Ukraine (2010) *Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects*. Order of the State Committee of Forest Management of Ukraine No. 260 dated 19 August 2010. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text> (Accessed: 20 May 2024) (in Ukrainian).
- State Forest Management Strategy until 2035* (2021). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1777-p dated 29 December 2021. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text> (Accessed: 15 May 2024) (in Ukrainian).
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2024a) *General characteristics of the forests of Ukraine. Forest ratio by administrative regions*. Available at: <https://forest.gov.ua/en/areas-activity/forests-ukraine/general-characteristic-ukrainian-forests> (Accessed: 5 January 2024).
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2024b) *Public report of the Head of the State Forest Resources Agency of Ukraine for 2023*. Available at: <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/uploaded-files/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%202023.pdf> (Accessed: 18 May 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2022) *Methodical regulations with the organization of the state statistical onlooking regarding forestry activities*. Order of the State Statistics Service of Ukraine No. 438 dated 30 December 2022. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed: 9 May 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2024a) *Afforestation and deforestation area by plantation species (2015–2023)*. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed: 9 May 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2024b) *Area on which forestation were carried out by forestation kinds and methods (2010–2023)*. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed: 9 May 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2024c) *Forest felling area by regions (2000–2023)*. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed: 8 May 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2024d) *Forest felling area by systems and types (2005–2020)*. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed: 9 May 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2024e) *Forest plantations’ death by causes (2010–2023)*. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed: 15 May 2024) (in Ukrainian).

- State Statistics Service of Ukraine (2024f) *Logging by type of forestry products (2010–2023)*. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed: 18 May 2024) (in Ukrainian).
- Tkach, V.P. (2010) ‘Scientific approaches to solving the problem of forest renewal and sustainable forest management’, *Forestry and Forest Melioration*, 117, pp. 16–20 (in Ukrainian).
- Vakulyuk, P.G. (2000) *Essays with the history of forests*. Fastiv: Polyfast (in Ukrainian).
- Zhezhkun, A.M. (2021) *Forests of Eastern Polissya of Ukraine: structure, production, formation and reproduction*. Mena: TOV “Dominant” (in Ukrainian).

DYNAMICS OF THE VOLUMES OF FELLING AND FOREST RENEWAL IN UKRAINE

Zhezhkun I.M.^{1*}, Zhezhkun A.M.²

Based on publications and other sources, the main trends in the dynamics of felling volumes and reproduction of forest cover in the EU and Ukraine are considered. The dynamics (2019–2023) and structure of areas of legal forest felling (by natural zones and regions, systems, and types), forestation by the parameters of reforestation and afforestation, as well as the volume of deforestation have been studied based on statistical information in Ukraine. Felling is legal in Ukraine, wood harvesting during which is carried out with a special permit for the use of forest resources (felling permit). The actual reforestation areas and the areas to be reforested by the requirements of national legislation have been compared in Ukraine for 2018–2020. The article reveals the impacts of military operations in Ukraine during 2022–2023 and legislative changes on the regional dynamics and structure of forest felling and forestation. The reasons for the difficulties in providing an objective analysis of the actual areas of forest felling in Ukraine, including illegal felling, have been identified.

К е у w o r d s : felling areas, reforestation, afforestation, influence of military operations, illegal felling.

Одержано редколегією 03.06.2024

¹ Zhezhkun Iryna, PhD (Economics), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: zhezhkun.irina@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5314-7557>

² Zhezhkun Anatoly, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, State Enterprise “Novhorod-Siverskyi Forest Research Station”, 90 Ivan Bohun Street, Novhorod-Siverskyi, 16000, Chernihiv region, Ukraine. E-mail: desna-90@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-8944>

* Correspondence: zhezhkun.irina@gmail.com

УДК 630[228+524.4+548+627.3]:633.877.3

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.33>**ЛІСІВНИЧО-ТАКСАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОСНОВИХ НАСАДЖЕНЬ
РЕКРЕАЦІЙНО-ОЗДОРОВЧИХ ЛІСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ**С. І. Мусієнко¹, В. А. Лук'янець², М. Г. Румянцев³, О. В. Кобець^{4*}, О. М. Тарнопільська⁵,
В. В. Бондаренко⁶

За матеріалами лісовпорядкування досліджено сучасний стан і продуктивність соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України. Проаналізовано розподіл цих насаджень за місцем розташування, походженням, типами лісу, групами віку, відносними повнотами та класами бонітету. Наведено характеристику основних таксаційних показників досліджуваних насаджень. Виявлено, що площа соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів у регіоні становить 196,6 тис. га. За площею й запасом переважають штучні насадження. Найбільшу частку від загальної площі (57,5 %) становлять лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина). Зазначено розбалансованість вікової структури досліджуваних соснових насаджень: за площею (65,2 %) і запасом (73,9 %) суттєво переважають середньовікові насадження. Насадження ростуть переважно за I (44,0 %) та II (25,8 %) класами бонітету. Переважають насадження з відносною повнотою 0,8 і 0,7, їхня площа становить 72,1 % від загальної площі.

К л ю ч о в і с л о в а : категорія лісів, походження насадження, тип лісу, таксаційні показники, продуктивність деревостанів.

Вступ. Згідно з «Порядком поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок» (*Procedure for dividing forests into categories*, 2007) до рекреаційно-оздоровчих лісів належать лісові ділянки, які розташовані: у межах міст, селищ та інших населених пунктів; у межах округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій і курортів; у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах; у зелених зонах навколо населених пунктів (лісопаркова та лісогосподарська частини), поза межами лісів зелених зон. Рекреаційно-оздоровчі ліси виконують рекреаційні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції, їх використовують для туризму, занять спортом, санаторно-курортного лікування та відпочинку населення (Parpan *et al.*, 2021).

У багатьох європейських країнах і країнах Північної Америки багато уваги було приділено дослідженню ландшафтно-рекреаційних показників рекреаційно-оздоровчих лісів та екосистемних послуг, які вони надають (Hansen *et al.*, 2017; Sanchez-Badini and Innes, 2019; Gerstenberg *et al.*, 2020; Pintilii, 2022). В Україні дослідженням таких лісів також присвячено низку робіт (Holubchak *et al.*, 2019; Parpan *et al.*, 2021; Bondar and Tsytsiura, 2021; Musienko

¹ Мусієнко Сергій Іванович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. Е-mail: musienkosergij_les@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-2670>

² Лук'янець Володимир Антонович, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. Е-mail: lukyanech52@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-4240>

³ Румянцев Максим Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. Е-mail: maxrum-89@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

⁴ Кобець Олексій Володимирович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. Е-mail: alexei_kobec@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0712-8827>

⁵ Тарнопільська Оксана Михайлівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. Е-mail: tarnoks@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4810-8892>

⁶ Бондаренко Віра Володимирівна, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, м. Харків, 61024, Україна. Е-mail: lspg@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-5519>

* Адреса для кореспонденції: alexei_kobec@ukr.net

et al., 2021, 2023, 2024; Prykhodko *et al.*, 2023; Siruk and Siruk, 2023). Водночас ці дослідження спрямовані переважно на оцінювання потенціалу цих лісів для надання соціальних послуг населенню (туризм, заняття спортом, санаторно-курортне лікування та відпочинок), а дослідженням лісівничо-таксаційних показників і продуктивності приділено недостатньо уваги. А втім, доволі значну частку (57,5 %) в цих лісах становлять ділянки в межах лісогосподарської частини лісів зелених зон, які можуть бути важливим резервом забезпечення економіки країни цінною деревиною. Тому дослідження сучасного стану, лісівничо-таксаційних показників і продуктивності соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України є актуальним питанням.

Мета дослідження – виявити особливості поширення, лісівничо-таксаційні показники й продуктивність соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України залежно від їхнього функціонального призначення.

Матеріали й методи. Аналіз сучасного стану, лісівничо-таксаційних показників і продуктивності соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Лівобережної України здійснено за матеріалами лісовпорядкування – повидільною таксаційною базою даних «Лісовий фонд України» Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання «Укрдержліспроект» (станом на 2017 р.). Досліджувані лісові ділянки перебувають у підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України. Дослідження проводили в Лівобережному Поліссі (Київська, Сумська, Чернігівська області), у Лівобережному Лісостепу (Київська, Черкаська, Полтавська, Сумська, Чернігівська, Харківська області) та в Лівобережному Степу (Луганська, Донецька, Харківська, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська області).

Сучасний стан соснових насаджень оцінювали на основі розподілу їхніх площі та запасу за походженням у контексті розміщення лісових ділянок у рекреаційно-оздоровчих лісах, за типами лісу, групами віку, класами бонітету та відносною повнотою.

Лісівничо-таксаційні показники досліджуваних соснових насаджень визначали шляхом групування ділянок за десятирічними класами віку. Для кожного класу віку обчислювали площу та загальний запас, запас на одному гектарі, середні діаметр і висоту, визначали участь сосни у складі насаджень, відносну повноту та клас бонітету.

Результати. Загальна площа соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України, які перебувають у підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України, становить 196,6 тис. га. За площею й запасом переважають насадження штучного походження, частка яких становить 89,3 % та 87,8 % відповідно. Водночас насадження штучного походження мають нижчу продуктивність, як порівняти з природними насадженнями, $280 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ проти $327 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$. Найбільшу частку площі штучних соснових насаджень виявлено в Лівобережному Лісостепу – 93,8 % із запасом $319 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$, а найменшу – у Лівобережному Поліссі, а саме – 75,5 % із запасом $325 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1}$ (табл. 1).

Таблиця 1

Розподіл площі й запасу соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України залежно від походження

Table 1

Distribution of the area and stock of the pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine depending on origin

Походження соснових насаджень Pine stand origin	Площа Area		Запас Stock		
	га ha	%	тис. м ³ thousand m ³	%	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³
Лівобережне Полісся Left-Bank Polissia					
Природне Natural	11 505,1	24,5	4 268,8	27,1	371
Штучне Man-made	35 376,0	75,5	11 481,7	72,9	325
Разом Total	46 881,1	100,0	15 750,5	100,0	336

Продовження табл. 1
Table 1 (Continued)

Походження соснових насаджень Pine stand origin	Площа Area		Запас Stock		
	га ha	%	тис. м ³ thousand m ³	%	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³
Лівобережний Лісостеп Left-Bank Forest-Steppe					
Природне Natural	4 151,2	6,2	1 298,7	6,1	313
Штучне Man-made	62 435,2	93,8	19 923,9	93,9	319
Разом Total	66 586,4	100,0	21 222,6	100,0	319
Лівобережний Степ Left-Bank Steppe					
Природне Natural	5 302,6	6,4	1 290,0	6,8	243
Штучне Man-made	77 785,1	93,6	17 724,0	93,2	227
Разом Total	83 087,7	100,0	19 014,0	100,0	229
Лівобережна Україна Left-Bank Ukraine					
Природне Natural	20 958,9	10,7	6 857,5	12,2	327
Штучне Man-made	175 596,3	89,3	49 129,6	87,8	280
Разом Total	196 555,2	100,0	55 987,1	100,0	285

У соснових насадженнях рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України з погляду розміщення лісових ділянок найбільшу площу (близько 113 тис. га, або 57,5 % від загальної площі) займають лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина), а найменшу (майже 5 тис. га, або 2,5 %) – лісові ділянки в межах міст, селищ та інших населених пунктів. Серед усіх зазначених в таблиці 2 ділянок виявлено переважання за площею штучних насаджень, порівнюючи з природними. Продуктивність природних соснових насаджень є також дещо вищою, як порівняти зі штучними, за винятком сосняків, які зосереджені в межах міст, селищ та інших населених пунктів. Найбільшою продуктивністю (294 м³·га⁻¹) характеризуються соснові насадження зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина), а найменшою (226 м³·га⁻¹) – соснові насадження у межах міст, селищ та інших населених пунктів (див. табл. 2).

Таблиця 2

Розподіл площі й запасу соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за походженням в контексті розміщення лісових ділянок

Table 2

Distribution of the area and stock of the pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by origin in terms of the forest plot location

Походження соснових насаджень Pine stand origin	Площа Area		Запас Stock		
	га ha	%	тис. м ³ thousand m ³	%	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³
Лісові ділянки у межах міст, селищ та інших населених пунктів Forest plots within cities, towns and other settlements					
Природне Natural	240,2	4,8	53,1	4,7	221
Штучне Man-made	4 737,4	95,2	1 070,5	95,3	226
Разом Total	4 977,6	100,0	1 123,6	100,0	226
Лісові ділянки у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах Forest plots within the zones of sanitary protection of water bodies in forests					
Природне Natural	816,0	4,4	198,7	4,6	244
Штучне Man-made	17 546,2	95,6	4 142,8	95,4	236
Разом Total	18 362,2	100,0	4 341,5	100,0	236

Продовження табл. 2
Table 2 (Continued)

Походження соснових насаджень Pine stand origin	Площа Area		Запас Stock		
	га ha	%	тис. м ³ thousand m ³	%	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина) Forest plots in green zones around settlements (forest park part)					
Природне Natural	8 073,8	13,4	2 747,0	15,5	340
Штучне Man-made	52 182,7	86,6	14 967,0	84,5	287
Разом Total	60 256,5	100,0	17 714,0	100,0	294
Лісові ділянки зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина) Forest areas of green zones around settlements (forestry part)					
Природне Natural	11 828,9	10,5	3 858,5	11,8	326
Штучне Man-made	101 130,0	89,5	28 949,5	88,2	286
Разом Total	112 958,9	100,0	32 808,0	100,0	290
Разом соснових насаджень у рекреаційно-оздоровчих лісах Total recreational pine stands	196 555,2	100,0	55 987,1	100,0	285

Соснові насадження рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України загалом ростуть у 65 типах лісу. Найбільша їхня частка (56 % від загальної площі) зосереджена в суборовому комплексі типів лісу, з яких майже половина (49,7 %) – в умовах свіжого дубово-соснового субору. У боровому комплексі типів лісу зосереджено 32 % досліджуваних соснових насаджень, з яких 24,7 % – в умовах свіжого соснового бору, у судібровному комплексі типів лісу – 11,1 %, з яких 5,8 % – в умовах свіжої липово-соснової судіброви. Решта типів лісу (59 типів) охоплюють соснові насадження на площі 12 553,0 га, або 6,4 %, (табл. 3).

Таблиця 3

Розподіл соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за типами лісу

Table 3

Distribution of the pine stands in the recreation and health-improving forest in the Left-Bank Ukraine by forest types

Тип лісу Forest type		Площа Area	
Індекс Index	Назва Name	га ha	%
A ₁ -С	Сухий сосновий бір	14 148,1	7,2
A ₂ -С	Свіжий сосновий бір	48 504,4	24,7
B ₁ -дС	Сухий дубово-сосновий субір	8 708,0	4,4
B ₂ -дС	Свіжий дубово-сосновий субір	97 632,5	49,7
B ₃ -дС	Вологий дубово-сосновий субір	3 582,0	1,8
C ₂ -л-сД	Свіжа липово-соснова судіброва	11 427,2	5,8
Інші Other types		12 553,0	6,4
Разом Total		196 555,2	100,0

Особливістю розподілу соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за групами віку є суттєве переважання як за площею (65,2 %), так і за запасом (73,9 %) середньовікових насаджень. Молодняки загалом ростуть на площі понад 39 тис. га або займають 19,9 % від площі соснових насаджень, пристиглі насадження займають 12,5 % площі, а стиглі й перестійні – 2,4 %. Найпродуктивнішими (379 м³·га⁻¹) є пристиглі насадження (табл. 4).

Таблиця 4

Розподіл площі й запасу соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за групами віку

Table 4

Distribution of the area and stock of the pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by age groups

Групи віку Age groups	Площа Area		Запас Stock		
	га ha	%	тис. м ³ thousand m ³	%	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³
Молодняки	39 279,8	19,9	3 752,7	6,7	96
Середньовікові	128 093,8	65,2	41 368,4	73,9	323
Пристиглі	24 583,4	12,5	9 308,3	16,6	379
Стигли і перестійні	4 598,2	2,4	1 557,7	2,8	339
Разом	196 555,2	100,0	55 987,1	100,0	285

Розподіл соснових насаджень за групами віку в контексті розміщення лісових ділянок є подібним, за винятком соснових насаджень у межах міст, селищ та інших населених пунктів і в межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах, де частка молодняків є значно більшою (34,3 % і 31,7 % відповідно), а стиглі й перестійні соснові насадження майже відсутні (0,4 % і 0,3 % відповідно) (рис. 1).

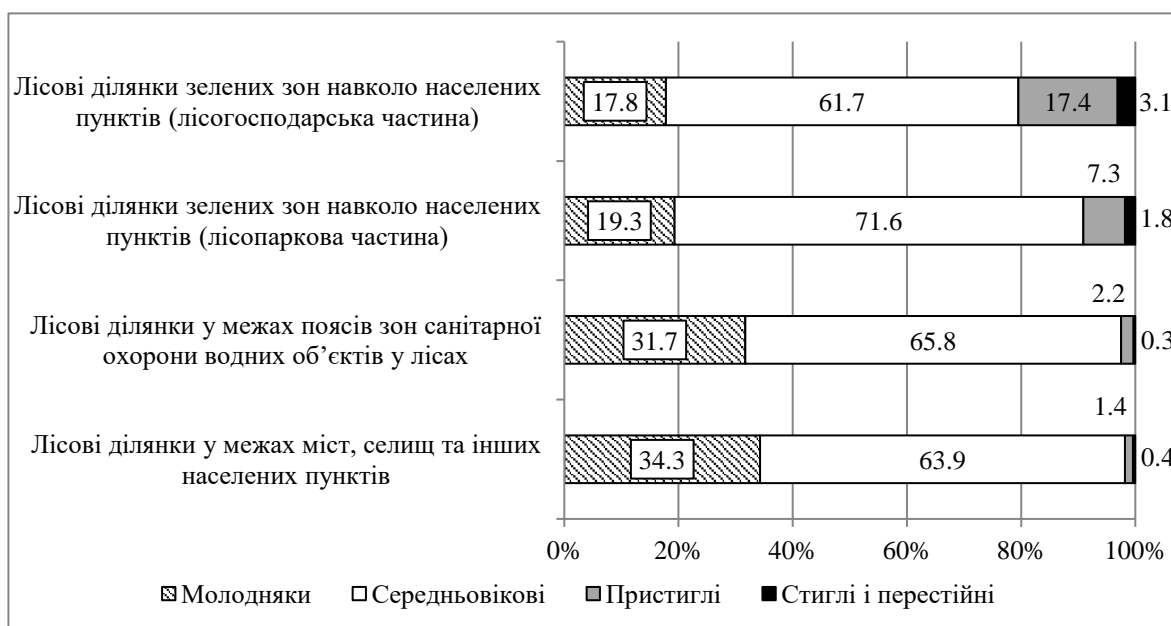


Рис. 1 – Розподіл площі соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за групами віку в контексті розміщення лісових ділянок

Fig. 1 – Distribution of the area of the pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by age groups in terms of the forest plot location

Соснові насадження рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України ростуть переважно за I та II класами бонітету; частка площі насаджень I класу бонітету становить 44,0 %, насаджень II класу бонітету – 25,8 % від загальної. Доволі значною є частка високопродуктивних (клас бонітету – Ia і вищий) соснових насаджень як за площею (18,2 %), так і за запасом (23,7 %). Соснові насадження III і нижчих класів бонітету займають 23,6 тис. га, або 11,9 % від загальної площі (табл. 5).

Таблиця 5

Розподіл площі й запасу соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за класами бонітету

Table 5

Distribution of the area and stock of the pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by growth classes

Клас бонітету Site class	Площа Area		Запас Stock		
	га ha	%	тис. м ³ thousand m ³	%	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³
Ia і вище	35 801,7	18,2	13 269,4	23,7	371
I	86 457,7	44,0	26 663,1	47,6	308
II	50 730,9	25,8	12 781,4	22,8	252
III і нижче	23 564,9	12,0	3 273,2	5,9	139
Разом Total	196 555,2	100,0	55 987,1	100,0	285

Найбільшу площу серед рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України становлять соснові насадження, які ростуть за I та II класами бонітету в межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах (71,3 %) і в межах зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина) (71,2 %), а найменшу (52,6 %) – у межах міст, селищ та інших населених пунктів. Найбільша частка високопродуктивних (клас бонітету Ia й вище) соснових насаджень (19,8 %) зосереджена в межах зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина), а найменша (11,3 %) – у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах. Найменша частка соснових насаджень III і нижчих класів бонітету (10,3 %) зосереджена в межах зелених зон навколо населених пунктів (лісогосподарська частина), а найбільша (28,4 %) – у межах міст, селищ та інших населених пунктів (рис. 2).

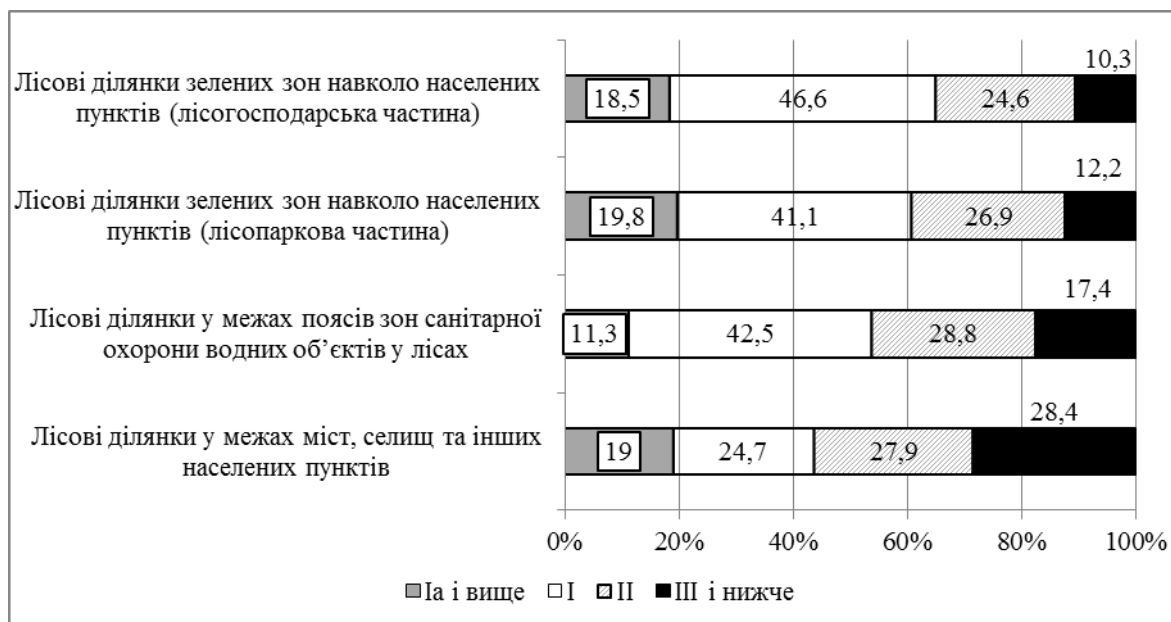


Рис. 2 – Розподіл площі соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за класами бонітету в контексті розміщення лісових ділянок

Fig. 2 – Distribution of the area of pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by site classes in terms of the location of forest plots

Серед соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України переважають такі, що мають відносну повноту 0,8 і 0,7; частка їхньої площі становить 72,1 %

від загальної. Частка насаджень з повнотою 0,9–1,0 становить 15,1 %, з повнотою 0,3–0,6 – 12,8 % (табл. 6).

Таблиця 6

Розподіл площі й запасу соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за відносною повнотою

Table 6

Distribution of the area and stock of the pine stands in the recreational and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by relative density of stocking

Відносна повнота Relative density of stocking	Площа Area		Запас Stock		
	га ha	%	тис. м ³ thousand m ³	%	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³
0,3–0,6	25 248,1	12,8	5 930,5	10,7	235
0,7	57 413,7	29,2	16 471,4	29,4	287
0,8	84 280,8	42,9	24 599,7	43,9	292
0,9–1,0	29 612,6	15,1	8 985,5	16,0	303
Разом Total	196 555,2	100,0	55 987,1	100,0	285

Така сама тенденція характерна для соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів у контексті розміщення лісових ділянок, за винятком лісових ділянок у межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів у лісах, де частка соснових насаджень із повнотою 0,3–0,6 є найменшою (7,7 %), а з повнотою 0,9–1,0 – найбільшою (17,2 %) (рис. 3).

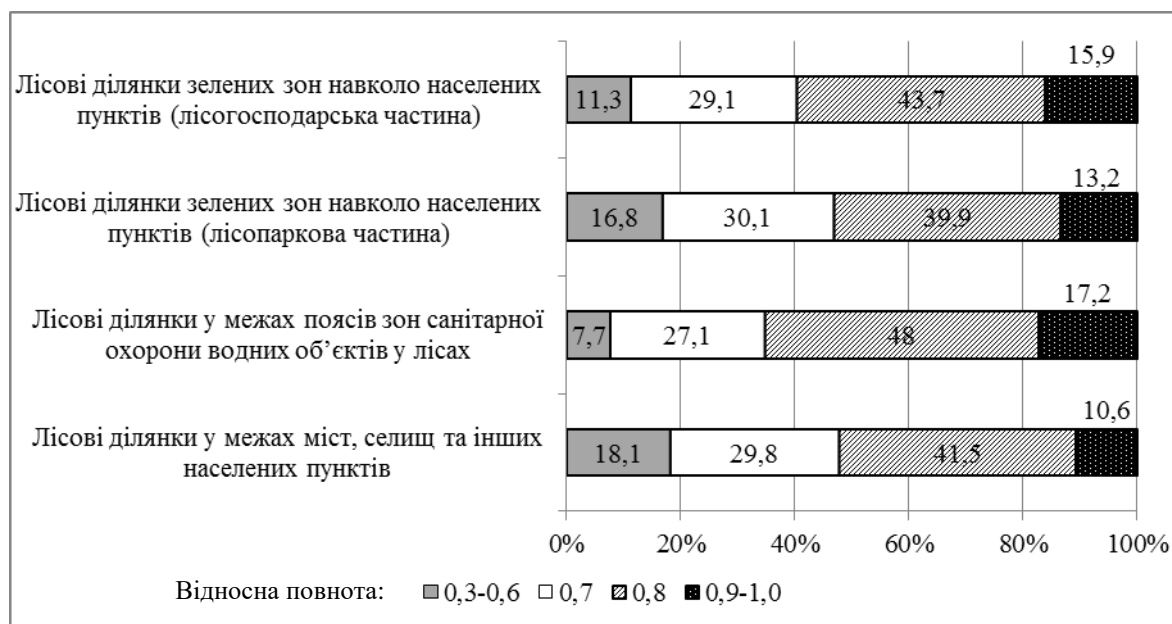


Рис. 3 – Розподіл площі соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за відносною повнотою в контексті розміщення лісових ділянок

Fig. 3 – Distribution of the area of the pine stands in the recreational and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by relative density of stocking in terms of the location of forest plots

Аналіз динаміки середньої повноти соснових насаджень за класами віку (табл. 7) свідчить, що, починаючи із VII класу віку, відбувається поступове зниження цього показника. За площею суттєво переважають соснові насадження V–IX класів віку, частка яких становить 70,9 % (139 445,6 га) від загальної площі. Переважна більшість соснових насаджень у межах міст, селищ та інших населених пунктів (75,6 % за площею) і в межах поясів зон санітарної охорони водних об'єктів (74,8 %) належать до IV–VIII класів віку.

У межах зелених зон навколо населених пунктів (лісопаркова частина) переважають соснові насадження V–X класів віку, які займають 72,2 % площі (43 528,9 га), а в лісогосподарській частині – соснові насадження V–IX класів віку, частка яких становить 75,2 % (84 946,6 га).

Таблиця 7

Основні таксаційні показники соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України за класами віку

Table 7

The main mensuration characteristics of the pine stands in the recreational and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine by age classes

Клас віку Age class	Площа, га Area, ha	Запас Stock		Середні таксаційні показники насаджень Average mensuration characteristic of stands				
		тис. м ³ thousand m ³	на 1 га, м ³ per 1 ha, m ³	Участь у складі, од. Proportion in the composition, units	Діаметр, см Diameter, cm	Висота, м Height, m	Відносна повнота Relative density of stocking	Клас бонітету Site class
I	6 484,1	78,7	12	9,1	–	–	–	–
II	91 55,9	384,2	42	8,7	7,3	5,2	0,71	I,7
III	10 272,6	1 011,8	98	9,1	12,2	8,6	0,75	II,4
IV	13 367,2	2 277,7	170	9,2	16,8	12,7	0,76	II,1
V	31 570,0	7 973,9	253	9,6	20,3	16,9	0,78	I,7
VI	34 686,1	10 422,8	300	9,6	22,9	19,6	0,78	I,7
VII	26 241,7	9 138,2	348	9,4	26,9	22,2	0,77	I,4
VIII	30 669,4	11 844,7	386	9,5	30,3	24,2	0,74	I,4
IX	16 278,4	6 332,6	389	9,6	33,5	25,3	0,71	I,5
X	9 574,6	3 575,5	373	9,5	36,1	25,9	0,65	I,7
XI	4 342,2	1 615,8	372	9,4	39,1	27,2	0,61	I,6
XII	2 392,1	861	360	9,4	41,9	27,2	0,59	I,9
XIII	1 045,5	328,5	314	9,2	43,2	26,6	0,55	II,2
XIV	260,4	76,9	295	9,6	45,5	26,7	0,51	II,2
XV	61,3	21,1	344	9,3	46,7	28,3	0,55	II,0
XVI	80,2	23,9	298	9,7	48,9	27,0	0,48	II,4
XVII	63,8	17,6	276	9,8	50,5	28,0	0,49	II,3
XVIII	7,5	1,7	227	9,3	47,9	27,3	0,43	II,3
XIX	2,2	0,5	227	10,0	60,5	27,0	0,4	II,0
Разом	196 555,2	55 987,1	285	9,4	23,4	18,5	0,75	I,7

Обговорення. У Лівобережній Україні відзначено суттєве переважання соснових насаджень у межах зелених зон навколо населених пунктів. Їхня частка становить 88,1 % від загальної площі, зокрема лісогосподарської частини – 57,5 % і лісопаркової – 30,6 %. За попередніми нашими дослідженнями (Musienko *et al.*, 2023) в Лівобережному Поліссі частка площ цих насаджень становить 99,8 %, лісогосподарської частини – 61,0 %, лісопаркової – 38,8 %, а в Лівобережному Лісостепу (Musienko *et al.*, 2024) – 94,9 %, з яких на лісогосподарську та лісопаркову частини лісів зелених зон навколо населених пунктів припадає 52,3 та 42,6 % відповідно.

У рекреаційно-оздоровчих лісах Кременецького району Тернопільської області (Правобережний Лісостеп) за даними О. Бондаря та Н. Цищюри (Bondar and Tsytsiura, 2021) лісогосподарська зона становила 90,4 %, а лісопаркова – 9,6 % від загальної площі. У філії «Вигодське лісове господарство (ЛГ)» Івано-Франківської області (Українські Карпати) за даними Н. Ф. Приходько та ін. (Prykhodko *et al.*, 2023) лісогосподарська зона становила

89,0 %, а лісопаркова – 10,9 % від загальної площі рекреаційно-оздоровчих лісів філії. У філії «Любомльське ЛГ» Волинської області (Західне Полісся) Т. С. Павловська та ін. (Pavlovska *et al.*, 2019) виявили, що понад 93 % площі рекреаційно-оздоровчих лісів займають лісові ділянки в межах зелених зон навколо населених пунктів.

Вікова структура соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України є розбалансованою, із суттєвим переважанням за площею середньовікових насаджень (65,2 % від загальної площі). У Лівобережному Поліссі частка площі середньовікових соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів становить 65,6 % (Musienko *et al.*, 2023), у Лівобережному Лісостепу – 72,2 % (Musienko *et al.*, 2024), а у філії «Жовтневе ЛГ» – 83,3 % (Musienko *et al.*, 2021).

Переважає у віковій структурі рекреаційно-оздоровчих лісів середньовікових насаджень відзначають й інші дослідники. За даними М. Р. Питуляк і М. В. Питуляка (Pytulyak and Pytulyak, 2017) у рекреаційно-оздоровчих лісах Тернопільської області (Правобережний Лісостеп) частка таких насаджень у філіях державного підприємства (ДП) «Ліси України» коливається від 55,8 % до 61,0 %. За даними О. Бондаря та Н. Цищори (Bondar and Tsytsiura, 2021) у рекреаційно-оздоровчих лісах Кременецького району Тернопільської області (Правобережний Лісостеп) частка середньовікових насаджень становить 57,9 %, в Івано-Франківській області (Українські Карпати) за даними Т. В. Парпан та ін. (Parpan *et al.*, 2021) – 59 %, а в Житомирській області (Центральне Полісся) за даними І. Сірук та Ю. Сірука (Siruk and Siruk, 2020) – 75,7 % від загальної площі.

Досліджувані соснові насадження Лівобережної України ростуть переважно за I та II класами бонітету, частка площі таких насаджень становить 44,0 % та 25,8 % відповідно. Переважають насадження з відносною повнотою 0,8 і 0,7, на частку яких припадає 72,1 % загальної площі. У лівобережному Поліссі частка площі соснових насаджень, які ростуть за I та II класами бонітету, становить 47,3 % та 25,3 % відповідно, і вони характеризуються переважно (71,2 % від загальної площі) відносною повнотою 0,7–0,8 (Musienko *et al.*, 2023). У Лівобережному Лісостепу переважають соснові насадження I класу бонітету (47,6 %), що характеризуються переважно (70,9 %) відносною повнотою 0,7–0,8 (Musienko *et al.*, 2024).

Подібними показниками (класами бонітету та повнотою) характеризуються насадження в рекреаційно-оздоровчих лісах у Правобережному Лісостепу та Українських Карпатах. Так, за даними О. Бондаря та Н. Цищори (Bondar and Tsytsiura, 2021), частка площі насаджень I та II класів бонітету становить 51,3 і 23,3 % відповідно, а частка площі деревостанів із відносною повнотою 0,8 і 0,7 – 67,6 %. За даними Н. Ф. Приходько та ін. (Prykhodko *et al.*, 2023) у філії «Вигодське ЛГ» частка насаджень, що ростуть за I класом бонітету, становить 55,8 % від загальної площі.

Висновки. Серед рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України, що перебувають у підпорядкуванні Державного агентства лісових ресурсів України, переважають соснові насадження в межах зелених зон навколо населених пунктів. Соснові насадження загалом ростуть на ділянках 65 типів лісу, проте найбільша їхня частка (49,7 % від загальної площі) зосереджена в умовах свіжого дубово-соснового субору. За площею й запасом суттєво переважають штучні насадження, частка яких становить 89 % та 88 % відповідно, тому необхідно проводити заходи щодо збільшення частки лісів природного походження. Суттєво переважають середньовікові насадження, частка площі яких становить 65,2 % від загальної. Частка молодняків – 19,9 %, пристиглих насаджень – 12,5 %, стиглих і перестійних насаджень – 2,4 %. Це свідчить про розбалансованість вікової структури, а також про необхідність здійснення заходів з її оптимізації.

Загалом умови Лівобережної України є сприятливими для успішного росту й розвитку соснових лісів і забезпечення ефективного виконання ними рекреаційно-оздоровчих функцій. Свідченням цього є суттєве переважання за площею сосняків, що ростуть за I класом бонітету (44 %) і характеризуються відносною повнотою 0,7–0,8 (72,1 % від загальної площі). Відносна

повнота досліджуваних соснових насаджень регіону зменшується після досягнення ними 80-річного віку незалежно від розташування лісів цієї категорії.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Bondar, O. and Tsytsiura, N. (2021) 'Recreational and health forests of Kremenets district, Ternopil region', *Balanced Nature Management*, 2. pp. 80–87 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2021.237994>
- Gerstenberg, T., Baumeister, C.F., Schraml, U. and Plieninger, T. (2020) 'Hot routes in urban forests: The impact of multiple landscape features on recreational use intensity', *Landscape and Urban Planning*, 203, 103888. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103888>
- Hansen, M.M., Jones, R. and Tocchini, K. (2017) 'Shinrin-Yoku (Forest Bathing) and Nature Therapy: A State-of-the-Art Review', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(8), 851. <https://doi.org/10.3390/ijerph14080851>
- Holubchak, O., Korol, S., Melnychuk, I. and Prykhodko, M. (2019) 'Optimization of forest ecosystem recreational services formation in conditions of decentralization in Ukraine', *Advances in Economics, Business and Management Research*, 2019 7th International Conference on Modeling, Development and Strategic Management of Economic System (MDSMES 2019). Ivano-Frankivsk, Ukraine. Atlantis Press, pp. 227–231. <https://doi.org/10.2991/mdsmes-19.2019.43>
- Musienko, S.I., Rumiantsev, M.N., Lukyanets, V.A., Tarnopilska, O.M., Bondarenko, V.V. and Yushchuk, V.S. (2021) 'Condition and productivity of pine plantations in the Forest-steppe part of Kharkiv Region', *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(6), pp. 41–47 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310605>
- Musienko, S.I., Lukyanets, V.A., Rumiantsev, M.H., Tarnopilska, O.M. and Kobets, O.V. (2024) 'State and productivity of pine stands in the recreation and health-improving forests in the Left-Bank Forest-Steppe'. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(1), pp. 20–26 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40340103>
- Musienko, S.I., Luk'yanets, V.A., Rumiantsev, M.H., Tarnopilska, O.M., Kobets, O.V. and Bondarenko, V.V. (2023) 'Condition of pine stands in the recreational and health-improving forests in Left-Bank Polissia', *Forestry and Forest Melioration*, 143, pp. 30–39 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.143.2023.30>
- Parpan, T.V., Holubchak, O.I., Hudyma, V.M., Prykhodko, N.F., Falko, R.I. and Kyrylenko Ya.O. (2021) 'Characteristics of recreation forests of Ivano-Frankivsk region and assessment of their potential at permanent research sites', *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(5), pp. 9–16 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310501>
- Pavlovska, T.S., Biletskyi, Yu.V., Rudyk, O.V. and Samoliuk, I.V. (2019) 'Recreational and health improving forests of the SE "Liuboml FE"', *Geography and Tourism*, 47, pp. 137–148 (in Ukrainian).
- Pintilii, R.-D. (2022) 'Forest Recreation and Landscape Protection', *Forests*, 13, 1440. <https://doi.org/10.3390/f13091440>
- Prykhodko, N.F., Parpan, T.V., Holubchak, O.I., Prykhodko, M.M. and Kyrylenko, Ya.O. (2023) 'Forestry-taxation and landscape-recreation forest indicators as a basis for recreation and health development of territorial objects', *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(4), pp. 37–44 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40330406>
- Pytulyak, M.R. and Pytulyak, M.V. (2017) 'The peculiarities of the nature forest use in Ternopil region', *Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Geography*, 2(43), pp. 185–190. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2017_2_30 (Accessed: 2 February 2024) (in Ukrainian).
- Procedure for dividing forests into categories and allocation of specially protected forest areas* (2007). Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine No. 733 dated 16 May 2007. Kyiv, Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2007-%D0%BF> (Accessed: 29 November 2023) (in Ukrainian).
- Sanchez-Badini, O. and Innes, J.L. (2019) 'Forests and trees: A public health perspective', *Sante publique (Vandoeuvre-les-Nancy, France)*, S1(HS), pp. 241–248. <https://doi.org/10.3917/spub.190.0241>
- Siruk, I. and Siruk, Yu. (2020) 'Structure of forest sites of the green belt of Zhytomyr city', *Scientific Horizons*, 23(12), pp. 18–28. [https://doi.org/10.48077/scihor.23\(12\).2020.18-28](https://doi.org/10.48077/scihor.23(12).2020.18-28)
- Siruk, I. and Siruk, Yu. (2023) 'Recreation characteristics of the green zone forests of the Zhytomyr city', *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(4), pp. 73–87. <https://doi.org/10.31548/forest/4.2023.73>

FORESTRY MENSURATION CHARACTERISTICS OF PINE STANDS IN RECREATIONAL AND HEALTH-IMPROVING FORESTS IN THE LEFT-BANK UKRAINE

Musienko S.I.¹, Luk'yanets V.A.², Rumiantsev M.H.³, Kobets O.V.^{4*}, Tarnopilska O.M.⁵, Bondarenko V.V.⁶

Based on forest mensuration materials, pine stands' current state and productivity in recreational and health-improving forests in the Left Bank of Ukraine were investigated. The distribution of these stands by location, origin, forest types, age groups, relative density of stocking, and site classes was analyzed. The characteristics of the main mensuration indicators of the studied stands are presented. It was established that the area of pine stands in recreational and health-improving forests in the region is 196.6 thousand hectares. Planted stands predominate in terms of area and stock. The largest proportion of the total area (57.5%) is occupied by forests of green zones around settlements (forestry part). An imbalance in the age structure of the studied pine plantations was noted. Middle-aged stands predominate in area (65.2 %) and stock (73.9 %). The stands grow mainly according to the I and II site classes, the area proportions of which are 44.0% and 25.8%, respectively. Stands with a relative stocking density of 0.8 and 0.7 predominate, accounting for 72.1% of the total area.

К e y w o r d s : forest category; stand origin, forest type, stand mensuration characteristics, tree stand productivity.

Одержано редколегією 20.03.2024

¹ Musiyenko Serhiy, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: musienkosergij_les@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6581-2670>

² Lukyanets Volodymyr, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: lukyanetc52@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3427-4240>

³ Rumiantsev Maksym, PhD, Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: maxrum-89@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

⁴ Kobets Oleksii, PhD, Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: alexei_kobec@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0712-8827>

⁵ Tarnopilska Oksana, PhD, Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: tarnoks@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4810-8892>

⁶ Bondarenko Vira, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: lspg@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8187-5519>

* Correspondence: alexei_kobec@ukr.net

**МОДЕЛІ ДИНАМІКИ ПОКАЗНИКІВ МОДАЛЬНИХ ШТУЧНИХ СОСНОВИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**В. П. Пастернак^{1*}, Т. С. Пивовар², А. В. Гармаш³

Проаналізовано закономірності росту соснових деревостанів Лівобережного Лісостепу в різних лісорослинних умовах. Наведено математичні моделі динаміки лісотаксаційних показників в умовах свіжого субору, свіжого бору та свіжого сугруду та складено таблиці ходу росту модальних штучних соснових деревостанів. Для визначення динаміки висоти й запасу за основу прийнято функцію Мітчерліха, яка має широке застосування для моделювання процесів росту лісових насаджень. Ріст за висотою відбувається в межах одного класу бонітету загальнобонітетної шкали, хоча в молодшому віці соснові деревостани у свіжому бору мають тенденцію до уповільненого росту. Досліджувані деревостани Лівобережного Лісостепу мають дещо більші діаметри, висоти та, відповідно, більший запас, порівнюючи з модальними деревостанами Придніпровського Північного Степу. Виявлено, що кількісна стиглість модальних соснових деревостанів штучного походження I класу бонітету у свіжому суборі настає у віці 45 років, II класу бонітету у свіжому бору – у 55 років та у свіжому сугруді – у 40 років.

К л ю ч о в і с л о в а : *Pinus sylvestris* L., таблиці ходу росту, продуктивність, кількісна стиглість.

Вступ. Ріст і розвиток лісових насаджень залежить від багатьох чинників, зокрема видового складу, ґрунтово-кліматичних умов, лісогосподарських заходів, впливу шкідників і збудників хвороб тощо. Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) є одним із основних цільових деревних видів в Україні, соснові деревостани займають площу понад 3 млн га (Poliakova and Abruscato, 2023). Цей деревний вид є морозо- й посухостійким, доволі невибагливим до ґрунтових умов, може рости навіть на бідних ґрунтах (Brichta *et al.*, 2023). В Україні сосна росте в різних природних зонах (Поліссі, Лісостепу та Степу) і має певні особливості росту, зумовлені передусім відмінностями ґрунтово-кліматичних умов.

Для об'єктивного оцінювання та прогнозування росту деревостанів важливим є розроблення відповідних нормативно-інформаційних матеріалів на зонально-типологічній основі. Такі нормативи з урахуванням умов формування лісових насаджень є основою для визначення рівня виконання ними екосистемних функцій (зокрема поглинання вуглекислого газу) та оцінювання ефективності проведення лісогосподарських заходів (Lakyda *et al.*, 2012; Lovynska *et al.*, 2021; Pasternak *et al.*, 2023b). Розроблені в Польщі моделі динаміки висот соснових деревостанів показали, що врахування регіональних особливостей може покращити прогнозування росту та оцінювання їхньої продуктивності (Socha *et al.*, 2021). Регіональні відмінності за кліматичними та ґрунтовими умовами впливають на ріст і формування деревостанів сосни звичайної. Тому розроблення моделей, які описують залежність росту від показників клімату, властивостей ґрунту та особливостей рельєфу, може надати цінну інформацію для управління лісами.

Для планування лісового господарства й оцінювання ефективності заходів у лісогосподарській практиці використовують моделі ходу росту, розроблені для деревостанів панівних видів і класів бонітету за природними зонами. Наразі в Україні широко застосовують моделі ходу росту модальних штучних соснових деревостанів, розроблені колективом

¹ Пастернак Володимир Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: pasternak65@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

² Пивовар Тетяна Сергіївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: pyvovartatiana@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

³ Гармаш Анна Василівна, старший викладач кафедри лісових культур, меліорацій та садово-паркового господарства, Державний біотехнологічний університет, вул. Алчевських, 44, Харків, 61002, Україна. Е-mail: garmash1505@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1874-094X>

* Адреса для кореспонденції: pasternak65@ukr.net

НУБіПУ (Lakyda *et al.*, 2012) для зони Полісся. Проте донині в Україні не було розроблено регіональних моделей для модальних соснових деревостанів Лівобережного Лісостепу.

У Лівобережному Лісостепу України переважають штучні чисті соснові деревостани (Yarotskiy *et al.*, 2016; Garmash *et al.*, 2023). Станом на 01.01.2017 соснові деревостани в регіоні займають площу понад 240 тис. га, зокрема на площі понад 224 тис. га (93 %) вони є штучними за походженням та на площі понад 172 тис. га (71 %) – чистими за складом (Terentiev *et al.*, 2023). Закономірності формування соснових деревостанів у Лівобережному Лісостепу досліджували в попередні роки (Tarnopil'ska, 2012; Nazarenko and Pasternak, 2016; Yarotskiy *et al.*, 2016; Garmash *et al.*, 2023; Pasternak *et al.*, 2023b). Зокрема, виявлено особливості динаміки продуктивності модальних соснових деревостанів Лісостепу Харківщини (Nazarenko and Pasternak, 2016). Науковцями УкрНДЛПГА визначено, що використання лісорослинного потенціалу сосновими деревостанами в Лівобережно-Дніпровському Лісостеповому окрузі становить у середньому 73 % у свіжому сосновому бору (A₂-С) та 70 % у свіжому дубово-сосновому суборі (B₂-дС), у Середньоруському окрузі – 71 % у B₂-дС та 68 % у свіжому липово-дубово-сосновому сугруді (C₂-лдС) (Tkach *et al.*, 2018). У лісовому фонді Лівобережного Лісостепу серед соснових лісів переважають середньоповнотні деревостани, що ростуть в умовах B₂-дС, A₂-С та C₂-лдС переважно за Іа–ІІ класами бонітету (Garmash *et al.*, 2023; Terentiev *et al.*, 2023).

Мета дослідження – визначення особливостей ходу росту та продуктивності модальних штучних соснових деревостанів Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали й методи. Регіон досліджень розташований переважно в межах Придонецького та Ворскло-Псельського секторів Слобожанського району лісотипологічної області свіжого помірного клімату (2d) (Ostapenko and Tkach, 2002). За лісогосподарським районуванням він охоплює Середньоруський та частину Лівобережно-Дніпровського (Північний і Південний райони Полтавської рівнини) лісостепових округів Лісостепової області (Gensiruk, 2002). Соснові та дубово-соснові ліси ростуть переважно на борових терасах річок, найбільш характерними типами лісу є свіжий дубово-сосновий субір (B₂-дС), свіжий сосновий бір (A₂-С) та свіжий липово-дубово-сосновий сугруд (C₂-лдС) (Bondar *et al.*, 2020).

Для побудови таблиць ходу росту використано інформацію з повидільної бази даних Українського державного проектного лісовпорядного виробничого об'єднання «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2017, дані таксації 32 тимчасових пробних площ, закладених у соснових деревостанах штучного походження в державному спеціалізованому господарському підприємстві (ДСГП) «Ліси України», зокрема у філіях «Жовтневе лісове господарство (ЛГ)», «Чугуєво-Бабчанське ЛГ» (Харківська область), «Тростянецьке ЛГ», «Охтирське ЛГ», «Лебединське ЛГ», «Конотопське ЛГ» (Сумська область) та державних підприємствах (ДП) «Вовчанське ЛГ» і «Скрипаївське Навчально-дослідне ЛГ» (НДЛГ), трьох постійних пробних площ, закладених у ДП «Скрипаївське НДЛГ» (обліки – у 2006, 2012 та 2018 рр.), а також дані, зібрані на 13 ділянках інтенсивного моніторингу лісів у ДСГП «Ліси України» (філія «Жовтневе ЛГ»), «ДП «Скрипаївське НДЛГ» та НПП «Слобожанський» (обліки – у 2011–2023 рр.).

На 9 тимчасових пробних площах, закладених у ДП «Скрипаївське НДЛГ», проаналізовано хід росту 32 модельних дерев (Nazarenko and Babenko, 2016; Nazarenko and Pasternak, 2016). Крім того, використано дані пробної площі, закладеної під керівництвом М. В. Любчича (Lubchich, 2017), з обмірюванням 12 модельних дерев на ділянці лісовідновної рубки у філії «Гутянське ЛГ» ДСГП «Ліси України».

Пробні площі та ділянки моніторингу охоплюють значний спектр типів лісорослинних умов (ТЛУ) від сухого бору (A₁) до вологого сугруду (C₃), деревостани Іа–ІІ класів бонітету віком від 40 до 120 років і відносною повнотою від 0,33 до 0,92. Аналіз розподілу таксаційних показників свідчить, що він є близьким до нормального, а досліджувана база даних пробних площ достатньо адекватно описує соснові деревостани регіону досліджень (Garmash *et al.*, 2023; Pasternak *et al.*, 2023a).

Закладання пробних площ і визначення таксаційних показників здійснювали за загальноприйнятими в лісовій таксації методиками (Forest inventory sample plots, 2006; Hrom, 2010). Методику інтенсивного моніторингу розроблено з урахуванням підходів, які застосовують у Міжнародній спільній програмі з оцінювання та моніторингу впливу забруднення повітря на ліси (ICP Forests) (*Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis*, 2016) та моніторингу стану лісів США (US Forest Health Monitoring) (Tallent-Halsell, 1994). На кругових ділянках інтенсивного моніторингу (радіус – 17,84 м, площа 0,1 га = 1000 м²) визначали тип лісорослинних умов і тип лісу, характеристики деревостану та піднаметової рослинності. Для моделювання ходу росту використано такі показники дерев: вид, діаметр, статус (постійне, нове, всохле, впало, зрубане), клас Крафта. Для модельних дерев (три для панівного виду та по одному для супутніх із часткою одиниця і більше) вимірювали висоти.

Запас деревини на пробних площах і ділянках моніторингу визначали за формулами об'ємів стовбурів (Mytoniuk *et al.*, 2020) та за зрубаними модельними деревами (на тих пробних площах, де вони були). Моделі відбирали за способом пропорційно-ступеневого представництва (Lubchich, 2017)

Для визначення тісноти зв'язків між таксаційними показниками та моделювання регресійних залежностей між ними застосовано кореляційний і регресійний аналізи (Atramentova and Utievska, 2007). Водночас враховували, що коефіцієнти кореляції відображають лінійний зв'язок, а зв'язки між таксаційними показниками найчастіше є нелінійними. За результатами попередніх досліджень (Pasternak *et al.*, 2023a) підтверджено наявність тісного зв'язку між собою таких показників, як вік *A*, середній діаметр *D* і середня висота *H*. Відповідні коефіцієнти кореляції мають значення від 0,66 до 0,78. Для запасу *M* кореляційний зв'язок із середньою висотою і повнотою *P* становить 0,56 і 0,75 відповідно.

Основою для побудови таблиць ходу росту є динаміка відносних середніх висот деревостанів. Її апроксимували за допомогою функції Мітчерліха, яку використовують для моделювання процесів росту (Kiviste, 1988; Lovynska *et al.*, 2021). Абсолютні значення змодельованих висот отримували на основі показників висоти модифікованої шкали М. М. Орлова для насінневих деревостанів у базовому віці 80 років (Bilous *et al.*, 2021).

Результати. Спільний аналіз повидільної бази даних, пробних площ і ділянок моніторингу дав змогу визначити закономірності зміни основних таксаційних показників (табл. 1). Оскільки за результатами кореляційного аналізу на значення середнього діаметра найбільшою мірою впливають вік і висота деревостану, а також повнота в межах класу віку, для моделювання середнього діаметра використано алометричну функцію.

Таблиця 1

Функції росту штучних модальних соснових деревостанів

Table 1

Functions of growth of man-made modal pine stands

№	Тип лісорослинних умов Type of forest site condition	Функція Function	Коефіцієнт детермінації Determination coefficient
Середня висота <i>H</i> Mean height			
1	Свіжий бір (A ₂)	$H = 1,474 \cdot (1 - \exp(-0,0162 A))^{1,213} \cdot H_{80}^{баз}$	0,92
2	Свіжий суббір (B ₂)	$H = 1,386 \cdot (1 - \exp(-0,0175 \cdot A))^{1,152} \cdot H_{80}^{баз}$	0,94
3	Свіжий сугруд (C ₂)	$H = 1,371 \cdot (1 - \exp(-0,0179 A))^{1,156} \cdot H_{80}^{баз}$	0,92
Середній діаметр <i>D</i> Mean diameter			
4	Свіжий бір (A ₂)	$D = 0,672 \cdot A^{0,325} \cdot H^{0,742} \cdot P^{-0,128}$	0,82
5	Свіжий суббір (B ₂)	$D = 0,696 \cdot A^{0,319} \cdot H^{0,748} \cdot P^{-0,123}$	0,84
6	Свіжий сугруд (C ₂)	$D = 0,756 \cdot A^{0,314} \cdot H^{0,745} \cdot P^{-0,113}$	0,85

Продовження табл. 1
Table 1 (Continued)

№	Тип лісорослинних умов Type of forest site condition	Функція Function	Коефіцієнт детермінації Determination coefficient
Запас M Growing stock			
7	Свіжий бір (A_2)	$M = 568,6 \cdot (1 - \exp(-0,085 \cdot H))^{2,925}$	0,89
8	Свіжий суббір (B_2)	$M = 570,5 \cdot (1 - \exp(-0,085 \cdot H))^{2,954}$	0,92
9	Свіжий сугруд (C_2)	$M = 560,5 \cdot (1 - \exp(-0,085 \cdot H))^{2,948}$	0,87
Видова висота HF Form height			
10	$HF = 1,278 + 0,495 \cdot H - 0,0725 \cdot D$		0,84

Примітка. H^{bas}_{80} – висота у базовому віці, м.

Note. H^{bas}_{80} is the height in base age (80 years), m.

Графік ходу росту штучних соснових деревостанів за висотою за класами бонітету та ТЛЮ представлено на рисунку 1.

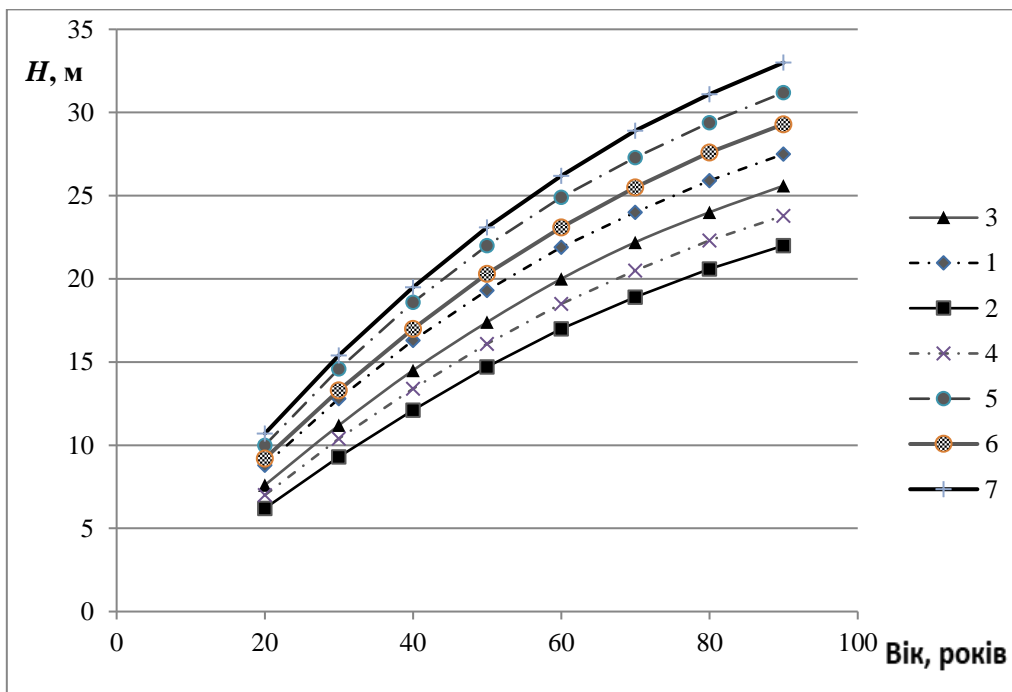


Рис. 1 – Хід росту модальних соснових деревостанів за висотою, класами бонітету та типами лісорослинних умов (2, 3, 6, 7 – межі класів бонітету (II–Ia), 1, 4, 5 – хід росту за висотою (B_2 , A_2 , C_2))
Fig. 1 – Height growth of modal pine stands depending on site class and forest site conditions (2, 3, 6, 7 – scope of site classes (II–Ia), 1, 4, 5 – height growth (B_2 , A_2 , C_2))

Визначені математичні співвідношення доволі точно характеризують хід росту штучних модальних соснових деревостанів Лівобережного Лісостепу. Коефіцієнти детермінації наведених рівнянь знаходяться в межах 0,82–0,94, що свідчить про високий рівень достовірності, тому залежності були використані для формування таблиць ходу росту, ескіз яких наведено в таблиці 2.

На графіку (рис. 2) видно, що кількісна стиглість модальних штучних соснових деревостанів I класу бонітету, що ростуть в умовах свіжого дубово-соснового субору (B_2 -дС), настає у віці 45 років, коли середня зміна запасу сягає максимального значення.

Таблиця 2

Хід росту штучних модальних соснових деревостанів (I клас бонітету, B₂)

Table 2

The growth dynamics of man-made modal pine stands (I site class, B₂)

A, років A, years	H, м H, m	D, см D, cm	F	G, м ² ·га ⁻¹ G, m ² ·ha ⁻¹	M, м ³ ·га ⁻¹ M, m ³ ·ha ⁻¹	Зміна запасу, м ³ ·га ⁻¹ Stock change, m ³ ·ha ⁻¹	
						середня mean	поточна annual
10	4,4	4,5	0,709	5,79	18	1,8	—
20	8,8	9,6	0,558	17,48	86	4,3	7,7
30	12,7	14,2	0,511	25,93	169	5,7	8,3
40	16,2	18,7	0,487	30,70	243	6,1	7,0
50	19,2	22,8	0,472	33,10	302	6,0	5,4
60	21,8	26,5	0,462	34,24	345	5,8	4,1
70	24,0	30,0	0,454	34,67	379	5,4	3,1
80	25,9	33,2	0,448	34,78	404	5,0	2,3
90	27,5	36,2	0,442	34,74	422	4,7	1,8

Вік кількісної стиглості визначали за максимумом середньої зміни запасу (рис. 2).

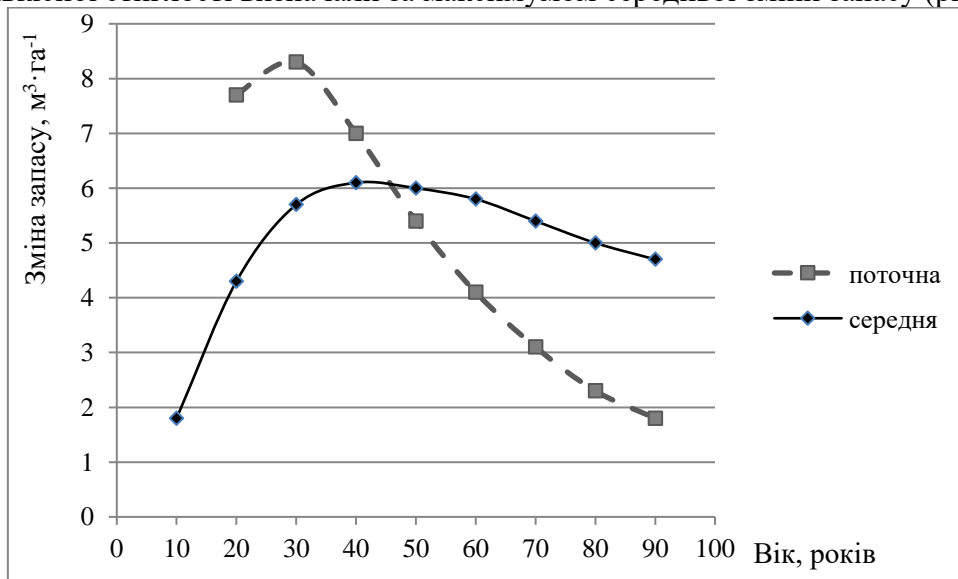


Рис. 2 – Динаміка поточної та середньої зміни запасу модальних соснових деревостанів в умовах свіжого дубово-соснового субору (B₂-дС)

Fig. 2 – Dynamics of growing stock change of modal pine stands (average and current) in B₂-Oak-pine forest type

Обговорення. Проведені дослідження свідчать, що модальні соснові деревостани в Лівобережному Лісостепу є доволі продуктивними: у віці 50 років запас модальних соснових деревостанів свіжого дубово-соснового субору (B₂-дС, I клас бонітету) становить 300 м³·га⁻¹, а в 90-річному віці – 422 м³·га⁻¹.

Ріст за висотою модальних соснових деревостанів штучного походження відбувається в межах одного класу бонітету загальнобонітетної шкали, хоча в молодшому віці в умовах свіжого бору вони мають тенденцію до уповільненого росту. Соснові деревостани Лівобережного Лісостепу характеризуються інтенсивнішим ростом за висотою, як порівняти з модальними деревостанами Придніпровського Північного Степу (Lovynska *et al.*, 2021); найбільшу різницю виявлено у віці 20–30 років (табл. 3), що пов'язане з екстремальнішими кліматичними умовами в Степу (Shvidenko *et al.*, 2018).

Таблиця 3

Зіставлення динаміки основних показників штучних соснових деревостанів Лівобережного Лісостепу та Придніпровського Північного Степу I класу бонітету

Table 3

Comparison of the dynamics of the main characteristics of man-made pine stands of the I site class in Left-Bank Forest-Steppe and the Prydniprovskiy Northern Steppe

A, років A, years	Дані авторів Data of the present study			Дані В. М. Ловинської (Lovynska <i>et al.</i> , 2021) According to Lovynska <i>et al.</i> , 2021		
	H, м H, m	D, см D, cm	M, м ³ ·га ⁻¹ M, m ³ ·ha ⁻¹	H, м H, m	D, см D, cm	M, м ³ ·га ⁻¹ M, m ³ ·ha ⁻¹
20	8,8	9,6	86	5,9	7,5	48
30	12,8	14,3	169	10,6	12,6	131
40	16,3	18,8	243	15,0	17,5	208
50	19,3	22,8	302	18,6	21,9	263
60	21,9	26,6	346	21,4	25,8	299
70	24,0	30,0	379	23,6	29,3	322
80	25,9	33,2	404	25,2	32,4	337

Виявлено, що досліджувані деревостани Лівобережного Лісостепу мають дещо більші діаметри, висоти та, відповідно, більший запас (табл. 3) проти модальних деревостанів Придніпровського Північного Степу (Lovynska *et al.*, 2021). Відносна різниця діаметрів і висот є найбільшою у молодняків (у 20-річному віці – 22 та 33 % відповідно). Водночас із віком ця різниця зменшується. Різниця за запасом є суттєвою і становить від 13 % у 50-річному віці до 44 % у 20-річному віці. Подібну закономірність, а саме збільшення продуктивності соснових деревостанів у Лісостепу, як порівняти зі Степом, відзначено, зокрема, у роботах О. М. Тарнопільської (Tarnopil'ska, 2012), що пов'язане з кращою вологозабезпеченістю лісостепової зони, порівнюючи зі степовою, оскільки саме вологість є лімітувальним фактором (Shvidenko *et al.*, 2018; Dukat *et al.*, 2023).

Оцінювання кількісної стиглості соснових деревостанів у трьох природних зонах (Полісся, Лісостеп, Північний Степ) дало змогу виявити певні закономірності. Так, зіставляючи отримані результати з результатами П. І. Лакиди та ін. (Lakyda *et al.*, 2012) для Полісся та В. М. Ловинської та ін. (Lovynska *et al.*, 2021) для Північного Степу, було виявлено, що кількісна стиглість соснових деревостанів в умовах свіжого субору (I клас бонітету) настає у такому ж віці (45 років). В умовах свіжого бору (II клас бонітету) за нашими даними вона настає у 55 років – на 5 років пізніше, ніж за даними для Північного Степу (Lovynska *et al.*, 2021) і подібно до Полісся, а в умовах свіжого сугруду (Ia клас бонітету) – у віці 40 років, як і в Поліссі, та на 5 років раніше, ніж у Північному Степу (Lovynska *et al.*, 2021).

Аналіз даних для сосняків Лівобережного Лісостепу підтверджує достовірність динаміки лісотаксаційних показників, як це визначено для Полісся (Lakyda *et al.*, 2012) та Північного Степу (Lovynska *et al.*, 2021). Водночас продуктивність соснових деревостанів у Північному Степу є суттєво нижчою. Це може бути пов'язано з різним режимом зволоження. Так, у Північному Степу показник вологості клімату за Д. В. Воробйовим *W* становить 0,46, а в Лівобережному Лісостепу – 0,98 (Nazarenko and Pasternak, 2016).

Висновки. Розроблено удосконалені моделі ходу росту модальних штучних соснових деревостанів, які дають можливість об'єктивно оцінювати їхній ріст, а також розраховувати динаміку вуглецю та товарність деревостанів.

Модальні штучні соснові деревостани характеризуються порівняно високою продуктивністю. Ріст за висотою цих деревостанів відбувається в межах одного класу бонітету загальнобонітетної шкали, хоча в молодшому віці вони мають тенденцію до уповільненого росту, що особливо виявляється в умовах свіжого бору (A₂). Кількісна стиглість модальних штучних соснових деревостанів I класу бонітету в умовах свіжого субору (B₂), визначена за

середньою зміною запасу ($6,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), настає у віці 45 років, в умовах свіжого сугруду (C_2) – у 40 років ($7,1 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$), а в умовах свіжого бору (A_2) – у 55 років ($4,8 \text{ м}^3 \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$). Продуктивність модальних штучних соснових деревостанів у Лівобережному Лісостепу є вищою, ніж у Північному Степу, що можна пояснити кращою вологозабезпеченістю клімату.

Подяки. Автори вдячні В. Ю. Яроцькому, який надавав професійні послуги зі збору польових даних на ділянках моніторингу, та рецензентам за цінні поради та рекомендації.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання досліджень УкрНДІЛГА (тема №8 ДР 0120U101894), замовником якої було Державне агентство лісових ресурсів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Atramentova, L.O. and Utievska, O.M. (2007) *Biometrics. Chapter II. Group comparison and relations analysis*. Kharkiv: Ranok (in Ukrainian).
- Bilous, A.M., Kashpor, S.M., Myroniuk, V.V., Svinchuk, V.A. and Lesnik, O.M. (2021) *Forest inventory handbook*. Kyiv: Vinicnenko Publishing House. ISBN 978-966-981-403-6 (in Ukrainian).
- Bondar, O., Rumiantsev, M., Tkach, L. and Obolonyk, I. (2020) 'Prevailing forest types in the river catchments within the Left-Bank Forest-Steppe zone, Ukraine', *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 62(2), pp. 100–113. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0011>
- Brichta, J., Vacek, S., Vacek, Z., Cukor, J., Mikeska, M., Bílek, L., Šimůnek, V., Gallo, J. and Brabec, P. (2023) 'Importance and potential of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in 21st century', *Central European forestry journal*, 69, pp. 3–20. <https://doi.org/10.2478/forj-2022-0020>
- Dukat, P., Ziemblińska, K., Räsänen, M., Vesala, T., Olejnik, J. and Urbaniak, M. (2023) 'Scots pine responses to drought investigated with eddy covariance and sap flow methods', *European Journal of Forest Research*, 142(3), pp. 671–690. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01549-w>
- Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006*. (2007). Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine (in Ukrainian).
- Garmash, A.V., Gordiyshenko, A.Yu., Borysenko, O.I. and Pyvovar, T.S. (2023) 'Scots pine stands in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine', *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry*, 65 (3), pp. 153–165. <https://doi.org/10.2478/ffp-2023-0015>
- Gensiruk, S.A. (2002) *Forests of Ukraine*. Lviv: Shevchenko Scientific Society Publishing House (in Ukrainian).
- Hrom, M.M. (2010) *Forest mensuration*. 3rd edn. Lviv: RVV NLTU (in Ukrainian).
- Kiviste, A.K. (1988) *Functions of forest growth*. Tartu.
- Lakyda, P.I., Terentiev, A.Yu. and Vasylyshyn, R.D. (2012) *Man-made pine stands of Polissya of Ukraine – forecast of growth and productivity*. Kyiv: Maidachenko I.S. (in Ukrainian).
- Lovynska, V., Terentiev, A., Lakyda, P., Sytnyk, S., Bala, O. and Gritzan, Yu. (2021) 'Comparison of Scots pine growth dynamic within Polissya and Northern Steppe zone of Ukraine', *Journal of Forest Science*, 67, pp. 533–543. <https://doi.org/10.17221/93/2021-JFS>
- Lubchich, M.V. (2017) *Improvement of approaches to the evaluation of growing stand assortment-grade structure*. PhD thesis. Kyiv: NULES of Ukraine (in Ukrainian).
- Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests* (2016). UN-ECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.). Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany. Available at: <http://www.icp-forests.net/page/icp-forests-manual> (Accessed: 26 February 2024).
- Myroniuk, V.V., Bilous, A.M. and Bidolah, D.I. (2020) *Scientific and methodical recommendations for the inventory of forest resources of Ukraine*. Kyiv: NULES of Ukraine (in Ukrainian).
- Nazarenko, V.V. and Babenko, V.V. (2016) 'The investigation of growth progress of Pine stands in Skrypai forestry', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(1), pp. 105–110 (in Ukrainian).
- Nazarenko, V.V. and Pasternak, V.P. (2016) *Patterns of formation of forest types of Forest-steppe of the Kharkiv region*. Kharkiv: Planeta-Print. ISBN 978-617-7229-27-7 (in Ukrainian).
- Ostapenko, B.F. and Tkach, V.P. (2002) *Forest typology*. Kharkiv: KhDAU (in Ukrainian).
- Pasternak, V.P., Girs, O.A. and Garmash, A.V. (2023a) 'Dynamics of marketability structure of pine stands in Slobozhanskyi forest typological district', *Forestry and Forest Melioration*, 142, pp. 15–21 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.142.2023.15>
- Pasternak, V.P., Pyvovar, T.S. and Garmash, A.V. (2023b) 'Dynamics of forestry-mensuration indicators of modal man-made pine stands in Slobozhanskyi forest typological district', *Forestry, woodworking and landscaping: current State, achievements and prospects. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Kharkiv: SBTU, pp. 62–64 (in Ukrainian).

- Poliakova, L. and Abruscato, S. (2023) *Supporting the recovery and sustainable management of Ukrainian forests and Ukraine's forest sector*. Forest Europe. Bonn: Liaison Unit Bonn. Available at: <https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2023/08/Supporting-the-recovery-and-sustainable-management-of-Ukrainian-forests-and-Ukraines-forest-sector-Final-report.pdf> (Accessed: 26 February 2024).
- Shvidenko, A.Z, Buksha, I.F. and Krakovska, S.V. (2018) *Vulnerability of Ukrainian forests to climate change*. Kyiv: Nika-centr (in Ukrainian).
- Socha, J., Tymiąska-Czabańska, L., Bronisz, K., Zięba, S and Hawryło, P. (2021) 'Regional height growth models for Scots pine in Poland', *Scientific Reports*, 11, 10330. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89826-9>
- Tallent-Halsell, N.G. (ed.). (1994) *Forest Health Monitoring, Field Methods Guide*. EPA/620/R-94/027. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Tarnopilska, O.M. (2012) *Features of growth and formation of artificial pine plantations of the Left Bank Steppe and Forest-Steppe*. Extended abstract of PhD thesis. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Terentiev, A., Bala, O., Lakyda, P. and Bondar, H. (2023) 'Current state and productivity of Scots pine modal stands of the Forest Steppe of Ukraine', *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(1), pp. 105–123. <https://doi.org/10.31548/forest/1.2023.105>
- Tkach, V.P., Kobets, O.V. and Rumiantsev, M.H. (2018) 'Use of forest site capacity by forests of Ukraine', *Forestry and Forest Melioration*, 132, pp. 3–12 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.132.2018.3>
- Yarotskiy, V.Y., Pyvovar, T.S., Pasternak, V.P. and Garmash, A.V. (2016) 'The Structure of pine stands at the Left-bank Forest-steppe of Ukraine', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(4), pp. 53–59 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40260408>

MODELS FOR MODAL MAN-MADE PINE STANDS CHARACTERISTICS DYNAMICS IN THE LEFT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE

Pasternak V.P.^{*1}, Pyvovar T.S.², Garmash A.V.³

The features of the growth of Scots pine stands in the Left-Bank Forest-Steppe under different forest site conditions were analyzed. Mathematical models of the stand characteristics dynamics in the fresh pure, relatively poor, and relatively fertile forest site conditions are given, and tables of the growth of modal man-made pine stands are compiled. To establish the dynamics of height and growing stock, the Mitscherlich function has been adopted as the basis, which is widely used for modeling the growth processes of forest stands. Height growth occurs within one site index class of the general site index scale, although at a younger age, Scots pine stands in fresh poor condition tend to be slow-growing. The studied stands in the Left-Bank Forest-Steppe have slightly larger diameters, heights, and, consequently, a greater growing stock compared to modal stands in the Prydniprovskiy Northern Steppe. It was established that the quantitative maturity of the modal man-made pine stands of the I site class in fresh relatively poor condition occurs at the age of 45 years, of II site class in fresh poor condition at the age of 55 years, and in fresh relatively fertile condition at the age of 40 years.

К е y w o r d s : *Pinus sylvestris* L., growth tables, forest stand productivity, quantitate maturity.

Одержано редколегією 08.03.2024

¹ Pasternak Volodymyr, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Professor, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after the G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: pasternak65@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

² Pyvovar Tetiana, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after the G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: pyvovartatiana@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7250-8549>

³ Garmash Anna, Senior Teacher, Forest Cultures, Melioration and Horticulture Department, State Biotechnological University, 44 Alchevskiyh Street, Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: garmash1505@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1874-094X>

* Correspondence: pasternak65@ukr.net



**ЕФЕКТИВНІСТЬ РУБОК ЯК ЗАХОДУ СПРІЯННЯ ЛІСОВІДНОВЛЕННЮ
В ОСЛАБЛЕНИХ СОСНЯКАХ СВІЖОГО СУБОРУ ДП «КЛАВДІЄВСЬКА ЛНДС»**

М. П. Савущик¹

Наведено результати багаторічних досліджень на експериментально-виробничій ділянці, які розпочато у 2008 р. у кварталі 101 Першотравневого лісництва. У різновіковому ослабленому сосновому насадженні, що росте в умовах свіжого дубово-соснового субору, закладено двосекційний дослід. На першій секції проведено суцільну рубку із залишенням насінних дерев, на другій – рівномірно-поступову рубку. Результати свідчать, що в умовах свіжого дубово-соснового субору державного підприємства «Клавдієвська ЛНДС» проведення рівномірно-поступових рубок в ослаблених соснових насадженнях не забезпечує успішне лісовідновлення за нормативами чинних «Правил рубок головного користування в лісах України» навіть у разі проведення мінералізації поверхні ґрунту й підсівання насіння як заходів сприяння природному відновленню. Водночас створення лісових культур висіванням насіння на суцільному зрубі виявилось доволі успішним. Одержані дані свідчать про доцільність проведення рівномірно-поступових рубок за умови комбінованого відновлення. Водночас під час планування додаткових досліджень у цьому напрямі слід брати до уваги інтенсивний відпад дерев у залишеній частині ослаблених соснових насаджень у перші роки після першого прийому рівномірно-поступових рубок дуже високої інтенсивності.

К л ю ч о в і с л о в а : природне поновлення, рівномірно-поступова рубка, суцільна рубка, насінневі дерева.

Вступ. Дослідження успішності природного відновлення в різних типах лісорослинних умов і можливості його використання для створення продуктивних соснових деревостанів (*Pinus sylvestris* L.) в умовах Київського Полісся проводять упродовж багатьох десятиліть. У середині 50-х років ХХ ст. започатковано дослідження в Боярському навчально-дослідному лісгоспі щодо застосування рівномірно-поступових рубок (дво- та триприймних) у соснових насадженнях у свіжих і вологих суборах (Megalinskiy and Nakonechnyy, 1965). Досліджували ефективність різних способів сприяння природному поновленню перед першим прийомом рубки: нарізання плужних борозен, оранки з наступним боронуванням та часткового обробітку ґрунту із застосуванням дискової борони. Дослідники дійшли висновку, що у вологих суборах можливо досягнути позитивних результатів у відтворенні соснового насадження у разі обов'язкового часткового боронування площі. Водночас позитивних результатів дослідів у свіжих суборах не одержано.

У 1965–1967 рр. під керівництвом М. В. Ромашова (Romashov, 1971) закладено стаціонарні дослідні об'єкти для вивчення поступових рубок головного користування у стиглих сосняках у лісгоспах Житомирської і Сумської областей. На ділянках після першого прийому рівномірно-поступових рубок через три вегетаційні періоди густина підросту та самосіву сосни становила 25–30 тис. шт. · га⁻¹. Проте на багатьох ділянках поступові рубки не було завершено, у складі насаджень недостатньо присутні сосна та інші господарсько-цінні деревні породи.

А. М. Жежкун (Zhezhkun, 2013) досліджував поступові рубки, які було проведено протягом 2006–2012 рр. у соснових деревостанах свіжого та вологуюватого суборів Східного Полісся. Після першого прийому дослідних рівномірно-поступових і групово-поступових рубок протягом 3–5 років лише на трьох ділянках із 13 (30 %) густина життєздатного підросту сосни перевершувала норматив «Правил рубок головного користування...» (*Rules of Final Felling*, 2009), необхідний для призначення кінцевого прийому поступової рубки. Причинами недостатньої густоти підросту сосни, утвореного після першого прийому поступових рубок, були: низька інтенсивність плодоношення сосни в певні роки, екстремальні погодні умови, ураження хворобами та пошкодження комахами, розповсюдження куничника, малини та інших куців, несвоєчасність проведення доглядів за самосівом і підростом.

¹ Савущик Микола Петрович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Державне підприємство «Клавдієвська лісова науково-дослідна станція», вул. Вербна, 4, смт Клавдієво-Гарасове, 07850, Бучанський р-н, Київська обл., Україна. E-mail: savushik@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7085-5167>

О. В. Жуковський зі співавторами (Zhukovskyi *et al.*, 2021) досліджували формування соснового насадження після проведення двоприйомної рівномірно-поступової рубки у 84-річному сосняку у свіжих суборах державного підприємства (ДП) «Тетерівський лігосп». Дослідники дійшли висновку, що проведення такого заходу в сосновому насадженні в умовах свіжого субору дає змогу сформувати одновікові деревостани природного походження.

Можливість використання природного поновлення для лісовідновлення лісосік із обов'язковим проведенням заходів зі сприяння його збільшенню в суборах Полісся України підтверджено дослідженнями, проведеними в умовах Рівненської і Житомирської областей (Buzun and Pristupa, 1988; Buzun and Turko, 1996; Maurer and Koren, 2014).

У вологому дубово-сосновому суборі Західного Полісся оцінено успішність природного відновлення сосни звичайної на 5–6-річних зрубках, утворених після проведення суцільних вузьколісосічних рубок головного користування (Borodavka *et al.*, 2020). Виявлено, що проведення вузьколісосічних рубок головного користування в соснових насадженнях забезпечує надійне й ефективне відновлення сосни природним шляхом. У разі недостатньої мінералізації ґрунту необхідне проведення заходів сприяння появі сходів сосни.

Загалом, тривалі дослідження процесів природного відновлення соснових насаджень не виявили універсального підходу навіть для одного лісорослинного регіону. Пояснюється це тим, що на процес природного відновлення впливають дуже багато мінливих факторів. Внаслідок цього закономірності, визначені для лісового фонду одного підприємства, не діють для іншого. Тому важливим залишається проведення подальших систематичних досліджень.

Мета дослідження – оцінювання динаміки стану насадження й успішності різних способів відновлення соснових насаджень у разі проведення поступових і суцільних рубок в умовах свіжого дубово-соснового субору Київського Полісся.

Матеріали й методи. Об'єктом досліджень була експериментально-виробнича ділянка, яку було закладено у 2008 р. у кв. 101 Першотравневого лісництва ДП «Київська лісова науково-дослідна станція» (тепер це – лісовий фонд ДП «Клавдієвська ЛНДС»). У виділі було заплановано проведення суцільної санітарної рубки. Частина ділянки площею 3 га було використано для дослідницьких робіт. Дослід представлений двома секціями. На першій секції площею 2 га проведено суцільну рубку із залишенням насінних дерев, на другій, яка займає площу 1 га, – перший прийом рівномірно-поступової рубки. Рубку на ділянці проводили в осінньо-зимовий період 2008 р. На секції суцільної рубки навесні 2009 р. проведено обробіток ґрунту шляхом нарізання борозен плугом ПКЛ-70 та створено лісові культури сосни звичайної висіванням насіння. На час проведення облікових робіт у 2011 р. загальна кількість сосни на секції 1 становила 15 тис. шт.·га⁻¹. Стан створених культур оцінено як добрий. Ураження лісових культур збудниками хвороб і пошкодження комахами було незначним – до 5 % від загальної кількості рослин сосни.

Насадження до рубки було різновіковим, мало склад 7Сз(115)2Сз(70)1Дз. Тип умов місцезростання – свіжий субір (В₂). Таксаційна характеристика насадження: середня висота – 29 м; середній діаметр – 40 см; клас бонітету – І; відносна повнота – 0,6; запас – 330 м³·га⁻¹.

З метою сприяння лісовідновленню на секції досліду перед рубкою було відібрано 50 дерев як насінники, серед яких 34 дерева сосни старшого покоління, 13 шт. – дерева молодшого покоління, два дерева дуба звичайного (*Quercus robur* L.) й одне дерево берези повислої (*Betula pendula* Roth). Після завершення першого прийому рубки на секції в другій половині березня 2009 р. було проведено заходи зі сприяння природному відновленню шляхом нарізання борозен плугом комбінованим лісовим (ПКЛ-70) в агрегативанні з трактором МТЗ-82. Площа мінералізації ґрунту становила близько 60 % від площі лісосіки.

Зважаючи на незначну кількість підросту, у першій половині березня 2010 р. по снігу рівномірно на ділянці проведено підсівання насіння сосни 3-го класу якості, яке на час висівання мало лабораторну схожість 80 %. На секції висіяно 1,5 кг насіння сосни.

Польові матеріали збирали на основі загальноприйнятих методик (*Forest inventory sample plots*, 2007). Успішність природного відновлення оцінювали за шкалою УкрНДІЛГА (Pasternak, 1990). Для цього природне поновлення підраховували на облікових площадках радіусом 178 см (площею 10 м²), розміщених у шаховому порядку на певній відстані одна від одної. Площа облікових площадок становила близько 2 % від загальної площі секції. Підріст розподіляли за породами, висотою (групами висот), віком і життєздатністю. Підріст за життєздатністю поділяли на благонадійний, сумнівний, неблагонадійний та загиблий, а за групами висот: дрібний – 0,10–0,50 м, середній – 0,51–1,50 м, великий – 1,51 м і вище.

Результати. За даними обстеження дослідної ділянки восени 2023 р. лісові культури характеризувалися інтенсивним ростом, мали середню висоту 7,1 м і середній діаметр 7,2 см, що відповідає Іа класу бонітету. Насадження є відносно високоповнотним (середня повнота – 0,8, нерівномірні) і потребує проведення рубок догляду. Частково лісові культури постраждали внаслідок бойових дій.

Як свідчать дані, наведені на рисунку 1, за період 2008–2013 рр. відмерли третина насінних дерев сосни, тоді як дерева листяних порід вижили. За період 2013–2023 рр. всі насінні дерева сосни загинули, а дуб і береза й надалі ростуть. Першопричиною всихання є стан насадження, де закладено дослід. На ділянці, відведеній під суцільну санітарну рубку, переважали ослаблені дерева, зокрема ті, що залишені як насінні.

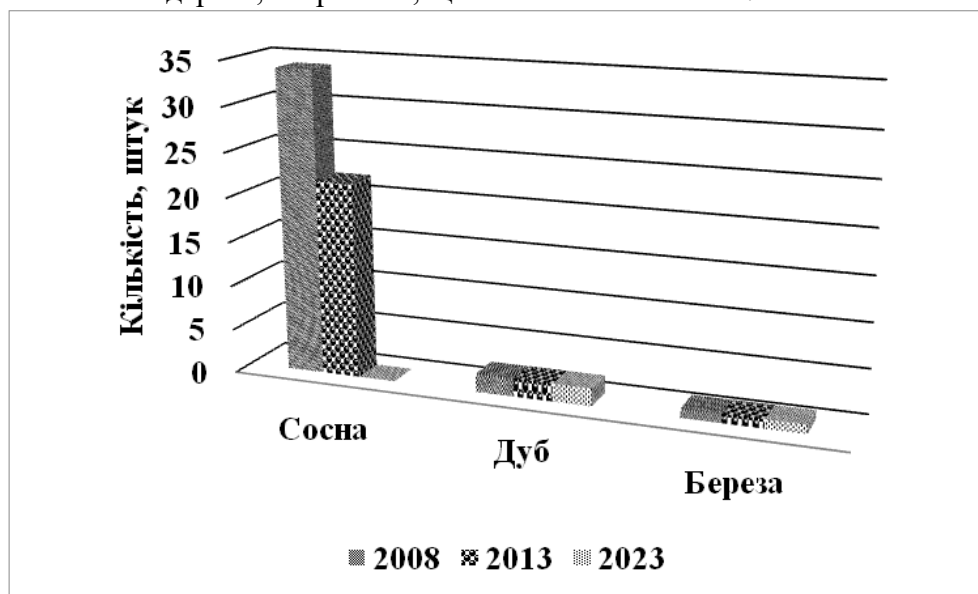


Рис. 1 – Зміни кількості насінних дерев на дослідній ділянці
Fig. 1 – Changes in the number of seed trees in the experimental plot

На секції 2, де було проведено перший прийом рівномірно-поступової рубки, на час початку робіт у 2008 р. росло 486 дерев (рис. 2). Із метою дослідження реакції дерев залишеної частини насадження на розрідження та процесу природного відновлення перший прийом рубки проведено з високою інтенсивністю зрідження (близько 70 % за запасом). До рубки було відведено дуже ослаблені, такі, що відмирають, і сухостійні дерева.

Зважаючи на суттєву зміну умов росту залишеної частини насадження та зменшення відносної повноти від 0,6 до 0,2, закономірним є те, що з часом кількість життєздатних дерев почала зменшуватися. Найбільший відпад стався впродовж перших п'яти років після рубки.

Після проведення першого прийому рівномірно-поступової рубки на секції надалі росли 129 дерев, з яких 124 дерева – сосни звичайної і п'ять дерев – дуба звичайного.

Поряд із оцінюванням впливу інтенсивності проведення поступової рубки на зміни стану залишеної частини насадження важливими є дослідження особливостей процесу лісовідновлення.

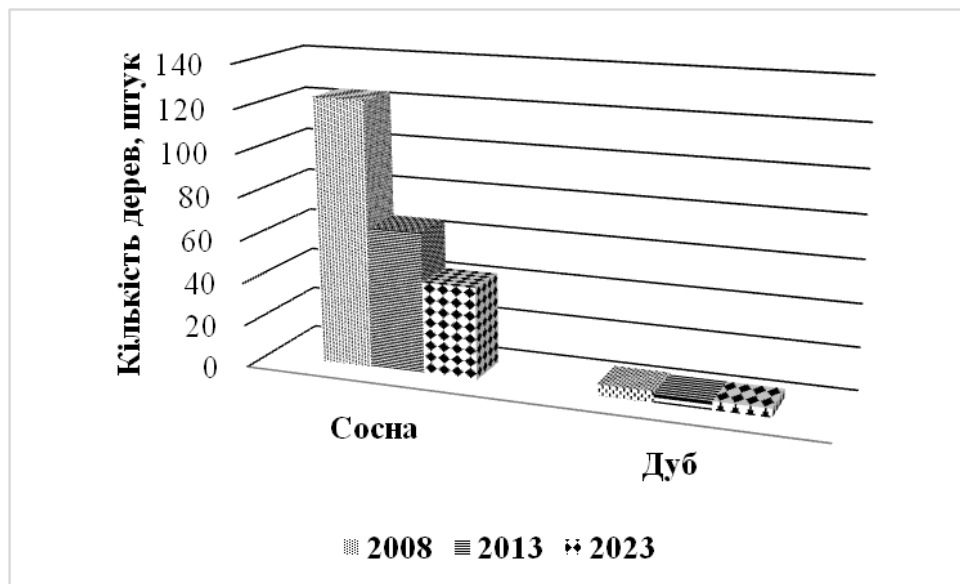


Рис. 2 – Динаміка кількості дерев на секції поступової рубки
Fig. 2 – Dynamics of the number of trees on the section of gradual felling

За даними обліку 2011 р. (рис. 3) на ділянці кількість рівномірно розміщеного самосіву сосни віком 1–2 роки становила 3,5 тис. шт. · га⁻¹. Його стан оцінено як задовільний. Облікована кількість поновлення є значно меншою, ніж за вимогами «Правил рубок головного користування» (*Rules of Final Felling*, 2009) для призначення кінцевого (другого) прийому рівномірно-поступової рубки.

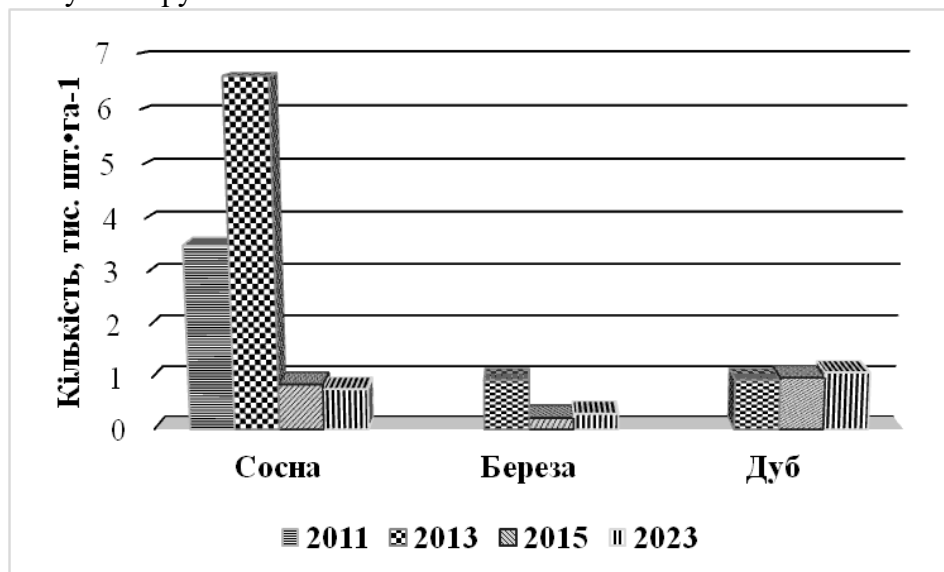


Рис. 3 – Динаміка кількості природного поновлення на секції 2
Fig. 3 – Dynamics of natural regeneration density in Section 2

Наступний облік природного поновлення провели у 2013 р., через п'ять років від часу проведення першого прийому рубки. Кількість природного поновлення сосни на ділянці становила 6,6 тис. шт. · га⁻¹. Зокрема самосів (віком 2 роки) становив 4,7 тис. шт. · га⁻¹, підріст віком 3 роки – 0,6 тис. шт. · га⁻¹, віком 4 роки – 1,3 тис. шт. · га⁻¹. Кількість поновлення берези та дуба становила по 950 шт. · га⁻¹.

Станом на 2015 р. кількість поновлення сосни на ділянці становила 870 шт. · га⁻¹, берези повислої – 220 шт. · га⁻¹, дуба звичайного – 1 020 шт. · га⁻¹. Поодинокі на ділянці наявні крушина ламка (*Frangula alnus* Mill.) і горобина звичайна (*Sorbus aucuparia* L.). Стан усіх рослин зі складу поновлення оцінено як добрий. Середня висота сосни звичайної становила 0,7 м, дуба

звичайного – 0,8 м, берези повислої – 0,6 м. Підріст характеризувався куртинним розміщенням на площі, переважно між полянами куничника (рис. 4).



Рис. 4 – Куртини підросту листяних деревних видів на секції дослідної рівномірно-поступової двоприймної рубки станом на осінь 2023 р.

Fig. 4 – Groups of the undergrowth of deciduous tree species on the section of the experimental two-stage evenly-gradual felling as of the autumn of 2023

Кількість підросту сосни була меншою за нормативну величину, зазначену в «Правилах рубок головного користування» (*Rules of Final Felling*, 2009) для призначення кінцевого прийому рівномірно-поступової рубки.

Обговорення. На секції 1, де було проведено суцільнолісосічну рубку, упродовж 15-річного періоду спостережень поступово усохли всі насінні дерева сосни звичайної незалежно від віку. Продовжують ріст дерева дуба звичайного і берези повислої.

У разі проведення рівномірно-поступових двоприймних рубок у соснових насадженнях стан і ріст залишеної частини залежить від інтенсивності проведення зрідження під час першого прийому. За дуже високої інтенсивності зрідження під час проведення першого прийому рубки в залишеній частині насадження упродовж перших років відбувається інтенсивний відпад. Так, із 129 залишених дерев усохли 59, що становить 46 % від залишеної кількості. За наступні 10 років відмерло ще 23 дерева. Водночас частка дуба у складі насадження залишилася практично незмінною впродовж усього періоду спостережень. За 15 років усохло лише одне дерево дуба звичайного.

На секції досліді, де проведено рівномірно-поступову рубку, також здійснено заходи зі сприяння природному відновленню сосни – мінералізацію поверхні ґрунту й підсівання насіння сосни. Це сприяло появі сходів сосни у перші роки після проведення рубки. Водночас, попри проведені заходи зі сприяння природному відновленню, кількість підросту була недостатньою для проведення кінцевого (другого) прийому рівномірно-поступової рубки. Дослідження, проведені у 2013 р. (через п'ять років після рубки), свідчать, що на ділянці продовжили поширюватися «острови» куничника, які були на прогалинах у насадженні до рубки. Через сім років після першого прийому рубки відбулося суттєве зменшення кількості природного поновлення сосни та збільшення частки поновлення листяних видів, особливо дуба звичайного.

Дослідження, проведені на ділянці восени 2023 р., свідчать, що за восьмирічний період від часу останніх обліків (2015 р.) суттєвих змін як за кількістю, так і в характері розміщення підросту на секції не відбулося (рис. 3, 4). Успішність природного відновлення за шкалою УкрНДЛГА характеризується як «недостатнє» (Pasternak, 1990). Сумарна кількість життєздатного підросту сосни й дуба не перевищує норматив Правил рубок головного користування (*Rules of Final Felling*, 2009) для призначення кінцевого прийому рівномірно-поступової рубки.

На тлі незначного зменшення кількості підросту сосни триває поступове збільшення підросту листяних видів. Водночас, незважаючи на невелику кількість, поновлення сосни відзначається доволі високою стійкістю. Це свідчить, що основною причиною такого явища є інтенсивний розвиток кореневої системи в підросту.

Попри недостатню кількість підросту сосни на секції рівномірно-поступової рубки, у досліді із застосуванням суцільнолісоосічної рубки створення лісових культур висіванням насіння виявилось доволі вдалим. Тому можна припустити, що проведення рівномірно-поступових рубок можливе за умови орієнтування на комбіноване відновлення сосни.

Кількість підросту господарсько цінних порід є недостатньою відповідно до вимог діючих нормативів, навіть враховуючи проведені заходи сприяння природному відновленню. Фактично це стримує впровадження поступових рубок в умовах найбільш розповсюдженого у лісовому фонді ДП «Клавдієвська ЛНДС» типу лісу – свіжого дубово-соснового субору. Виходячи з кількості підросту та особливостей його видового складу, для запровадження поступових рубок у лісах із обмеженим режимом лісокористування необхідно ввести корективи до нормативної бази, яка регламентує їхнє проведення в частині кількості життєздатного підросту та його розміщення.

Висновки. Результати тривалих досліджень на експериментально-виробничій ділянці свідчать, що в умовах свіжого дубово-соснового субору ДП «Клавдієвська ЛНДС» проведення рівномірно-поступових рубок високої інтенсивності в ослаблених соснових насадженнях не забезпечує успішне лісовідновлення за нормативами чинних «Правил рубок головного користування в лісах України» навіть у разі проведення мінералізації поверхні ґрунту й підсівання насіння як заходів сприяння природному відновленню. Водночас створення лісових культур висіванням насіння на суцільному зрубі виявилось доволі вдалим. Це свідчить, що рівномірно-поступові рубки доцільно здійснювати за умови орієнтації на наступне комбіноване відновлення сосняків. Водночас під час планування додаткових досліджень у цьому напрямі слід брати до уваги інтенсивний відпад дерев у залишеній частині ослаблених соснових насаджень у перші роки після першого прийому рівномірно-поступових рубок дуже високої інтенсивності.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Borodavka, V.O., Borodavka, O.B., Tarnopil'ska, O.M., Shevchuk, V.V. (2020) 'Peculiarities of natural regeneration of Scots pine after strip felling in wet oak-pine forest in Western Polissya', *Forestry and Forest Melioration*, 137, pp. 3–8 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.137.2020.3>
- Buzun, V.O. and Pristupa, H.K. (1988) 'Natural renewal of pine', *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 4, pp. 11–12 (in Ukrainian).
- Buzun, V.O. and Turko, V.M. (1996) 'Formation of pine and pine-oak plantations with preservation of undergrowth', *Problems of Ecology and Forest Use in the Policy of Ukraine*, 3, pp. 43–47 (in Ukrainian).
- Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006.* (2007). Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry for Agrarian Policy of Ukraine (in Ukrainian).
- Maurer, V.M. and Koren, S.A. (2014) 'The success of natural regeneration of Scots pine in the conditions of the Rivne Polyssia', *Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Forestry and Decorative Gardening*, 198, pp. 115–121 (in Ukrainian).
- Megalinskiy, P.N. and Nakonechnyy, V.S. (1965) 'The experience of gradual felling in pine stands in the Boyarka Educational and Experimental Forestry', *Forestry and Forest Melioration*, 2, pp. 52–60 (in Russian).
- Pasternak, P.S. (1990) *Reference book of forester*. Kyiv: Urozhay (in Ukrainian).

- Romashov, N.V. (1971) 'The experience of gradual felling in the Forest Steppe and Polesie of the Ukrainian SSR', *Forestry and Forest Melioration*, 24, pp. 84–88 (in Russian).
- Rules of Final Felling* (2009). Approved by the Order of the State Committee of Forest Management of Ukraine No. 364 dated 23 December 2009. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0085-10#Text> (Accessed: 30 November 2022) (in Ukrainian).
- Zhezhkun, A.M. (2013) 'Gradual felling and reforestation in pine stands of Eastern Polissia', *Forestry and Forest Melioration*, 123, pp. 55–66 (in Ukrainian).
- Zhukovskyi, O.V., Krasnov, V.P. and Melnyk, V.V. (2021) 'Formation of a pine stands after conducting a two-stage evenly-gradual felling in the forests of Kyiv Polissya', *Scientific bulletin of UNFU*, 4, pp. 9–14 (in Ukrainian).

SUCCESS OF FELLING AND REFORESTATION IN WEAKENED PINE FORESTS IN THE FRESH RELATIVELY INFERTILE PINE SITE TYPE IN KLAVDIIEVO FOREST RESEARCH STATION

Savushchyk M.P.¹

The article presents the results of the long-term research at the experimental production site established in 2008 in subcompartment 101 in Pershotravneve Forestry. A two-section experiment was performed in the uneven-aged pine plantation growing in the conditions of a fresh oak-pine forest. A continuous felling was carried out in the first section with seed trees left on site, while an evenly-gradual felling was performed on the second section. The results show that in the conditions of a fresh oak-pine forest in Klavdiievo Forest Research Station, an evenly gradual felling in weakened pine plantations does not ensure successful forest regeneration according to the standards in the forests of Ukraine, even with the previous mineralization of the soil surface and additional seed sowing to promote natural regeneration. Along with this, the creation of a forest stand by sowing on a clear-cut was quite successful. Therefore, it can be assumed that evenly-gradual felling is possible under the condition of combined regeneration. However, the issue requires additional research. When planning the study, it should be taken into account that in weakened pine plantations, with a very high intensity of the first stage of the evenly gradual felling, the trees will die intensively in the left part during the first years.

К e y w o r d s : natural renewal, evenly-gradual felling, continuous felling, seed trees.

Одержано редколегією 30.11.2023

¹ Savuschyk Mykola, Ph.D. (Agricultural Sciences), Senior Researcher; State Enterprise "Klavdiievo Forest Research Station", 4 Verbna Street, Klavdiievo-Tarasove, 07850, Buchansky district, Kyiv region, Ukraine. E-mail: savushik@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7085-5167>

**ЛІСОВІДТВОРЕННЯ, АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ,
ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ**

УДК 630.232.32:630.232.33:630.232.4:630.236.4

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.59>



**РІСТ ЛІСОВИХ КУЛЬТУР СОСНИ ТА ДУБА,
СТВОРЕНИХ РІЗНИМИ ВИДАМИ САДИВНОГО МАТЕРІАЛУ,
У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

О. Г. Василевський¹, Ю. А. Єлісавенко², П. Б. Тарнопільський³, М. Г. Румянцев^{4*}

Наведено показники росту одно- і чотирирічних лісових культур дуба звичайного (*Quercus robur* L.) і сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), створених різними видами садивного матеріалу. Дослідження проведено у лісовому фонді філій «Вінницьке ЛГ» (Вінницька область) та «Славутське ЛГ» (Хмельницька область) державного спеціалізованого господарського підприємства «Ліси України» (Подільський лісовий офіс). Виявлено, що одно- і чотирирічні лісові культури дуба звичайного і сосни звичайної, створені сіянцями із закритою кореневою системою, характеризувалися вищими висотою (на 6–18 %), приростом за висотою (на 7–34 %) та діаметром кореневої шийки (на 21–39 %), а також приживлюваністю (85–93 % проти 71 % для однорічних культур дуба та 93 % проти 86 % для однорічних культур сосни), порівнюючи з культурами, створеними сіянцями із відкритою кореневою системою. Результати досліджень доцільно використати під час розроблення рекомендацій щодо удосконалення технології створення лісових культур в умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: сіянці із закритою кореневою системою, сіянці із відкритою кореневою системою, приживлюваність, лісовідновлення.

Вступ. Лісові культури – це лісові насадження, створені висаджуванням сіянців, саджанців, живців дерев і чагарників чи висіванням їхнього насіння (*Forest plantations. Terms and definitions*, 1995). Визначення оптимального для умов певної ділянки методу створення лісових культур (садінням сіянців, саджанців, живців чи висіванням насіння) та виду садивного матеріалу (сіянці із закритою (ЗКС) чи відкритою (ВКС) кореневою системою) значною мірою визначає успішність штучного лісовідновлення.

Серед українських і закордонних дослідників донині немає єдиної думки щодо переваг того чи іншого методу створення лісових культур з участю головних лісоутворювальних порід і виду садивного матеріалу. Зокрема, у разі створення лісових культур дуба звичайного одні дослідники віддають перевагу висіванню жолудів (Zadworny *et al.*, 2014; Ostapchuk *et al.*, 2018; Löf *et al.*, 2019), а інші – садінню сіянців (Bondar and Hordiienko, 2006; Dey *et al.*, 2007; Tarnopilskyi *et al.*, 2019). Під час створення лісових культур актуальним питанням залишається також вид садивного матеріалу та його вік – сіянці із ВКС, ЗКС чи саджанці (Andreeva *et al.*, 2016; Danylenko *et al.*, 2021).

Результати деяких досліджень свідчать, що лісові культури, створені садивним матеріалом із ЗКС, відзначаються інтенсивнішим ростом у перші роки та вищими показниками приживлюваності, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із ВКС.

¹ Василевський Олег Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, державне підприємство «Вінницька лісова науково-дослідна станція», вул. Праведників світу, 39, Вінниця, 21000, Україна. E-mail: vasog2017@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6818-1942>

² Єлісавенко Юрій Анатолійович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, державне підприємство «Вінницька лісова науково-дослідна станція», вул. Праведників світу, 39, Вінниця, 21000, Україна. E-mail: yelis2009@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2351-3004>

³ Тарнопільський Петро Богданович, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: tarnopilsky@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8547-4843>

⁴ Румянцев Максим Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: maxrum-89@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

* Адреса для кореспонденції: maxrum-89@ukr.net

Зокрема, позитивним виявився досвід створення лісових культур дуба звичайного садивним матеріалом із ЗКС у державному підприємстві (ДП) «Тростянецьке лісове господарство (ЛГ)» Сумської області (Товстуха *et al.*, 2017); дуба звичайного і сосни звичайної у ДП «Харківська ЛНДС» (Тарнопільські *et al.*, 2016; Даниленко *et al.*, 2021), ДП «Вовчанське ЛГ» та ДП «Чугуєво-Бабчанське ЛГ» (Lialin, 2008; 2014) Харківської області; сосни звичайної в ДП «Житомирське ЛГ» Житомирської області (Andreeva *et al.*, 2016), а також дуба звичайного в ДП «Смілянське ЛГ» Черкаської області (Yavorovskiy and Segeda, 2016).

Штучні деревостани регіону дослідження (Вінницька і Хмельницька області) різняться між собою технологією створення та вирощування. Виявлено, що дослідження в регіоні особливостей росту лісових культур головних лісоутворювальних порід, створених сіянцями із ЗКС і ВКС, не проводили. Це й зумовило актуальність проведених досліджень.

Мета досліджень – порівняти показники росту й приживлюваність лісових культур дуба звичайного та сосни звичайної віком один і чотири роки, створених садінням однорічних сіянців із закритою та відкритою кореневою системою в Правобережному Лісостепу України.

Матеріали й методи. Обліки показників росту (висоти, приросту за висотою та діаметра кореневої шийки) дуба звичайного та сосни звичайної в одно- й чотирирічних лісових культурах, створених різними видами садивного матеріалу, та визначення показників приживлюваності досліджуваних культур проведено у філіях «Вінницьке ЛГ» (Вінницька область) та «Славутське ЛГ» (Хмельницька область) державного спеціалізованого господарського підприємства «Ліси України» (Подільський лісовий офіс) у вересні 2023 р. Садіння культур проведено на зрубках, утворених після проведення суцільних вузьколісосічних рубок головного користування.

У філії «Вінницьке ЛГ» (Медвідське лісництво) проведено обстеження та обміри на трьох ділянках однорічних лісових культур дуба звичайного та двох – сосни звичайної. Лісові культури дуба звичайного створено садінням однорічних сіянців із ЗКС, вирощених у пінополістирольних касетних контейнерах (з об'ємом комірки 530 см³) (квартал 99, виділ 12, площа – 0,9 га) – варіант «ЗКС-1», у пластикових касетних контейнерах (з об'ємом комірки 265 см³) (квартал 111, виділ 3, площа – 1,7 га) – варіант «ЗКС-2» та садінням однорічних сіянців із ВКС, вирощених у теплиці з поливом (квартал 113, виділ 8.1, площа – 1,5 га) – варіант «ВКС».

Лісові культури сосни звичайної створено садінням однорічних сіянців із ЗКС, вирощених у пластикових касетних контейнерах (з об'ємом комірки 120 см³) (квартал 113, виділ 8.1, площа – 1,5 га) – варіант «ЗКС», та садінням сіянців із ВКС, вирощених у теплиці з поливом (квартал 111, виділ 3, площа – 1,7 га) – варіант «ВКС».

Садіння культур сосни й дуба проведено восени 2022 р. Сіянці сосни із ЗКС висаджували на лісокультурну площу під лісосадильну трубу з розміщенням садивних місць 3,0 × 0,8 м (початкова густина – 4 167 шт.·га⁻¹), а сіянці дуба – за схемою 3,0 × 1,0 м (початкова густина – 3 333 шт.·га⁻¹), тоді як сіянці із ВКС – під меч Колесова з розміщенням садивних місць 3,0 × 0,7 м (початкова густина – 4 762 шт.·га⁻¹). Схема змішування на ділянках сосни – 5р.Сз 2р.Дз, дуба – 5р.Дз 2р.Сз. Тип лісу для всіх ділянок – свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (С₂-гдС).

У філії «Славутське ЛГ» (Хоровицьке лісництво, квартал 50, виділ 6) проведено обстеження та обміри на двох ділянках лісових культур сосни звичайної віком чотири роки, створених садінням однорічних сіянців із ЗКС (варіант «ЗКС»), вирощених у пластикових касетних контейнерах (з об'ємом комірки 120 см³), та садінням однорічних сіянців із ВКС (варіант «ВКС»), вирощених в умовах відкритого ґрунту (в дерев'яних коробках). Лісокультурну площу було поділено на дві ділянки по 0,9 га, на одній створено культури сіянцями сосни із ЗКС, а на іншій – сіянцями із ВКС.

Садіння культур проведено восени 2019 р. Сіянці сосни із ЗКС висаджували на лісокультурну площу під лісосадильну трубу з розміщенням садивних місць 2,5 × 1,0 м

(початкова густина – 4 000 шт.·га⁻¹), із ВКС – під меч Колесова із розміщенням садивних місць 2,5 × 0,8 м (початкова густина – 5 000 шт.·га⁻¹). Схема змішування на обох ділянках – 8р.Сз 2р.Дз. Тип лісу – вологий дубово-сосновий суббір (Вз-дС).

Також у філії «Славутське ЛГ», у Голицькому лісництві, проведено обстеження та обміри на двох ділянках лісових культур сосни звичайної віком чотири роки, створених садінням однорічних сіянців із ЗКС, вирощених у пластикових касетних контейнерах (з об'ємом комірки 120 см³), (квартал 31, виділ 2.2, площа – 0,6 га) – варіант «ЗКС», та садінням однорічних сіянців із ВКС, вирощених в умовах відкритого ґрунту (в дерев'яних коробах) (квартал 62, виділ 2.2, площа – 0,9 га) – варіант «ВКС». Тип лісу – свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (С₂-гдС).

Садіння культур проведено восени 2019 р. Сіянці сосни із ЗКС висаджували на лісокультурну площу під лісосадильну трубу з розміщенням садивних місць 2,5 × 0,8 м (початкова густина – 5 000 шт.·га⁻¹), із ВКС – під меч Колесова з розміщенням садивних місць 2,5 × 0,7 м (початкова густина – 5 714 шт.·га⁻¹). Схеми змішування сіянців у лісових культурах – 10Сз (варіант «ЗКС») та 5р.Сз 2р.Мде (варіант «ВКС»).

На всіх ділянках у філіях «Вінницьке ЛГ» та «Славутське ЛГ» перед садінням проведено частковий обробіток ґрунту – нарізання смуг за допомогою плуга комбінованого лісового (ПКЛ-70) на базі трактора МТЗ-82. Упродовж першого року вирощування культур у філії «Вінницьке ЛГ» проводили триразовий ручний догляд. Упродовж чотирьох років вирощування культур у філії «Славутське ЛГ» було проведено триразовий механізований догляд (по одному догляду на другий, третій і четвертий роки) та десятиразовий ручний догляд (по три догляди на перший і другий та по два догляди на третій і четвертий роки вирощування). Механізований догляд полягав у зрізуванні парості другорядних деревних порід і чагарників мульчувачем лісовим (МЛ-1,5) на базі трактора МТЗ-82 по обидва боки рядів завширшки 1,5 м. Ручний догляд полягав у прополюванні рядів сапкою з видаленням небажаної трав'яної рослинності.

Приживлюваність культур у перший рік їхнього росту розраховували як відношення кількості життєздатних рослин на момент їхнього обліку (вересень 2023 р.) до початкової кількості висаджених рослин, виражене у відсотках. Висоту рослин вимірювали металевією рулеткою, а діаметр кореневої шийки – електронним штангенциркулем. На кожній ділянці лісових культур проведено обміри показників росту (висоти, приросту за висотою та діаметра кореневої шийки) не менше ніж 100 екземплярів головної породи з 5–6 суміжних рядів.

Одержані дані обробляли методами математичної статистики за допомогою пакету програм MS Excel. Рівні мінливості показників оцінювали за шкалою С. О. Мамаєва (Мамаєв, 1972). Відповідно до неї виділяють такі рівні мінливості: дуже низький (CV < 7 %), низький (CV = 8–12 %), середній (CV = 13–20 %), підвищений (CV = 21–30 %), високий (CV = 31–40 %), дуже високий (CV > 40 %).

Результати. *Однорічні лісові культури дуба звичайного, створені садивним матеріалом із ЗКС і ВКС (ТЛУ С₂).* Результати досліджень свідчать, що значення висоти, приросту за висотою і діаметра дуба були найбільшими у варіанті «ЗКС-1» і становили 34,4 ± 1,55 см, 16,3 ± 1,04 см та 5,4 ± 0,24 мм відповідно. Показники у варіанті «ЗКС-2» були меншими на 1, 18 і 2 %, а у варіанті «ВКС» – на 13, 34 і 39 % відповідно (табл. 1).

Статистично достовірної різниці між середніми показниками росту дуба у варіантах «ЗКС-1» та «ЗКС-2» не виявлено ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 0,10$ за висотою, $t_{\text{факт.}} = 0,35$ за діаметром кореневої шийки та $t_{\text{факт.}} = 0,48$ за приростом у висоту). У варіантах «ЗКС-1» і «ВКС» статистично достовірною різницею між середніми існує за всіма показниками ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 2,56, 5,41$ та $7,83$ за висотою, приростом за висотою та діаметром кореневої шийки відповідно). Достовірно на 5 % рівні значущості різняться й середні поміж варіантами «ЗКС-2» і «ВКС» ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 2,87; 4,60$ та $10,00$) – висота, приріст за висотою та діаметр кореневої шийки.

Таблиця 1

Показники приживлюваності та росту однорічних лісових культур дуба звичайного, створених різними видами садивного матеріалу (ТЛУ – С₂, Медвідське лісництво)

Table 1

Survival and growth indicators of one-year-old forest plantations of English oak, planted with different types of planting material (forest site type – С₂, Medvidske forestry)

Дослідний варіант Experimental treatment	Статистичний показник Statistical indicator	Висота, см Height, cm	Приріст за висотою, см Height increment, cm	Діаметр, мм Diameter, mm	Приживлюваність, % Survival rate, %
«ЗКС-1»	Мінімальне значення	20,0	2,0	3,2	85
	Максимальне значення	51,0	27,0	8,0	
	Середнє значення	34,4	16,3	5,4	
	Стандартна похибка	1,55	1,04	0,24	
	Коефіцієнт варіації, %	30	43	30	
«ЗКС-2»	Мінімальне значення	13,0	7,0	2,0	93
	Максимальне значення	57,0	27,0	7,6	
	Середнє значення	34,2	13,7	5,3	
	Стандартна похибка	1,26	0,53	0,16	
	Коефіцієнт варіації, %	33	35	26	
«ВКС»	Мінімальне значення	19,0	5,0	1,0	71
	Максимальне значення	40,0	16,0	5,6	
	Середнє значення	30,0	10,7	3,3	
	Стандартна похибка	0,74	0,38	0,12	
	Коефіцієнт варіації, %	19	28	30	

Коефіцієнти варіації за висотою становлять від 19 до 33 %, за приростом за висотою – від 28 до 43 %, за діаметром кореневої шийки – від 26 до 30 %. Середня мінливість наявна лише у вибірці за висотою у варіанті «ВКС» – до 20 %. В інших варіантах – висоти, приросту за висотою та діаметра кореневої шийки – коефіцієнти варіації становлять у межах 28–48 %, що свідчить про підвищену, високу й дуже високу їхню мінливість.

Приживлюваність однорічних лісових культур дуба, створених сіянцями із ЗКС, була вищою (85 і 93 %), як порівняти з культурами, створеними сіянцями із ВКС (71 %).

Однорічні лісові культури сосни звичайної, створені садивним матеріалом із ЗКС і ВКС (ТЛУ С₂). Результати досліджень свідчать, що значення висоти, приросту за висотою та діаметра сосни були більшими у варіанті «ЗКС» і становили $22,1 \pm 0,51$ см, $9,2 \pm 0,39$ см та $5,3 \pm 0,19$ мм відповідно. У варіанті «ВКС» значення були меншими на 18, 17 і 26 % відповідно (табл. 2).

Між середніми у варіантів «ЗКС» і «ВКС» за висотою, приростом за висотою та діаметром кореневої шийки різниця є достовірною ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 5,18$; 2,39 та 5,78). Загалом у варіантах відзначено підвищену, високу й дуже високу мінливість за показниками росту, за винятком висоти у варіанті «ЗКС», де мінливість є середньою.

Приживлюваність однорічних культур сосни, створених сіянцями із ЗКС, також була вищою (93 %), ніж у культурах, створених сіянцями із ВКС (86 %).

Чотирирічні лісові культури сосни звичайної, створені садивним матеріалом із ЗКС і ВКС, в Хоровицькому лісництві (ТЛУ В₃). Результати досліджень свідчать, що висота та приріст за висотою сосни були більшими у варіанті «ЗКС» і становили $122,3 \pm 4,17$ см та $34,8 \pm 1,63$ см відповідно. У варіанті «ВКС» значення були меншими на 6 і 7 % відповідно. Натомість значення діаметра кореневої шийки було на 7 % більшим у варіанті «ВКС», порівнюючи з варіантом «ЗКС» (табл. 3).

Достовірна різниця між середніми у варіантах «ЗКС» і «ВКС» за висотою, приростом за висотою та діаметром кореневої шийки відсутня ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 1,20$; 1,23, та 1,49 відповідно).

Загалом у варіантах виявлено підвищену та високу мінливість за показниками росту за винятком діаметра у варіанті «ВКС», де мінливість є середньою.

Таблиця 2

Показники приживлюваності та росту однорічних лісових культур сосни звичайної, створених різними видами садивного матеріалу (ТЛУ С₂, Медвідське лісництво)

Table 2

Survival and growth indicators of one-year-old forest plantations of Scots pine, planted by different types of planting material (forest site type – C₂, Medvidske forestry)

Дослідний варіант Experimental treatment	Статистичний показник Statistical indicator	Висота, см Height, cm	Приріст за висотою, см Height increment, cm	Діаметр, мм Diameter, mm	Приживлюваність, % Survival rate, %
«ЗКС»	Мінімальне значення	16,0	5,0	2,2	93
	Максимальне значення	34,0	19,0	8,7	
	Середнє значення	22,1	9,2	5,3	
	Стандартна похибка	0,51	0,39	0,19	
	Коефіцієнт варіації, %	20	36	31	
«ВКС»	Мінімальне значення	12,0	4,0	1,8	86
	Максимальне значення	31,0	17,0	7,0	
	Середнє значення	18,4	7,9	4,0	
	Стандартна похибка	0,50	0,38	0,12	
	Коефіцієнт варіації, %	25	45	27	

Таблиця 3

Показники росту чотирирічних лісових культур сосни звичайної, створених різними видами садивного матеріалу (ТЛУ В₃, Хоровицьке лісництво)

Table 3

Growth characteristics of four-year-old forest plantations of Scots pine, planted with different types of planting material (forest site type – В₃, Khorovyske forestry)

Дослідний варіант Experimental treatment	Статистичний показник Statistical indicators	Висота, см Height, cm	Приріст за висотою, см Height increment, cm	Діаметр, мм Diameter, mm
«ЗКС»	Мінімальне значення	62	19	12
	Максимальне значення	187	57	41
	Середнє значення	122,3	34,8	23,9
	Стандартна похибка	4,17	1,63	1,11
	Коефіцієнт варіації, %	25	34	34
«ВКС»	Мінімальне значення	79	20	18
	Максимальне значення	224	57	34
	Середнє значення	115,6	32,4	25,7
	Стандартна похибка	3,69	1,07	0,48
	Коефіцієнт варіації, %	25	26	15

У чотирирічному віці збережуваність не визначали, але відзначимо, що приживлюваність трирічних культур сосни, створених сіянцями із ЗКС, становила 90 %, а сіянцями із ВКС – 86 %, що відповідає нормативній приживлюваності для Хмельницької області згідно з додатком 23 до «Інструкції з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів» (State Committee of Forest Management of Ukraine, 2010).

Крім того, упродовж перших двох років вирощування проводили доповнення культур, створених сіянцями із ВКС, в обсязі 20 % (по 10 % кожного року). Відпад сосни в культурах, створених сіянцями із ЗКС, упродовж перших трьох років був незначним (до 5 %) і рівномірним на площі. Тому в цих культурах доповнення не було потрібним.

Чотирирічні лісові культури сосни звичайної, створені садивним матеріалом із ЗКС і ВКС, в Голицькому лісництві (ТЛУ С₂). Загальний вигляд культур сосни подано на рисунку 1.

Результати проведених досліджень свідчать, що значення висоти, приросту за висотою та діаметра кореневої шийки сосни звичайної були більшими в культурах, створених садінням сіянців із ЗКС і становили $128,5 \pm 5,52$ см, $40,5 \pm 1,45$ см і $32,2 \pm 1,62$ мм відповідно. У культурах, створених садінням сіянців із ВКС, значення були меншими на 11, 21 і 21 % відповідно (табл. 4).



Рис. 1 – Загальний вигляд лісових культур сосни звичайної віком 4 роки, створених садінням сіянців із ЗКС (а) та ВКС (б) у Голицькому лісництві філії «Славутське ЛГ»

Fig. 1 – The 4-year-old Scots pine forest plantations planted with planting containerized (a) and bareroot (b) seedlings in the Holytske forestry in the Slavutske Forestry

Таблиця 4

Показники росту чотирирічних лісових культур сосни звичайної, створених різними видами садивного матеріалу (ТЛУ С₂, Голицьке лісництво)

Table 4

Growth characteristics of four-year-old forest plantations of Scots pine, planted with different types of planting material (Forest site type – С₂, Holytske forestry)

Дослідний варіант Experimental treatment	Статистичний показник Statistical indicator	Висота, см Height, cm	Приріст за висотою, см Height increment, cm	Діаметр, мм Diameter, mm
«ЗКС»	Мінімальне значення	77	31	23
	Максимальне значення	182	52	46
	Середнє значення	128,5	40,5	32,2
	Стандартна похибка	5,52	1,43	1,62
	Коефіцієнт варіації, %	21	17	25
«ВКС»	Мінімальне значення	77	19	17
	Максимальне значення	224	57	34
	Середнє значення	114,3	32,0	25,4
	Стандартна похибка	3,67	1,07	0,49
	Коефіцієнт варіації, %	25	26	15

Статистично достовірною різницею між середніми у варіантах «ЗКС» і «ВКС» існує за висотою, приростом за висотою та діаметром кореневої шийки ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 2,14$; $4,75$ та $4,02$ відповідно).

Загалом у варіантах виявлено середню та підвищену мінливість за показниками росту.

Приживлюваність трирічних культур сосни, створених сіянцями із ЗКС, становила 91 %, а сіянцями із ВКС – 85 %, що відповідає нормативній приживлюваності для Хмельницької області (State Committee of Forest Management of Ukraine, 2010).

Крім того, упродовж перших двох років вирощування як у Хоровицькому, так і в Голицькому лісництвах проводили доповнення культур, створених сіянцями із ВКС, в обсязі 20 % (по 10 % кожного року). Відпад сосни в культурах, створених сіянцями із ЗКС, упродовж перших трьох років був незначним (до 5 %) і рівномірним по площі. Тому ці культури доповнення не потребували.

За результатами порівняння показників росту соснових культур, створених сіянцями із ЗКС, в умовах вологого дубово-соснового субору та свіжого грабово-дубово-соснового сугруду в Хоровицькому та Голицькому лісництвах відзначено статистично достовірну різницю на 5 % рівні значущості за діаметром і приростом у висоту ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 4,23$ та $2,63$ відповідно) і недостовірну різницю за висотою ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 0,90$). Припускаємо, що це може бути пов'язане з більшою площею живлення рослин завдяки меншій початковій густоті та кращою їх вологозабезпеченістю.

Між показниками росту соснових культур, створених сіянцями із ВКС, в умовах вологого дубово-соснового субору та свіжого грабово-дубово-соснового сугруду у Хоровицькому та Голицькому лісництвах різниця між середніми значеннями на 5 % рівні значущості відсутня ($t_{0,05} = 1,98$; $t_{\text{факт.}} = 0,25$; $0,26$ та $0,44$). Відповідно, у нашому випадку в багатших та вологіших умовах лісові культури, створені сіянцями із ЗКС, ростуть інтенсивніше, ніж лісові культури, створені сіянцями із ВКС.

Обговорення. Нині одним зі шляхів покращення лісокультурного виробництва є використання садивного матеріалу лісових порід із ЗКС. Як порівняти з використанням сіянців із ВКС, створення культур із використанням сіянців із ЗКС має низку переваг, зокрема: зменшується травмування рослин під час транспортування й садіння на лісокультурній площі; суттєво подовжується період створення культур; немає потреби в доповненні таких культур завдяки високій приживлюваності (на рівні 95–100 %) та успішній конкуренції із небажаною трав'яною та чагарниковою рослинністю в перші роки після садіння (Danylenko *et al.*, 2023). Проте, незважаючи на доволі тривалий час вирощування садивного матеріалу із ЗКС у різних регіонах, зазначені вище переваги не завжди виявляються, що зумовлене значною мірою особливостями технології вирощування садивного матеріалу (Andreeva *et al.*, 2016).

У філії «Вінницьке ЛГ» за результатами проведених досліджень було виявлено, що дуб в однорічних лісових культурах, створених сіянцями із ЗКС, вирощеними в пінополістирольних і пластикових касетних контейнерах, характеризувався вищими показниками росту (висотою, приростом за висотою і діаметром кореневої шийки) та приживлюваністю, порівнюючи з культурами, створеними сіянцями із ВКС. Суттєво вищим значенням показника приросту за висотою (на 18 %) та несуттєво вищими (лише на 1 %) значеннями висоти і діаметра кореневої шийки характеризується дуб у культурах, створених сіянцями із ЗКС, вирощеними в пінополістирольних касетних контейнерах, порівнюючи з пластиковими. Це можна пояснити дещо більшим об'ємом комірок у пінополістирольних касетних контейнерах, за якого сіянці могли мати дещо вищі біометричними показниками. Це могло вплинути на їхній ріст надалі.

Загалом українськими дослідниками проведено низку досліджень щодо особливостей росту штучних дубових молодняків, створених різними видами садивного матеріалу, зокрема сіянцями із ЗКС і ВКС. П. П. Яворовським та Ю. Ю. Сегедою (Yavorovskiy and Segeda, 2016) встановлено переважання за висотою й діаметром дуба звичайного із ЗКС над ВКС у лісових культурах віком 7 років на Черкащині. Ця різниця становила 23 і 20 % відповідно. Подібні

результати отримано О. М. Даниленком та ін. (Danylenko *et al.*, 2022) під час досліджень особливостей росту та розвитку культур дуба в ДП «Харківська ЛНДС». Їхні результати свідчать, що дуб у лісових культурах, створених сіянцями із ЗКС, у віці 11 років характеризувався вищими таксаційними показниками (середні висота та діаметр) і кращим санітарним станом, порівнюючи з культурами, створеними сіянцями із ВКС. Різниця за висотою, залежно від схеми розміщення садивних місць, становила 2–33 %, а за діаметром – 10–38 %. Дослідниками також визначено оптимальну схему створення лісових культур дуба звичайного сіянцями із ЗКС у південно-східній частині Лівобережного Лісостепу – $4,0 \times 1,0$ м (початкова густина культур – $2,5$ тис. шт.·га⁻¹). О. І. Лялін (Lialin, 2014) також довів переважання дуба із ЗКС за ростом в 1–4-річних культурах на Харківщині, порівнюючи із ВКС. Так, різниця за діаметром кореневої шийки становила від 7 до 19 %, за висотою – від 30 до 42 % та приростом за висотою – від 33 до 43 %. Натомість О. В. Товстуха зі співавторами (Tovstukha *et al.*, 2017), досліджуючи ріст дуба звичайного у лісових культурах, створених сіянцями із ЗКС і ВКС, а також висіванням жолудів, не виявили суттєвої різниці за висотою між варіантами. На трьох ділянках лісові культури в п'ятирічному віці було переведено у вкриті лісовою рослинністю землі за 1 класом якості. Водночас ними було відзначено вищу збережуваність (76–87 %) дуба із ЗКС порівняно із ВКС (56–70 %) в умовах Сумщини.

Результати проведених нами досліджень також свідчать про вищі показники росту сосни у лісових культурах віком один і чотири роки, створених сіянцями із ЗКС, порівнюючи з культурами, створеними сіянцями із ВКС. Також однорічні лісові культури сосни у Вінницькій області, створені сіянцями із ЗКС, характеризувалися вищою приживлюваністю. Подібні результати було отримано О. Ю. Андреевою зі співавторами (Andreeva *et al.*, 2016) у культурах, створених сіянцями сосни звичайної із ЗКС і ВКС, у перші чотири роки вирощування в умовах ДП «Житомирське ЛГ». Дослідниками виявлено суттєві переваги за ростом екземплярів сосни із ЗКС. Такі ж результати було отримано також О. М. Даниленком зі співавторами (Danylenko *et al.*, 2021) для 1–5-річних соснових культур у ДП «Харківська ЛНДС» та О. І. Ляліним (Lialin, 2008) для 1–4-річних соснових культур у ДП «Чугуєво-Бабчанське ЛГ» і ДП «Вовчанське ЛГ» Харківської області.

Водночас деякі питання технології вирощування штучних насаджень садивним матеріалом із ЗКС ще не були уточнені, зокрема щодо визначення оптимальної початкової густоти культур. Презентовані результати можуть стати основою для розроблення подібних рекомендацій. Зокрема виявлено, що в разі використання для лісовідновлення садивного матеріалу із ЗКС початкову густоту створюваних лісових культур можна зменшити для сосни звичайної на Вінниччині до $4\ 167$ шт.·га⁻¹ в ТЛУ С₂, $4\ 000$ шт.·га⁻¹ – в ТЛУ В₃ та для дуба звичайного на Хмельниччині – до $3\ 333$ шт.·га⁻¹ в ТЛУ С₂. Початкову густоту таких культур в досліді було зменшено відповідно на 12 %, 20 % та 30%, порівнюючи з культурами, створеними сіянцями з ВКС.

Таким чином, використання садивного матеріалу дуба звичайного та сосни звичайної із ЗКС, як порівняти з використанням садивного матеріалу з ВКС, із лісівничого погляду є доволі перспективним завдяки вищим показникам приживлюваності рослин: 85–93 % для культур дуба та 93 % для культур сосни проти 71 % для культур дуба і 86 % для культур сосни з використанням садивного матеріалу з ВКС. Завдяки високій приживлюваності та кращій енергії росту сіянців із ЗКС можливо зменшити початкову густоту культур.

Отримані результати сприятимуть удосконаленню технології створення лісових культур головних лісоутворювальних порід із використанням садивного матеріалу із ЗКС для умов Правобережного Лісостепу України.

Висновки. Однорічні культури дуба звичайного та сосни звичайної, створені сіянцями із закритою кореневою системою, порівнюючи з культурами, створеними сіянцями із відкритою кореневою системою, характеризувалися вищими висотою (на 13 і 18 % відповідно), приростом за висотою (на 34 і 17 %) та діаметром кореневої шийки (на 39 і 26 %), а також

вищою приживлюваністю (85–93 % проти 71 % для культур дуба та 93 % проти 86 % для культур сосни). У чотирирічному віці різниця за показниками росту поступово зменшується: за висотою – до 6–11 %, за приростом у висоту – до 7–21 %, діаметром кореневої шийки – до 21 %.

Інтенсивніший ріст сіянців із закритою кореневою системою та висока приживлюваність культур, створених сіянцями із закритою кореневою системою, зумовлюють можливість зменшення початкової густоти на 12–30 %. Отже, використання садивного матеріалу із закритою кореневою системою з лісівничого погляду є доволі ефективним.

Результати досліджень доцільно використати під час розроблення рекомендацій щодо удосконалення технології створення лісових культур в умовах Правобережного Лісостепу України.

Подяки. Автори вдячні працівниками ДП «Вінницька ЛНДС» УкрНДІЛГА, а також працівникам Медвідського лісництва філії «Вінницьке ЛГ» і працівникам філії «Славутське ЛГ» Подільського лісового офісу ДП «Ліси України» за допомогу в проведенні польових досліджень.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання теми досліджень УкрНДІЛГА (тема № 11 – «Дослідити ріст і розвиток лісових культур, створених садивним матеріалом із закритою кореневою системою, та розробити рекомендації щодо удосконалення технології їх створення», № держреєстрації 0120U101897), замовником якої є Державне агентство лісових ресурсів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Andreeva, O.Yu., Huzii, A.I. and Karchevskiy, R.A. (2016) 'Some parameters of pine growth in plantations created with potted planting material', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(3), pp. 9–14 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40260301>
- Bondar, A.O. and Hordiienko, M.I. (2006) *Formation of forest stands in oak forests in Podillia*. Kyiv: Urozhai (in Ukrainian).
- Danylenko, O.M., Rumiantsev, M.H., Tarnopil'skiy, P.B., Mostepaniuk, A.A. and Yushchik, V.S. (2022) 'Features of growth and condition of English oak stands of various densities in Kharkiv Forest Research Station', *Forestry and Forest Melioration*, 140, pp. 49–56 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.140.2022.49>
- Danylenko, O.M., Rumiantsev, M.H., Tarnopil'skiy, P.B., Yushchik, V.S. and Mostepaniuk, A.A. (2023). 'Features of the growth of planted young oak stands established with containerized seedlings in Kharkiv Forest Research Station', *Forestry and Forest Melioration*, 142, pp. 79–88 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.142.2023.79>
- Danylenko, O.M., Yushchik, V.S., Rumiantsev, M.H. and Mostepaniuk, A.A. (2021) 'Features of the growth and condition of pine plantations created by different planting material in the South-eastern Forest-steppe of Ukraine', *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(1), pp. 26–29 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310104>
- Dey, D.C., Jacobs, D., McNabb, K., Miller, G., Baldwin, V. and Foster, G. (2007) 'Artificial regeneration of major oaks (*Quercus*) species in the Eastern United States. A review of the literature'. *Forest Science*, 54, pp. 77–106.
- Forest plantations. Terms and definitions. State standard of Ukraine 2980-95* (1995). Kyiv: State Standard of Ukraine (in Ukrainian).
- Lialin, O.I. (2008) 'Condition and growth of pine plantations created with containerized planting material', *Forestry and Forest Melioration*, 113, pp. 93–100 (in Ukrainian).
- Lialin, O.I. (2014) 'Growth of oak saplings in forest plantations established by ball-rooted seedlings', *Scientific Bulletin of UNFU*, 24(5), pp. 26–31 (in Ukrainian).
- Löf, M., Castro, J., Engman, M., Leverkus, A.B., Madsen, P., Reque, J.A., Villalobos, A. and Gardiner, E.S. (2019) 'Tamm review: direct seeding to restore oak (*Quercus* spp.) forests and woodlands'. *Forest Ecology and Management*, 448, pp. 474–489. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.06.032>
- Lukyanets, V., Rumiantsev, M., Kobets, O., Tarnopil'ska, O., Musienko, S., Obolonyk, I., Bondarenko, V. and Tarnopil'skiy, P. (2022) 'Biometric characteristics and health state of English oak (*Quercus robur* L.) stands established using various stock types', *Agriculture and Forestry*, 68(3), pp. 119–132. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.68.3.10>
- Lukyanets, V.A., Rumiantsev, M.H., Musienko, S.I., Tarnopil'ska, O.M., Kobets, O.V., Bondarenko, V.V., Yushchik, V.S. (2023) 'Experience of artificial reforestation of oak stands using different methods and types of planting stock in the South-Eastern Forest-Steppe of Ukraine', *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(1), pp. 7–13 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40330101>

- Mamaev, S.A. (1972) *Forms of intraspecific variability of tree species*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Ostapchuk, O.S., Kuzovich, V.S. and Sovakov, O.V. (2018) 'Influence of the method of oak (*Quercus robur* L.) stands formation on their productivity under the conditions of hornbeam-oak forest in the forest-steppe zone of Right-Bank Ukraine'. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(2), pp. 59–63 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40280210>
- State Committee of Forest Management of Ukraine (2010) *About approval of the Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects*. Approved by the Order of the State Committee of Forest Management of Ukraine No. 260 dated 19 August 2010. Kyiv: State Forestry Committee. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1046-10#Text> (Accessed: 10 April 2024) (in Ukrainian).
- Tarnopil'skiy, P.B., Danylenko, O.M., Hupal, V.V., Mostepaniuk, A.A. and Hladun H.B. (2016) 'English oak forest plantations creation experience with the use of containerized seedlings in Forest Enterprise "Kharkivska Forest Research Station"', *Forestry and Forest Melioration*, 128, pp. 89–99 (in Ukrainian).
- Tarnopil'skiy, P.B., Tovstukha, O.V., Ignatenko, V.A. and Sotnikova, A.V. (2019) 'Growth and development of crowns and closure of *Quercus robur* L. stands planted with various types of planting material'. *Forestry and Forest Melioration*, 134, pp. 47–56 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.47>
- Tovstukha, O.V., Ignatenko, V.A., Tarnopil'skiy, P.B. and Sotnikova, A.V. (2017) 'Experience of renewal of oak forests of Sumy region using various planting material of English oak (*Quercus robur* L.)', *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*, 9(34), pp. 92–101 (in Ukrainian).
- Yavorovskiy, P.P. and Segeda, Yu.Yu. (2016) 'The future use of container planting-stock of English oak (*Quercus robur* L.) for the creation of forest cultures', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(3), pp. 222–226 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40260336>
- Zadworny, M., Jagodziński, A.M., Łokomy, P., Ufnalski, K. and Oleksyn, J. (2014) 'The silent shareholder in deterioration of oak growth: common planting practices affect the long-term response of oaks to periodic drought'. *Forest Ecology and Management*, 318, pp. 133–141. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.01.017>

GROWTH OF FOREST PLANTATIONS OF THE SCOTS PINE AND ENGLISH OAK ESTABLISHED BY DIFFERENT TYPES OF PLANTING MATERIAL IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE IN UKRAINE

Vasylevskiy O.H.¹, Yelisavenko Yu.A.², Tarnopil'skiy P.B.³, Rumiantsev M.H.^{4*}

The growth characteristics of the one- and four-year-old forest plantations of English oak (*Quercus robur* L.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) established with different planting material types have been assessed. The research has been carried out in the forest fund of the branches Vinnytsia Forestry (Vinnytsia Region) and Slavutske Forestry (Khmelnitskiy Region) of the State Specialized Forest Enterprise "Forests of Ukraine" (Podil'skiy Forestry Office). It was found that one- and four-year plantations of the English oak and Scots pine created with containerized seedlings had higher height (by 6–18%), height increment (by 7–34%) and root collar diameter (by 21–39%), as well as survival rate (85–93% vs. 71% for one-year-old English oak plantations and 93% vs. 86% for one-year-old Scots pine plantations) as compared to plantations created with bare-root seedlings. The research results should be used when developing recommendations for improving the technology of establishing forest plantations in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine.

Key words: containerized seedlings, bare-root seedlings, survival rate, reforestation.

Одержано редколегією 22.04.2024

¹ Vasylevskiy Oleh, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, State Enterprise "Vinnytsia Forest Research Station", 39 Pravednykiv svitu Street, Vinnytsia, 21000, Ukraine. E-mail: vasog2017@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6818-1942>

² Yelisavenko Yurii, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, State Enterprise "Vinnytsia Forest Research Station", 39 Pravednykiv svitu Street, Vinnytsia, 21000, Ukraine. E-mail: yelis2009@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2351-3004>

³ Tarnopil'skiy Petro, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: tarnopil'skiy@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8547-4843>

⁴ Rumiantsev Maksym, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: maxrum-89@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

* Correspondence: maxrum-89@ukr.net

УДК 630.232.32:630.232.41:630.235.1:633.877.3

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.69>**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ЛІСОВИХ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ**

У ДП «ХАРКІВСЬКА ЛНДС»

О. М. Даниленко¹, В. С. Ющик², М. Г. Румянцев^{3*}

Наведено результати досліджень впливу стимуляторів росту «Циркон», «Грейнактив-С», «Корневін», Radifarm plus, «Аміностим» та Megafol у нормах, рекомендованих виробником препаратів, на біометричні показники, масу та вихід стандартного садивного матеріалу сосни звичайної із закритою кореневою системою (ЗКС) у державному підприємстві (ДП) «Харківська ЛНДС». Кореневе та позакореневе внесення розчинів стимуляторів росту позитивно вплинуло на значення біометричних показників і маси однорічних сіянців сосни звичайної. Так, різниця за висотою між дослідними варіантами та контролем становила 21–52 %, за діаметром кореневої шийки – 7–20 %, за масою надземної частини сіянців у повітряно-сухому стані – 16–46 % та за масою кореневої системи – 26–59 %. Частка стандартних сіянців сосни звичайної в дослідних варіантах коливалася в межах 86–98 %, тоді як на контролі становила 76 %. Також відзначено вищі таксаційні показники та приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без їхнього застосування, та садивним матеріалом із відкритою кореневою системою.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., сіянці, контейнер з агроволокна, приживлюваність.

Вступ. Успішність лісовідновлення багато в чому залежить від виду та якості садивного матеріалу. Останніми роками триває тенденція до збільшення обсягів вирощування садивного матеріалу головних лісоутворювальних порід із закритою кореневою системою (ЗКС).

У багатьох країнах світу як засіб інтенсифікації вирощування садивного матеріалу деревних і чагарникових видів застосовують стимулятори росту рослин, які істотно сприяють підвищенню стійкості рослин проти стресових чинників біотичної та абіотичної природи. Особливо це є актуальним у період зростання посушливості клімату (Veshchitskyi *et al.*, 2006; Rademacher, 2015; Bhatla, 2018; Neill *et al.*, 2019).

Нині у лісових розсадниках і тепличних комплексах багатьох лісгосподарських філій державного підприємства (ДП) «Ліси України», а також інших підприємств у структурі Державного агентства лісових ресурсів України під час вирощування садивного матеріалу головних лісотвірних порід доволі широко застосовують ростові препарати, зокрема й стимулятори росту рослин (Rasporina *et al.*, 2022). Це відбувається переважно шляхом передпосівного оброблення насіння та кореневого або позакореневого оброблення сіянців.

Водночас використання стимуляторів росту рослин, незважаючи на доволі часте застосування в лісовому господарстві (але здебільшого для садивного матеріалу із відкритою кореневою системою (ВКС)), ще істотно поступається інтенсивності їхнього використання в рослинництві. Дані про застосування стимуляторів росту рослин під час вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) із ЗКС у регіоні досліджень (південно-східна частина Лівобережного Лісостепу) є фрагментарними (URIFFM, 2014). Дані щодо особливостей росту й розвитку лісових культур сосни звичайної із застосуванням стимуляторів росту рослин у регіоні досліджень також є обмеженими (Vedmid, 2001;

¹ Даниленко Олег Миколайович, державне підприємство «Харківська лісова науково-дослідна станція», с. Черкаська Лозова, 62300, Харківський р-н, Харківська обл., Україна. Е-mail: dandik86@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7817-4299>

² Ющик Віта Сергіївна, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: vityay2715@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2472-3882>

³ Румянцев Максим Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: maxrum-89@ukr.net. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

* Адреса для кореспонденції: maxrum-89@ukr.net

Borysova, 2008; Popov, 2008; Rasporina *et al.*, 2022). На нинішньому етапі важливим є визначення тривалості позитивного ефекту використання садивного матеріалу із ЗКС у перші роки вирощування лісових культур. Це зумовило актуальність проведення досліджень.

Мета досліджень – оцінити вплив стимуляторів росту рослин на біометричні показники, масу й вихід стандартного садивного матеріалу сосни звичайної із закритою кореневою системою, а також на таксаційні показники та приживлюваність створених таким садивним матеріалом лісових культур у ДП «Харківська ЛНДС».

Матеріали й методи. Дослідження проводили у 2020 р. Сіяння сосни звичайної вирощували в умовах закритого ґрунту (теплиця весняно-літнього типу з поліетиленовим покриттям) на теплично-розсадницькому відділенні селекційно-насінницького комплексу Південного лісництва ДП «Харківська ЛНДС».

Для вирощування сіянь сосни використовували циліндричні контейнери з агроволокна, що мали такі розміри: висота – 25 см, діаметр – 6 см, об'єм – 700 см³. Склад субстрату для вирощування сіянь – суміш добре гумусованого темно-сірого середньосуглинкового та супіщаного ґрунту (співвідношення за об'ємом 1:1), торфу перехідного типу та перегною-сипцю у загальному співвідношенні 3:1:0,25. Субстрат характеризувався слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН = 5,17), середньою забезпеченістю гумусом, легкогідролізованим азотом.

У дослідних і контрольному варіантах використовували насіння другого класу якості. Висівання насіння здійснено в першій декаді квітня на глибину 0,5 см із подальшим мульчуванням свіжою сосною тирсою. Дрібнокрапельний полив здійснювали щоденно впродовж першого місяця вирощування садивного матеріалу за допомогою поливної системи, а потім вже за необхідності (для підтримання оптимального режиму зволоження в теплиці).

Упродовж вегетаційного періоду проведено дворазове кореневе або позакореневе оброблення сіянь (перше – після масового розгортання хвої в сосни (17 травня), а друге – у період інтенсивного росту сіянь (2 липня)) випробовуваними стимуляторами росту. Загалом було закладено 6 дослідних варіантів та один контрольний варіант – садивний матеріал сосни, який вирощено в контейнерах без застосування стимуляторів росту рослин. Випробовували такі стимулятори росту рослин: «Циркон», «Грейнактив-С», «Корневін», Radifarm plus, «Аміностим» та Megafol у нормах, рекомендованих виробником препаратів. Нижче наведено склад активних речовин випробовуваних стимуляторів росту рослин.

«Циркон» – біологічний імуностимулятор торгової марки (ТМ) «Восор», який отримують із лікарської рослини – ехінацеї пурпурової. Препарат стимулює ріст кореневої системи й вегетативної маси рослин, мобілізує імунітет, природну стійкість до посухи та інших стресових факторів. Дія препарату полягає в активації фітогормонів, регулюванні їхнього синтезу й балансу в рослині.

«Грейнактив-С» – синтетичний препарат ТМ «Фіаніст-Т» із високою біологічною активністю, що стимулює рослину до активного росту завдяки накопиченню запасів живлення на клітинному рівні, підвищує стійкість до стресових факторів (приморозків, посухи, пестицидів), збільшує захисний потенціал рослин, активує розвиток азотофіксувальних бактерій у ґрунті. Склад: розчин полігуанідинів (органічних полімерних речовин із високою біологічною активністю), гідрохлорид 18,6 г·л⁻¹ + фосфат 1,4 г·л⁻¹.

«Корневін» – стимулятор росту ТМ «Quantum», що сприяє прискоренню проростання насіння, покращенню вкорінення живців, формуванню потужної кореневої системи. Склад: гіпераукоїн – 5 г; N:P:K (%) 19:19:19; мікроелементи.

Radifarm plus – біостимулятор-укорінювач ТМ «Valagro», що сприяє зменшенню стресу, викликаного висаджуванням рослин, пришвидшує вкорінення рослин; стимулює вироблення гормонів, що відповідають за розвиток кореневої системи; активізує фотосинтез, допомагає долати стреси від впливу токсинів. Склад: N:P:K (%) 3,5:40:15,5; амінокислоти – 1,0 %; вітаміни; білкові поліпептиди; полісахариди; мікроелементи: Fe, Zn.

«Аміностим» – біостимулятор росту ТМ «Ензим Агро», обробка яким забезпечує оптимальні умови для розвитку рослин, сприяє активному росту рослин і підвищенню їхнього імунітету. Склад: вільні амінокислоти – 134 г·л⁻¹; N:P:K (г·л⁻¹) 24:20:20; ауксини – 10 г·л⁻¹; цитокініни – 0,03 г·л⁻¹.

Megafol – спеціальний антистресовий препарат ТМ «Valagro» на основі рослинних амінокислот, що сприяє підвищенню врожайності та якості продукції, а також стабілізації цих показників за несприятливих погодних умов. Склад: амінокислоти – 28 %; N – 3 %; K – 8 %; C – 9 %.

У кожному дослідному варіанті було вирощено по 100 сіянців; було використано по 2 л розчину для дворазового позакореневого оброблення та по 10 л розчину – для дворазового кореневого оброблення.

Ефективність застосування випробовуваних стимуляторів росту рослин під час вирощування однорічних сіянців сосни звичайної оцінювали за біометричними показниками та масою надземної (стовбур + хвоя) та кореневої (коріння) частин у повітряно-сухому стані. Для цього у 50 сіянців кожного варіанту вимірювали висоту надземної частини (см) і діаметр кореневої шийки (мм). Крім того, у 10 середніх за біометричними показниками сіянців відмивали коріння від залишків субстрату та визначали масу (г) надземної та кореневої частин у повітряно-сухому стані (після висушування зразків у лабораторній шафі впродовж 24 годин за температури 105°C до постійної маси). Висоту сіянців визначали з точністю до 0,1 см, діаметр кореневої шийки – з точністю до 0,1 мм, а масу хвої, стовбура та коріння сіянців – із точністю до 0,01 г.

Ростові показники та приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту рослин, визначали наприкінці вегетаційного періоду 2021 р. Дослідні лісові культури було створено на свіжому зрубі восени 2020 р. у Липецькому лісництві (квартал 121) ДП «Харківська ЛНДС» на площі 0,9 га в умовах свіжого дубово-соснового субору. Садіння лісових культур проводили вручну під мотобур у частково підготовлений ґрунт – у дно борозен, створених механізованим способом плугом комбінованим лісовим (ПКЛ-70) на базі трактора МТЗ-82. Вирощені дослідні сіянці сосни звичайної вводили до складу лісових культур рядами. У кожному варіанті було висаджено по 75 шт. сіянців. Контролем був ряд лісових культур, створених сіянцями сосни звичайної, вирощеними без застосування стимуляторів росту рослин.

Приживлюваність у перший рік росту лісових культур визначали як співвідношення кількості життєздатних саджанців на момент їхнього обліку та висаджених під час закладання дослідних культур, виражене у відсотках. Проведено обміри всіх збережених саджанців сосни за варіантами. Висоту саджанців визначали дерев'яною лінійкою з точністю до 0,5 см, а діаметр кореневої шийки – електронним штангенциркулем з точністю до 0,1 мм.

Одержані дані обробляли методами математичної статистики за допомогою пакету програм MS Excel. Достовірність різниці між контролем і дослідними варіантами перевіряли з використанням *t*-критерію Стьюдента на 5 % рівні значущості (Romakin, 2006).

Результати. Результати досліджень свідчать, що значення біометричних показників (середньої висоти й середнього діаметра) однорічних сіянців сосни звичайної із ЗКС є суттєво більшими у варіантах, де проведено кореневе (шляхом поливу) та позакореневе (шляхом обприскування) оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин. Так, різниця у дослідних варіантах, порівнюючи з контролем, за висотою становить 21–52 %, або 2,9–7,4 см відповідно, а за діаметром кореневої шийки – 7–20 %, або 0,1–0,3 мм (табл. 1).

Найбільше середнє значення висоти сіянців сосни відзначено у варіанті позакореневого оброблення стимулятором росту Megafol – 21,5 см (152 % до контролю), а найменше – у варіанті кореневого оброблення стимулятором росту Radifarm plus – 17,0 см (121 % до контролю). Найбільше середнє значення діаметра кореневої шийки сіянців сосни також

відзначено у варіанті «Megafol» – 1,8 мм (120 % до контролю), а найменше – у варіанті «Radifarm plus» – 1,6 мм (107 % до контролю).

Таблиця 1

Вплив дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин на середні висоту та діаметр однорічних сіянців сосни звичайної із ЗКС

Table 1

The effect of two-time treatment with tested plant growth stimulants on the average height and diameter of one-year-old containerized Scots pine seedlings

Дослідний варіант (концентрація розчинів) Experimental variant (solution concentration)	Спосіб підживлення Treatment method	Висота, см Height, cm			Діаметр, мм Diameter, mm		
		$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control
Контроль	–	14,1 \pm 0,41	–	100	1,5 \pm 0,05	–	100
«Циркон» (1 мл·л ⁻¹)	П	20,8 \pm 0,42	11,42	148	1,7 \pm 0,05	2,83	113
«Грейнактив-С» (10 мл·л ⁻¹)	П	20,0 \pm 0,34	10,08	142	1,7 \pm 0,04	3,12	113
«Корневін» (1 г·л ⁻¹)	К	20,5 \pm 0,45	10,71	145	1,7 \pm 0,06	2,86	113
Radifarm plus (3 мл·л ⁻¹)	К	17,0 \pm 0,54	4,28	121	1,6 \pm 0,05	1,37	107
«Аміностим» (3 мл·л ⁻¹)	К	19,9 \pm 0,33	9,88	141	1,7 \pm 0,04	3,24	113
Megafol (2,5 мл·л ⁻¹)	П	21,5 \pm 0,43	12,71	152	1,8 \pm 0,06	4,93	120

Примітка. К – кореневе (полив) оброблення сіянців; П – позакореневе (обприскування) оброблення сіянців; $M^{\pm m}$ – середні значення вимірюваного показника та його стандартна похибка; t_f – t -критерій Стьюдента ($t_{0,05} = 2,01$).

Note. К – root (watering) treatment of seedlings; П – foliar (spraying) treatment of seedlings; $M^{\pm m}$ – mean value of indicators and its standard error; t_f – actual value of Student's t -test ($t_{0,05} = 2,01$).

Проте виявлено, що достовірно при $p = 0,05$ перевищують контроль як за висотою, так і за діаметром кореневої шийки всі дослідні варіанти, за винятком варіанту «Radifarm plus», де перевищення за діаметром є недостовірним.

Найбільшу масу надземної частини (стовбурця + хвої) середнього однорічного сіянцю сосни звичайної в повітряно-сухому стані визначено у варіанті «Megafol»; вона становить 1,24 г і перевершує контрольний показник на 46 %, а найменшу у варіанті «Radifarm plus» – відповідно 0,99 г (16 %) (рис. 1).

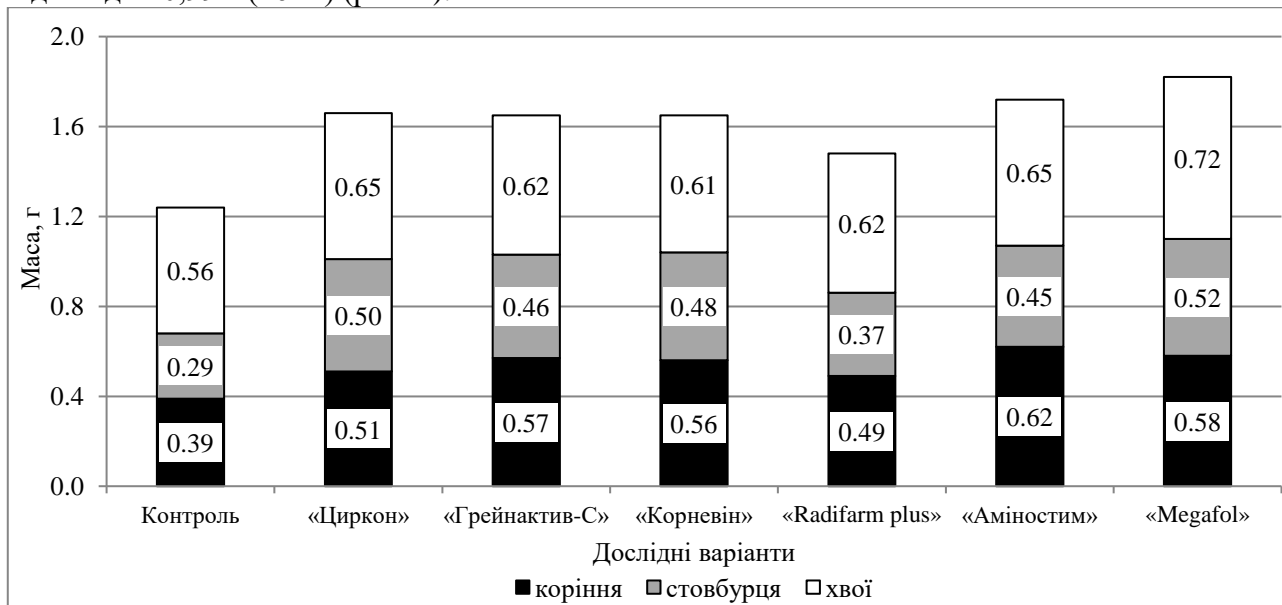


Рис. 1 – Маса надземної (стовбурця+хвої) і кореневої частин середнього однорічного сіянцю сосни звичайної із ЗКС за дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин
Fig. 1 – The mass of the aboveground (stem+needles) and root parts of an average one-year-old containerized Scots pine seedling after two treatments with tested plant growth stimulants

Найбільшу масу кореневої частини (коріння) середнього сіянцю сосни із ЗКС виявлено у варіанті «Амініостим»; вона становить 0,62 г і перевершує контрольний показник на 59 %, а найменшу – у варіанті «Radifarm plus» – відповідно 0,49 г (26 %). Загальна маса сіянців становить 1,24–1,82 г. Найбільшою вона є у варіанті «Megafol», а найменшою – на контролі.

Найбільше значення співвідношення мас кореневої (К) і надземної (Н) частин сіянців (К/Н) зафіксовано у варіанті «Амініостим» – 0,56, а найменше – у варіанті «Циркон» – 0,44. На контролі значення К/Н становить 0,46 (рис. 2).

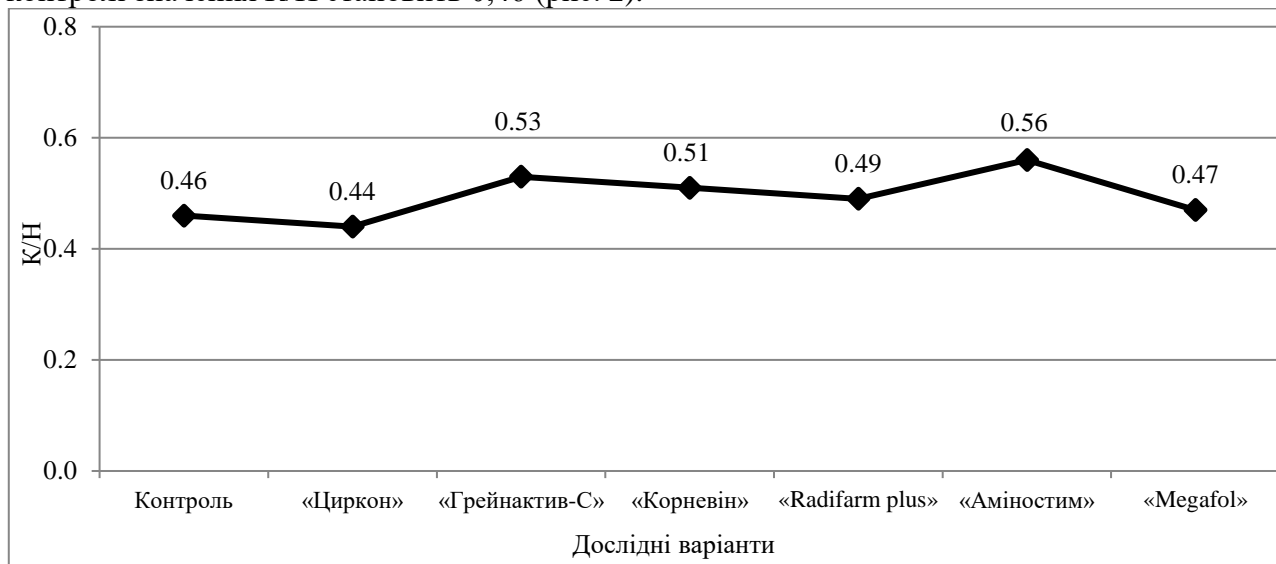


Рис. 2 – Співвідношення мас кореневої і надземної частин (К/Н) сіянців сосни звичайної із ЗКС за дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин

Fig. 2 – The ratio of the masses of the root and aboveground parts (K/N) of containerized Scots pine seedlings after two-time treatment with tested plant growth stimulants

Частка стандартного садивного матеріалу, згідно із розробленим в УкрНДІЛГА та затвердженим Науково-Технічною Радою Державного агентства лісових ресурсів України проєктом Національного стандарту України «Сіянці сосни звичайної із закритою кореневою системою. Технічні умови» (Vysotska *et al.*, 2021), на контролі становила 76 %, тоді як у дослідних варіантах – 86–98 % (рис. 3).

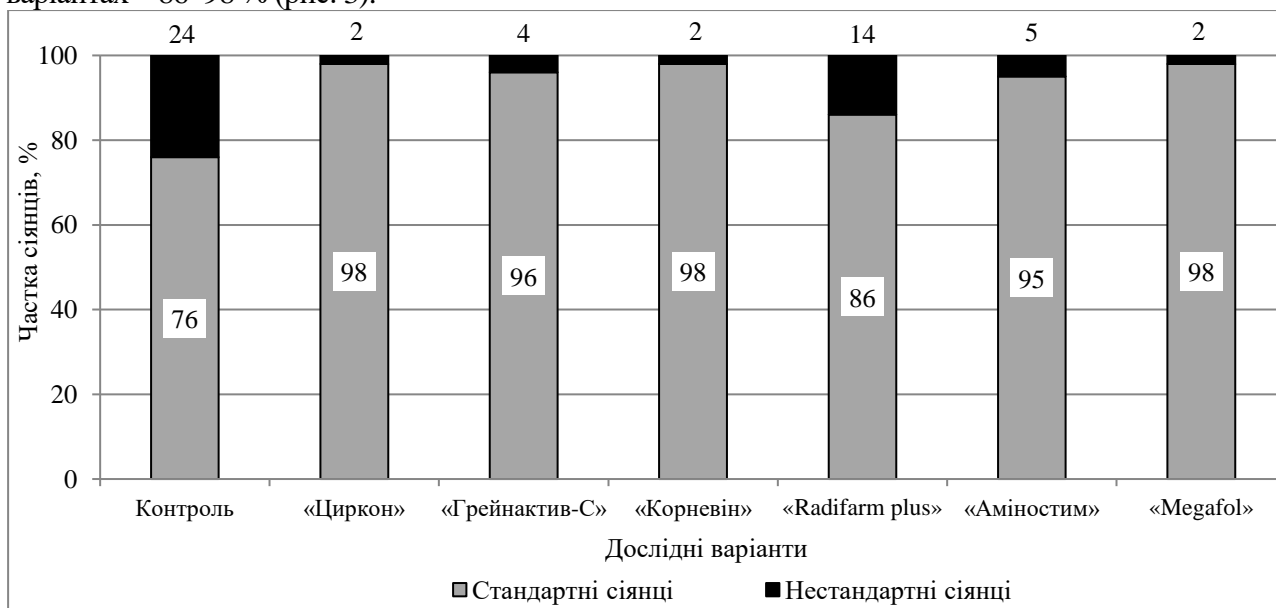


Рис. 3 – Співвідношення часток стандартних і нестандартних сіянців сосни звичайної із ЗКС за дворазового оброблення випробовуваними стимуляторами росту рослин

Fig. 3 – The ratio of the proportions of standard and non-standard containerized Scots pine seedlings

after two treatments with tested plant growth stimulants

Результати проведених досліджень свідчать про вищі таксаційні показники та приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без їхнього застосування, та з ВКС (табл. 2, рис. 4).

Таблиця 2

Таксаційні показники однорічних дослідних лісових культур сосни звичайної

Table 2

Mensuration characteristics of one-year experimental forest plantations of Scots pine

Дослідний варіант Experimental variant	Висота, см Height, cm			Діаметр, мм Diameter, mm			Приріст за висотою, см Height increment, cm		
	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control	$M^{\pm m}$	t_f	% до контролю % to control
Контроль	23,2 \pm 0,30	–	100	3,6 \pm 0,17	–	100	8,8 \pm 0,12	–	100
«Циркон»	29,3 \pm 0,32	6,21	126	3,9 \pm 0,24	1,78	108	10,4 \pm 0,16	3,60	118
«Грейнактив-С»	29,6 \pm 0,36	6,85	128	4,0 \pm 0,27	2,31	111	9,9 \pm 0,14	2,75	113
«Корневін»	29,5 \pm 0,30	6,71	127	4,0 \pm 0,22	2,24	111	10,0 \pm 0,19	2,87	114
«Radifarm plus»	24,1 \pm 0,44	0,94	104	3,8 \pm 0,30	1,20	106	8,9 \pm 0,15	0,28	101
«Аміностим»	30,2 \pm 0,38	7,94	130	4,1 \pm 0,23	2,88	114	10,4 \pm 0,20	3,74	118
«Megafol»	30,1 \pm 0,35	8,08	130	4,1 \pm 0,27	2,74	114	10,2 \pm 0,22	3,11	116
ВКС	18,6 \pm 0,45	-3,52	80	3,4 \pm 0,31	-1,14	94	8,1 \pm 0,25	-1,37	92

Примітка. $M^{\pm m}$ – середнє значення вимірюваного показника та його стандартна похибка; t_f – t -критерій Стюдента ($t_{0,05} = 2,01$); ВКС – лісові культури сосни звичайної, створені садивним матеріалом із відкритою кореневою системою.

Note. $M^{\pm m}$ – mean value of indicators and its standard error; t_f – actual value of Student's t -test ($t_{0,05} = 2,01$); ВКС – forest plantations of Scots pine were established using bareroot planting material.

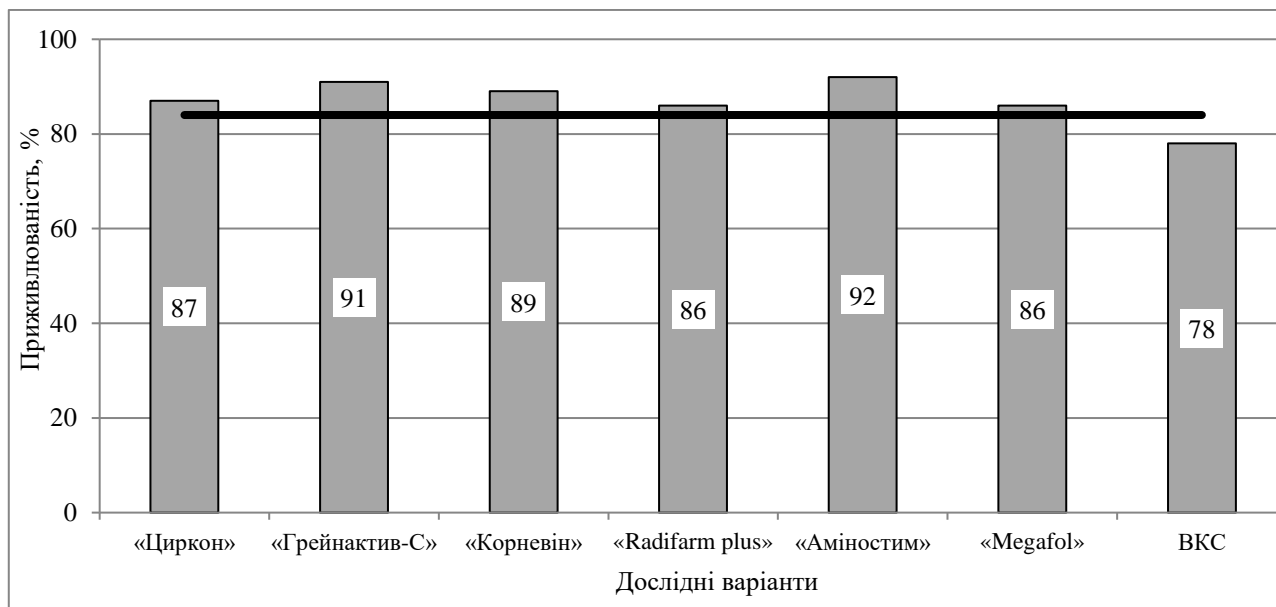


Рис. 4 – Приживлюваність однорічних дослідних лісових культур сосни звичайної (суцільна лінія – показник приживлюваності на контрольному варіанті)

Fig. 4 – Survival of one-year experimental forest plantations of Scots pine (solid line shows the survivability on the control variant)

Виявлено, що дослідні однорічні лісові культури переважали культури на контрольному варіанті (створені садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без застосування стимуляторів

росту рослин) за висотою на 4–30 %, приростом за висотою – на 1–18 % та за діаметром кореневої шийки – на 6–14 %.

Достовірно при $p = 0,05$ перевершують контроль за висотою та приростом за висотою всі дослідні варіанти, за винятком варіанту «Radifarm plus», де це перевищення є недостовірним. Достовірно при $p = 0,05$ перевершують контроль за діаметром кореневої шийки дослідні варіанти «Грейнактив-С», «Корневін», «Аміностим» та «Megafol», а недостовірно – «Циркон» і «Radifarm plus».

Крім того відзначено, що однорічні лісові культури сосни звичайної, створені садивним матеріалом із ВКС, достовірно при $p = 0,05$ поступалися дослідним лісовим культурам, створеним садивним матеріалом із ЗКС.

Приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без застосування стимуляторів росту рослин (контроль), становила 84 %, тоді як на дослідних варіантах культур її значення було дещо вищим – 86–92 %. Приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ВКС, була суттєво меншою (78 %), ніж приживлюваність дослідних лісових культур, створених садивним матеріалом із ЗКС, зокрема й на контролі.

Обговорення. У різних регіонах України проведено ґрунтовні дослідження з питань вирощування садивного матеріалу сосни звичайної (Vedmid, 2001; Yavorovskyy, 2004; Uharov *et al.*, 2005; Siryk *et al.*, 2006; Borysova, 2008; Popov, 2008; Shevchuk *et al.*, 2008; Zibtseva *et al.*, 2012; Taranenko, 2017; Yashchuk and Shlonchak, 2019; Savuschyk *et al.*, 2020) за використання сучасних стимуляторів росту рослин для передвисівного оброблення насіння, а також кореневого або позакореневого оброблення сіянців. Проте дослідження стосувалися лише сосни звичайної із ВКС. Зокрема було виявлено, що передвисівне оброблення насіння сосни звичайної стимулятором росту «Емістим С», що є комплексом біологічно активних сполук – продуктів життєдіяльності грибів-мікроміцетів ($1 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$), насичених та ненасичених жирних кислот (С 14–С 28), полісахаридів, 15 амінокислот, аналогів фітогормонів цитокінінової та ауксинової природи, сприяло підвищенню його схожості та енергії проростання на 30–50 % (Siryk *et al.*, 2006). Застосування стимулятора росту «Триман-1», що містить 98 % діючої речовини — аква-N-окис-2-метилпіридин марганець-2-хлорид, сприяло підвищенню цих показників на 5–37 % (Yavorovskyy, 2004). Позакореневе застосування в закритому ґрунті стимулятора росту «Агростимулін», що є збалансованою композицією комплексу ростових речовин природного походження та синтетичного аналога фітогормонів – 2,6-диметилпіридин-1-оксиду в нормі $26 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ призвело до збільшення висоти сходів сосни, діаметра кореневої шийки, маси хвої, стовбурців і коріння на 23, 30, 9, 55 та 38% відповідно (Siryk *et al.*, 2006). В. М. Угаровим та ін. (Uharov *et al.*, 2005) визначено, що передвисівне оброблення насіння стимулятором росту «Агростимулін» під час вирощування сіянців сосни звичайної в теплиці на біогумусі сприяло істотній інтенсифікації їхнього росту. Так, середня висота в однорічному віці на 23 % перевершувала контроль, діаметр – на 30 %, довжина хвої – на 9 %, маса хвої – на 55 %, стовбурця – на 55 % і кореневої системи – на 38 %. О. В. Зібцева зі співавторами (Zibtseva *et al.*, 2012) на основі результатів дослідів із застосування стимулятора росту «Екостим», що є натуральним імунорегулювальним екстрактом і коренів обліпихи («ендофіт Д-М»), під час вирощування сіянців сосни звичайної в умовах закритого ґрунту виявили збільшення ґрунтової схожості посівів сосни на 12 %, а збережаності сіянців восени – на 10 %, без зниження при цьому їхньої якості.

Натомість дані щодо впливу стимуляторів росту рослин на біометричні показники, масу, вихід стандартних сіянців сосни звичайної із ЗКС відсутні. Результати власних досліджень свідчать, що випробувані стимулятори росту рослин також виявили позитивний вплив на біометричні показники, масу та вихід стандартного садивного матеріалу сосни звичайної із ЗКС. Так, різниця за висотою між дослідними варіантами та контролем (садивний матеріал, вирощений без стимуляторів росту рослин) становила 21–52 %, за діаметром кореневої шийки – 7–20 %, масою надземної частини сіянців у повітряно-сухому стані – 16–46 % та

кореневої системи – 26–59 %. Виявлено, що частка стандартних однорічних сіянців сосни звичайної із ЗКС у дослідних варіантах коливалася в межах 86–98 %, тоді як на контролі вона становила 76 %.

Одним із основних завдань вирощування садивного матеріалу із ЗКС є забезпечення оптимальних умов для розвитку корневих систем і максимальне їхнє збереження під час створення лісових культур, що забезпечує надалі високу приживлюваність та інтенсивний ріст саджанців на лісокультурній площі. Це припущення ґрунтується на результатах попередніх досліджень (Danylenko *et al.*, 2021; Vysotska *et al.*, 2022).

Важливою характеристикою є співвідношення мас кореневої (К) і надземної (Н) частин сіянців (К/Н).

Результати проведених досліджень свідчать, що найвище значення співвідношення мас кореневої і надземної частин сіянців сосни звичайної у разі дворазового оброблення стимуляторами росту рослин – 0,56 – зафіксовано у варіанті «Аміностим», де стимулятор містить у своєму складі вільні амінокислоти у нормі 134 г·л⁻¹; N:P:K – 24:20:20 г·л⁻¹; ауксини – 10 г·л⁻¹; цитокініни – 0,03 г·л⁻¹ (див. рис. 2). Відзначимо, що за абсолютним значенням співвідношення мас кореневої і надземної частин сіянців (К/Н) також можна визначити вплив випробовуваного стимулятора росту рослин на ріст і розвиток надземної або підземної частини сіянцю. Наприклад, було виявлено, що чим більшим є абсолютне значення цього показника, тим більше випробовуваний стимулятор росту впливає на ріст і розвиток коріння сіянців, а чим меншим є це значення, тим більшим є вплив на ріст і розвиток надземної частини сіянців.

Доволі значну увагу приділено дослідженню впливу стимуляторів росту рослин на приживлюваність 1–3-річних лісових культур сосни звичайної. Зокрема, у праці М. М. Ведмідя (Vedmid, 2001) було виявлено, що в разі замочування коренів сіянців сосни звичайної в розчині зі стимулятором росту «Агростимулін» їхня приживлюваність становила 86 %, а в розчині зі стимулятором росту «Чаркор», що являє собою комплекс 2,6-диметилпіридин-1-оксиду з α -фенілоцтовою кислотою в нормі 8,3 г·л⁻¹, – на 3–5 % вище, порівнюючи з контролем. Лінійний приріст у рік створення культур у дослідних варіантів виявився на 9–38 % вищим за контроль. Результати досліджень В. В. Борисової (Borysova, 2008) свідчать, що обприскування сходів стимулятором росту «Атлет» (водний розчин, 600 г·л⁻¹ хлормекватхлориду) сприяло підвищенню показників приживлюваності та росту дослідних варіантів лісових культур сосни звичайної, порівнюючи з контролем. Ю. М. Тараненко (Taranenکو, 2017) виявлено, що післядія передвисівного оброблення насіння сосни звичайної стимуляторами росту рослин «Байкал» (мікробіологічним препаратом, що містить понад 80 штамів мікроорганізмів), «Лігногумат» (гуміново-калійним препаратом нового покоління з мікроелементами в хелатній формі, що містить у складі гумінові речовини – 90 %, калій – 12 % і сірку – < 3 %), «Триман-1», «Чаркор» та «Елін», що належить до природних гормонів рослин і містить діючу речовину 24-епібрасінолід у нормі 0,025 г·л⁻¹) зберігається в перші роки росту лісових культур та виявляється в більших значеннях показників приживлюваності, висоти й стану культур, порівнюючи з контролем. Не виявлено достовірних різниць за цими показниками між варіантами з використанням різних стимуляторів росту та їхніх концентрацій, застосованих під час передвисівного оброблення насіння.

В. Ю. Кайдик (Kaidyk, 2013), досліджуючи вплив стимуляторів росту «Агростимулін» та «Чаркор» на ріст лісових культур сосни, створених на сільськогосподарських невіддях Полісся, визначив оптимальні концентрації застосованих препаратів, що найбільшою мірою сприяли підвищенню показників приживлюваності й росту лісових культур. С. П. Распоїною зі співавторами (Rasporina *et al.*, 2022) також було відзначено, що позакореневе оброблення висаджених на лісокультурну площу сіянців сосни звичайної стимуляторами росту рослин «Stimulate», що містить у своєму складі цитокініни (кінетин) у нормі 0,009 %, ауксин – 0,005 % і гіберілінову кислоту – 0,005 %, та «Bioforge», до складу якого входить антиоксидант

диформілі сечовина, який сприяє ефективному стимулюванню захисних систем рослин на рівні ферментів та генів, сприяло підвищенню середніх показників приживлюваності, висоти та діаметра деревних рослин. Так, приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної була вище на 4–14 % проти нормативного показника (76 % для Харківської області (*About approval of the Instruction*, 2010)), середні показники висоти сосни звичайної в 1-річних культурах перевершували контроль на 5–48 %, діаметра кореневої шийки – на 53–61 %. Для трирічних культур збільшення становило 26–76 % та 14–40 % відповідно. Результати наших досліджень також свідчать про вищі таксаційні показники (висоти – на 4–30 %, приросту за висотою – на 1–18 % та діаметра кореневої шийки – на 6–14 %) та приживлюваність (86–92 % проти 84 %) однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, як порівняти з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним без їхнього застосування. На жаль, через військові дії подальші обстеження та обміри дослідних лісових культур не проводили.

Результати досліджень О. І. Ляліна (Lialin, 2008), власні попередні дослідження (Danylenko *et al.*, 2021) у Харківській області, а також О. Ю. Андреевої зі співавторами (Andreeva *et al.*, 2016) у Житомирській області свідчать про кращу приживлюваність та вищі таксаційні показники у віці 1–5 років чистих за складом лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ЗКС, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із ВКС. Нашими дослідженнями також підтверджено дещо нижчі значення показника приживлюваності і таксаційних показників однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із ВКС, як порівняти з культурами, створеними садивним матеріалом із ЗКС, вирощеним як із застосуванням стимуляторів росту, так і без їхнього застосування. Тому одним зі шляхів підвищення ефективності вирощування лісових культур сосни звичайної в регіоні досліджень може бути ширше використання під час лісовідновлення та лісорозведення садивного матеріалу із ЗКС.

Висновки. Кореневе та позакореневе оброблення сіянців розчинами випробовуваних стимуляторів росту («Циркон», «Грейнактив-С», «Корневін», Radifarm plus, «Аміностим» та Megafol) в умовах південно-східної частини Лівобережного Лісостепу в нормах, рекомендованих виробником препаратів, сприяло збільшенню їхніх біометричних показників і маси кореневої та надземної частин.

Частка стандартних однорічних сіянців сосни звичайної в дослідних варіантах становила 86–98 %, тоді як на контролі – 76 %.

Відзначено вищі показники росту і приживлюваність однорічних лісових культур сосни звичайної, створених садивним матеріалом із закритою кореневою системою, вирощеним із застосуванням стимуляторів росту, порівнюючи з культурами, створеними садивним матеріалом із закритою кореневою системою, вирощеним без їхнього застосування.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання тем досліджень УкрНДЛГА (тема № 11 – «Дослідити ріст і розвиток лісових культур, створених садивним матеріалом із закритою кореневою системою, та розробити рекомендації щодо удосконалення технології їх створення», № держреєстрації 0120U101897), замовником якої є Державне агентство лісових ресурсів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- About approval of the Instruction on design, technical acceptance, accounting and quality assessment of forestry objects* (2010). Approved by the order of the State Forest Management Committee of Ukraine No. 260 dated 19 August 2010. Kyiv: State Forestry Committee (in Ukrainian).
- Andreeva, O. Yu., Huzii, A.I., and Karchevskiy, R.A. (2016) 'Some parameters of pine growth in plantations created with potted planting material', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(3), pp. 9–14 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40260301>
- Bhatla, S.C. (2018) 'Plant growth regulators: An overview' in *Plant Physiology, Development and Metabolism*. Singapore: Springer, pp. 559–568. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_14.

- Borysova, V.V. (2008) 'Influence of sprout treatment with preparation "Athlete" on development of *Pinus sylvestris* L. seedlings and their further growth in plantations', *Forestry and Forest Melioration*, 112, pp. 159–164 (in Ukrainian).
- Danylenko, O.M., Yushchuk, V.S., Rumiantsev, M.H. and Mostepaniuk, A. A. (2021) 'Some features of the growth and condition of pine plantations created by different planting material', *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(1), pp. 26–29 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310104>
- Kaidyk, V.Yu. (2013) 'Index of viability and growth of 3-year-old Scots pine forest plantations on agricultural wastelands of Polissia under the influence of growth stimulants and hydrogels', *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 187, pp. 240–245 (in Ukrainian).
- Lialin, O.I. (2008) 'Condition and growth of pine plantations created with containerized planting material', *Forestry and Forest Melioration*, 113, pp. 93–100 (in Ukrainian).
- Neill, E.M., Byrd, M.C.R., Billman, T., Brandizzi, F. and Stapleton, A.E. (2019) 'Plant growth regulators interact with elevated temperature to alter heat stress signaling via the Unfolded Protein Response in maize', *Scientific Reports*, 9, pp. 10392. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46839-9>
- Popov, O.F. (2008) *Intensification of growing pine planting material in the south of the Left-Bank Forest-Steppe*. PhD thesis. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Rademacher, W. (2015) 'Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production', *Journal of Plant Growth Regulation*, 34, pp. 845–872. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9541-6>
- Raspopina, S.P., Didenko, M.M., Bila, Yu.M., Horoshko, V.V. and Harmash, A.V. (2022) 'The influence of growth stimulants on survival and growth of *Pinus sylvestris* in forest plantations of the Slobozhansky Forest Region of Ukraine', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 24, pp. 120–128 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412210>
- Romakin, V.V. (2006) *Computer data analysis: Tutorial*. Mykolaiv: MDHU im. Petra Mohyly (in Ukrainian).
- Savuschyk, M.P., Khromulyak, O.I., Shlonchak, H.A. and Yashchuk, I.V. (2020) 'Influence of plant growth regulators on the growth of Scots pine seedlings in open ground (in Kyiv Forest Research Station)', *Forestry and Forest Melioration*, 136, pp. 78–82 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.136.2020.78>
- Shevchuk, V.V., Terlych, V.H. and Borysova, V.V. (2008) 'Some aspects of pine seedlings growing with protected roof system in the Low Dnieper region', *Forestry and Forest Melioration*, 114, pp. 295–297 (in Ukrainian).
- Siryk, V.V., Veshchyskyi, V.A. and Mokrynskyi, V.M. (2006) 'Influence of some biologically active substances on growth and development of seedlings of Scots pine', *Scientific reports of NAU*, 4(5) (in Ukrainian).
- Taranenko, Yu.M. (2017) *Features of Scots pine planting material growing from seeds with improved hereditary properties in the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine*. PhD thesis. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Uharov, V.M., Popov, O.F. and Borysova, V.V. (2005). 'Using of biohumus and agrostimulin for growing of Scotch pine seedlings', *Forestry and Forest Melioration*, 108, pp. 134–140. (in Ukrainian).
- URIFFM (2014) *To improve technologies for creating forest plantations in large fires and growing planting material of major forest species. Report on research work on the topic No 16 for 2014 (final)*. [Ugarov, V. M., Ed.]. Kharkiv, URIFFM (in Ukrainian).
- Vedmid, M.M. (2001) 'Application of new plant growth regulators and water-soluble polymers during the creation of Scots pine plantations', *Scientific Herald of NULES of Ukraine*, 39, pp. 209–217 (in Ukrainian).
- Veshchyskyi, V.A., Dulnev, P.G. and Siryk, V V. (2006) 'Application problems of plant growth regulators at the cultivation of planting material of wood species', *Scientific reports of NAU*, 4(5) (in Ukrainian).
- Vysotska, N.Yu., Prykhodko, O.B., Rumiantsev, M.H., Yushchuk, V.S., Holovchenko, A.V. and Kravchenko, V.M. (2022) 'Growth and weight of containerized seedlings of Scots pine depending on the substrate composition in the Lyman State Forest Enterprise', *Forestry and Forest Melioration*, 140, pp. 42–48 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.140.2022.42>
- Vysotska, N., Tarnopil'skyi, P., Rumiantsev, M., Savushchuk, M., Danylenko, O., Prykhodko, O. and Yushchuk, V. (2021) *Containerized seedlings of Scots pine. Specifications*. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Yashchuk, I.V. and Shlonchak, H.A. (2019) 'Experience in cultivating Scots pine seedlings using plant growth regulators in the Klavdiyevske Forestry Enterprise', *Forestry and Forest Melioration*, 134, pp. 43–46 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.43>
- Yavorovskyy, P.P. (2004) *Improving agricultural techniques for growing planting material of ornamental plants*. PhD thesis. Kyiv: NAU (in Ukrainian).
- Zibtseva, O.V., Yashchuk, I.V. and Savych, N.V. (2012) 'Testing of EM technology during the cultivation of seedlings of Scots pine', *Scientific reports of NULES of Ukraine*, 171(2), pp. 135–138 (in Ukrainian).

EFFECTIVENESS OF THE USE OF PLANT GROWTH STIMULANTS WHEN CREATING SCOTS PINE FOREST PLANTATIONS IN KHARKIV FOREST RESEARCH STATION

Danylenko O.M.¹, Yushchik V.S.², Rumiantsev M.H.^{3*}

The study presents the results of the evaluation of the influence of growth stimulants Tsyrkon, Hreynaktyv-S, Kornevin, Radifarm plus, Aminostym and Megafol in the norms recommended by the manufacturer on biometric parameters, weight, and yield of standard containerized pine planting material in Kharkiv Forest Research Station. Root and foliar application of the growth stimulants solutions had a positive effect on the biometric parameters and the weight of one-year-old Scots pine seedlings. The height difference between the experimental variants and the control ranged from 21% to 52%, the difference for the root neck diameter ranged from 7% to 20%, the weight difference of the aboveground part of the seedlings in the air-dry state ranged from 16% to 46%, and that for the root system ranged from 26% to 59%. The percentage of standard one-year-old Scots pine seedlings in the experimental variants ranged from 86% to 98%, while in the control group, it was 76%. These results showed both the higher mensuration parameters and survivability of one-year-old Scots pine forest plantations established using containerized planting material grown with the use of growth stimulants, as compared to the plantations established using both containerized planting material grown without growth stimulants and bare-root planting material.

Key words: *Pinus sylvestris* L., seedlings, agrofiber container, survivability.

Одержано редколегією 05.02.2024

¹ Danylenko Oleh, State Enterprise “Kharkiv Forest Research Station”, Cherkaska Lozova, 62300, Kharkiv region, Ukraine. E-mail: dandik86@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7817-4299>

² Yushchik Vita, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: vitay2715@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2472-3882>

³ Rumiantsev Maksym, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: maxrum-89@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2245-2441>

* Correspondence: maxrum-89@ukr.net



ЛІСІВНИЧА ОЦІНКА ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ҐРУНТІВ ПІВНІЧНОЇ ЧАСТИНИ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

С. П. Распопіна^{1*}, Є. В. Іванічева²

Наведено результати дослідження ґрунтового покриву лісових земель філії «Олевське лісове господарство» ДП «Ліси України». Показано, що на обстеженій території представлено комплекс дерново-підзолистих ґрунтів автоморфного, напівгідроморфного й ґрунтового-гідроморфного типів, на яких ростуть мішані (сосново-березові) ліси. Здебільшого ґрунти характеризуються дуже кислою реакцією середовища та дуже низьким умістом гумусу й поживних речовин (NPK). Виняток становлять ґрунтові різниці, сформовані на еловії крейдяно-мергельних порід, у яких кислотність змінюється до нейтральної реакції, вміст рухомих сполук N та P – до середнього, а гумусу та K – до дуже високого рівня. Деревостани сосни звичайної цілком адаптувалися до кислого середовища та низької забезпеченості ґрунтів гумусом і поживними речовинами. Вони здебільшого ростуть за I (II) класом бонітету, а поліпшення ґрунтових умов сприяє його підвищенню до I^a класу. Зниження бонітету від I до III класу насамперед зумовлене перезволоженням ґрунту, а також зменшенням умісту глинистих часток, гумусу та рухомих сполук K.

Ключові слова: кислотність ґрунту, гумус, глинисті частки, сосна звичайна, клас бонітету.

Вступ. Ліси територією України розташовані вкрай нерівномірно. Лісистість становить від 5,3 % у Степу до 42 % в Українських Карпатах. Полісся є найбільш ліистою територією рівнинної частини, де ліси займають близько 40 % площі й становлять 24 % від загальних запасів лісів України (Ukrainian State Forest Management Planning Association, 2024). За природними ознаками й певною мірою адміністративно-територіальним поділом Українське Полісся поділяють на декілька фізико-географічних областей: Волинське, Житомирське, Київське, Чернігівське й Новгород-Сіверське Полісся. Житомирське Полісся займає велику частину Житомирської та північно-східні райони Рівненської областей та має найвищий рівень лісистості серед зазначених фізико-географічних областей (лісистість Рівненської області становить 36,4 %, Житомирської – 33,6 %) (Magunych, 1990).

Продуктивність лісів залежить від комплексу абіотичних і біотичних факторів, серед яких одними з визначальних є властивості ґрунтового покриву. Пошук взаємозв'язків між продуктивністю лісів і властивостями ґрунтів завжди є актуальним предметом наукового пізнання. У межах дослідженого регіону це питання було у фокусі уваги В. П. Краснова та О. В. Зборовської, які виявили доволі низьку потенційну родючість ґрунтів свіжих борів і суборів Житомирського Полісся, що характеризуються переважанням фракції дрібного піску у гранулометричному складі (Krasnov and Zborovska, 2013). Збільшення вмісту фізичної глини у 50-сантиметровому кореневмісному шарі цих едафотопів супроводжується зростанням лісорослинного ефекту (Krasnov and Zborovska, 2013; Zborovska, 2014; Krasnov *et al.*, 2017; Raspopina *et al.*, 2021). М. М. Ведмідь, С. П. Распопіна, О. В. Зборовська проаналізували лісорослинний потенціал дерново-підзолистих ґрунтів різних частин Полісся та дійшли висновку, що ґрунти Житомирського Полісся відзначаються дещо нижчим його рівнем, порівнюючи з Чернігівським, унаслідок більшого вмісту фракції грубого піску в материнській породі, що спричинює певне зниження рівня трофності (Vedmid *et al.*, 2014). Загалом зауважимо, що одним із визначальних показників лісової продуктивності піщаних ґрунтів за умов достатнього рівня зволоження, незалежно від їхнього географічного розташування,

¹ Распопіна Світлана Петрівна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, член-кореспондент Лісівничої академії наук України, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна; Державний біотехнологічний університет, п/в «Докучаєвське-2», 62483, Харківська обл., Україна. E-mail: s_raspopina@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

² Іванічева Євгенія Володимирівна, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: ivanicheva59@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-6886-321X>

* Адреса для кореспонденції: s_raspopina@ukr.net

є вміст глинистих часток (Rasporina *et al.*, 2021). У дослідженому регіоні описано значне різноманіття материнських порід, зокрема наявні кристалічні породи, які характеризуються високим рівнем залягання та нерідко виходять на денну поверхню. Глибина залягання цих порід значною мірою визначає інтенсивність росту соснових культур (Ejsmont, 2016; Kovalevskii and Krol, 2018). Дослідивши еколого-кліматичні чинники масового всихання соснових лісів Житомирського Полісся, П. В. Діденко констатує, що одним із чинників всихання є властивості ґрунту, зокрема дуже кисла реакція ґрунтового розчину (рН – 3,7–4,2) та низький уміст рухомого Фосфору (5–7 мг на 100 г ґрунту) (Didenko, 2023). Зниження відносної повноти та продуктивності соснових насаджень Малинського лісового господарства на Житомирщині спричиняють низька гумусованість та оглеєння дерново-підзолистих ґрунтів, а також падіння рівня ґрунтових вод (Levchenko and Chernousova, 2013).

Мета досліджень – оцінити лісорослинний потенціал ґрунтів північної частини Житомирського Полісся на основі комплексного (натурного та аналітичного) дослідження ґрунтового покриву філії «Олевське лісове господарство» Державного спеціалізованого підприємства (ДП) «Ліси України». Для досягнення мети планували виконати такі завдання: 1) визначити таксономічні назви ґрунтів обстежених лісових земель; 2) відібрати зразки ґрунту для аналітичних досліджень; 3) на основі зіставлення продуктивності деревостанів (класу бонітету) й результатів аналітичних досліджень, застосовуючи методи математичної статистики, визначити якісні та кількісні показники ґрунту, що впливають на його загальний лісорослинний потенціал і продуктивність соснових деревостанів.

Матеріали й методи. Проведене дослідження базується на концептуальних положеннях лісової типології Погребняка – Воробйова щодо єдності біотичних властивостей лісоутворювальних порід і факторів зовнішнього середовища.

Обстеження ґрунтового покриву проводили на лісових землях філії «Олевське лісове господарство» ДП «Ліси України», зокрема в лісових насадженнях Кам'янського лісництва (квартали 51, 77, 59, 87), Руднянського (30, 45, 65, 67, 81), Юрівського (11, 16, 17, 35, 37), Олевського (6, 21), Покровського (19, 24, 65) та Журжевицького (квартали 50, 46) лісництв шляхом закладання ґрунтових профілів і неглибоких ям (так званих прикопок) у різних типах лісорослинних умов (ТЛУ). З кожного генетичного горизонту ґрунту відбирали зразки для аналітичних досліджень. Загалом описано двадцять два ґрунтових профілі та зроблено 390 аналітичних вимірювань.

Лісорослинний потенціал ґрунтів оцінювали на основі їхнього лісорослинного ефекту, який визначали за класом бонітету деревостанів, використовуючи пакет основних показників ґрунту (кислотність, гранулометричний склад, вміст гумусу та рухомих форм N, P, K). Усі зазначені показники визначали стандартизованими методами досліджень (State Standard of Ukraine, 2002a; 2002b; 2005a; 2008; 2022). Ґрунти групували за властивостями відповідно до (State Standard of Ukraine, 2005b).

Результати, отримані в процесі натурних та аналітичних досліджень, обробляли математико-статистичними методами з використанням прикладної програми MS Excel (Орґуа, 2005).

Результати. Ліси дослідженої території здебільшого є мішаними середньовіковими насадженнями, в яких головною породою є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) з невеликою часткою (1–2 одиниці) супутньої породи – берези повислої (*Betula pendula* Roth.). Подекуди у складі насаджень наявні дуб звичайний (*Quercus robur* L.) та граб звичайний (*Carpinus betulus* L.). У надґрунтовому покриві значного поширення набули ягідники чорниці звичайної (*Vaccinium myrtillus* L.), проєктивне покриття яких є доволі рівномірним – від 20 до 30 %

Обстеження лісових ділянок філії «Олевське лісове господарство» ДП «Ліси України» показало, що ґрунтовий покрив здебільшого представлений комплексом дерново-підзолистих ґрунтів автоморфного, напівгідроморфного й ґрунтового-гідроморфного типів. Профіль досліджених дерново-підзолистих ґрунтів (*Sod-podzolic soils*) формується переважно під впливом процесу опідзолення, на який накладаються гумусово-акумулятивний і глейовий

процеси. Загалом описано такі ґрунти: дерново-слабопідзолисті на флювіогляціальних пісках (*Albic Retisols (Arenic)*) (рис.1, *a*), дерново-підзолисті глеюваті та дерново-підзолисті глейові (*Albic Gieyic Retisols (Arenic)*) на флювіогляціальних пісках (рис. 2, *b*), підзолисто-дернові (*Plaggic Retisols (Arenic)*) глейові та лучно-болотні (*Histic Gleysols*) на флювіогляціальних пісках, підстелених елювієм крейдыно-мергельних порід.

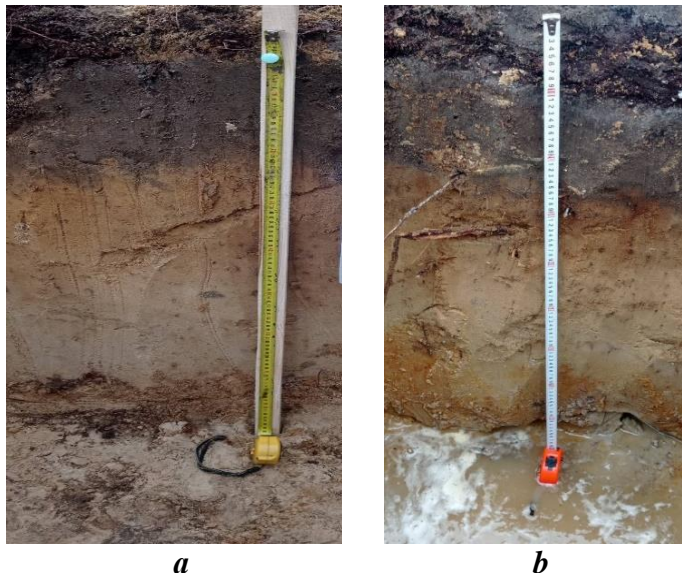


Рис. 1 – Профілі дерново-підзолистих лісових ґрунтів: *a* – автоморфного типу; *b* – напівгідроморфного типу

Fig. 1 – Profiles of sod-podzolic forest soils: *a* – automorphic type; *b* – semi-hydromorphic type

Поширення напівгідроморфних (оглеєних) ґрунтів зумовлене слабкою дренажісткістю території й близьким до поверхні заляганням ґрунтових вод, що й створює умови періодичного надлишкового зволоження. Ґрунти автоморфного й напівгідроморфного типів розповсюджені однаковою мірою (одинадцять із двадцяти двох описаних профілів).

Зазначені ґрунти формують значне різноманіття типів лісорослинних умов (ТЛУ) за групами як трофності, так і зволоження. Зокрема, описано такі ТЛУ: А₁, А₂, А₄, В₂, В₃, В₄, С₂. Найчастіше наявні умови вологого субору (В₃), які трапляються у 50 % випадків, тобто на одинадцяти серед двадцяти двох ділянок. Відповідно до типів лісорослинних умов бонітет деревостанів сосни звичайної змінюється від III до Ia класу, водночас здебільшого сосна характеризується високою продуктивністю (середній клас бонітету – 1,5).

У межах обстежених лісових ділянок поверхню ґрунтів укриває мертвий рослинний органічний матеріал, товщина, склад і ступінь трансформації якого залежать від умов місцезростання. Так, автоморфні ґрунти вкриває детрит, презентований типовою лісовою підстилкою (Н₀). Ґрунти гідро- та напівгідроморфного типу вкриті перегнійно-оторфованим матеріалом або напіврозкладеним оторфованим матеріалом. Товщина лісового детриту (приймемо, що він складається як із лісової підстилки, так і з перегнійно-оторфованого матеріалу) варіює в межах від 3 до 15 см та в середньому становить $6,5 \pm 1,5$ см. За такої умови шар лісової підстилки характеризується мінімальною товщиною, а перегнійно-оторфований матеріал, що вкриває лучно-болотні ґрунти, – максимальною.

Одним із найважливіших показників, що визначає низку інших властивостей ґрунту, зокрема водно-повітряних, фізичних, фізико-хімічних, поживних, мікробіологічних тощо, є його механічний (гранулометричний) склад. Найсприятливішими для росту, розвитку та продуктивності більшості деревних порід є суглинкові ґрунти, а саме – їхні легко- та середньосуглинкові різновиди. Водночас, за оптимальних умов зволоження, піщані різновиди, зокрема глинисто-піщані й супіщані, також можуть забезпечувати високу продуктивність низки лісоутворювальних порід. Насамперед це стосується типових

оліготрофів – сосни й берези. Аналіз даних свідчить, що вміст часток фізичної глини варіює в межах від 2,62 % (піщані ґрунти) до 25,12 % (легкосуглинкові) та в середньому становить $8,16 \pm 1,80$ % (глинисто-піщані). Домінують глинисто-піщані різновиди (50 %), піщані та супіщані займають по 23 %, а легкосуглинкові – лише 4 %. Важчий (легкосуглинистий) склад зафіксовано тільки на одній ділянці в Руднянському лісництві (кв. 65, вид. 58), де наявні дерново-підзолисті ґрунти на елювії крейджано-мергельних порід.

Окрім умісту фізичної глини важливим показником механічного складу є вміст мулистої фракції, а також її розподіл уздовж профілю, що свідчить про наявність та інтенсивність підзолоутворення. Результати гранулометричного аналізу показали, що вміст мулу коливається від 1,6 до 10,25 % за середнього значення $4,13 \pm 0,62$ %. Ця фракція здебільшого акумульована у Не-горизонті, донизу профілю її частка поступово знижується, що свідчить про помірність підзолоутворення. Такий профільний розподіл мулу є характерним для дерново-підзолистих ґрунтів піщаного складу, які й домінують у ґрунтовому покриві досліджених у філії «Олевське лісове господарство» ДП «Ліси України» лісових ділянок.

Обстежені ґрунти характеризуються дуже кислою реакцією середовища, а також низьким середнім рівнем забезпеченості гумусом та основними елементами живлення (State Standard of Ukraine, 2005b). Середні значення досліджених показників у гумусовому горизонті (Не, НЕ) наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Середні значення показників дерново-підзолистих лісових ґрунтів

Table 1

Average values of indicators of sod-podzolic forest soils

рН	Вміст глинистих часток, % Content of clay particles, %	Гумус, % Humus %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			мг на 100 г ґрунту mg per 100 g soil		
$4,6 \pm 0,36$	$8,15 \pm 1,79$	$1,54 \pm 0,48$	$2,64 \pm 0,59$	$2,27 \pm 0,58$	$2,73 \pm 0,77$

Обговорення. Ґрунти Полісся здебільшого сформовані на флювіогляціальних (водно-льодовикових), алювіальних і моренних (льодовикових) породах, що характеризуються легким гранулометричним складом, інколи трапляються леси, озерні та інші відклади. Піщані, супіщані та подекуди легкосуглинкові флювіогляціальні відклади вкривають великі простори моренно-зандрових рівнин. Серед інших ґрунтоутворювальних порід, наявних у регіоні, морена є найбагатшою на хімічні елементи, завдяки чому сформовані на ній ґрунти вирізняються доволі високим рівнем продуктивності. Подекуди поблизу крейджаних покладів залягає карбонатна морена, що сприяє гальмуванню підзолоутворення (Rozniak, 2010).

Загалом формування ґрунтів Полісся відбувається під впливом трьох типів ґрунтоутворення – підзолистого, дернового, частково болотного та відповідних рослинних формацій – деревної, трав'яної, болотної. На підвищених елементах рельєфу під наметом лісу в умовах промивного типу водного режиму створюються умови для підзолоутворення, що поєднується з дерновим типом, унаслідок чого формуються дерново-підзолисті ґрунти різного ступеня опідзолення та оглеєння, які й є зональними ґрунтами Українського Полісся.

Загалом отримані параметри показників ґрунту є доволі типовими для дерново-підзолистих ґрунтів на флювіогляціальних відкладах і цілком визначаються їхнім піщаним складом. Із загального ряду значно вирізняються ґрунти на елювії крейджано-мергельних порід, що характеризуються значним підвищенням умісту гумусу й основних елементів живлення – N, P, K та показника рН. Так, у їхньому верхньому горизонті вміст гумусу становить 2,89 %, N – 4,69 мг/100 г ґрунту, P₂O₅ – 11,6, K₂O – 41,63 мг/100 г ґрунту. Отже, за гумусом та N зафіксовано майже подвійне перевищення середніх значень обстежених дерново-підзолистих ґрунтів, а кислотність змінюється від сильно кислої до слабо лужної реакції (рН – 7,7). Щодо Фосфору та Калію, то проведення розрахунків перевищень є не коректним через різні методики визначення цих показників. Для ґрунтів, що містять карбонати та відповідно

характеризуються лужною реакцією середовища, використовують метод Мачигіна, а для кислих ґрунтів – метод Чирикова. Однак задля порівняння ми можемо використати не кількісні, а якісні показники – ступінь забезпеченості ґрунтів рухомими сполуками цих елементів (State Standard of Ukraine, 2005b). Так, середній ступінь забезпеченості обстежених дерново-підзолистих ґрунтів на флювіогляціальних пісках Фосфором є низьким (табл. 1), тоді як ґрунтів на елювії крейдіяно-мергельних порід – середнім, а забезпеченість ґрунтів Калієм змінюється від дуже низької (табл. 1) до дуже високої.

Вище було зазначено, що гранулометричний склад ґрунту, зокрема вміст глинистих часток (фізичної глини), зумовлює низку його властивостей, які, зі свого боку, визначають його лісорослинний потенціал. Ми простежили зв'язок цього показника з іншими параметрами ґрунту у верхньому гумусовому шарі (He, HE) та визначили, що найбільшою мірою вміст глинистих часток впливає на вміст гумусу та рухомих сполук К та N (рис. 2). Так, вміст фізичної глини із зазначеними показниками має прямолінійні математично доведені кореляційні залежності тісного рівня. З реакцією середовища та вмістом Фосфору вміст глинистих часток виявляє від'ємний зв'язок середнього рівня, коефіцієнти кореляції становлять -0,47 та -0,42 відповідно. Зазначимо, що загалом для більшості лісових ґрунтів характерним є гострий дефіцит Фосфору, який деревостани поглинають здебільшого із глибинних шарів ґрунту. Надалі сполуки Фосфору долучаються до біологічного кругообігу речовин.

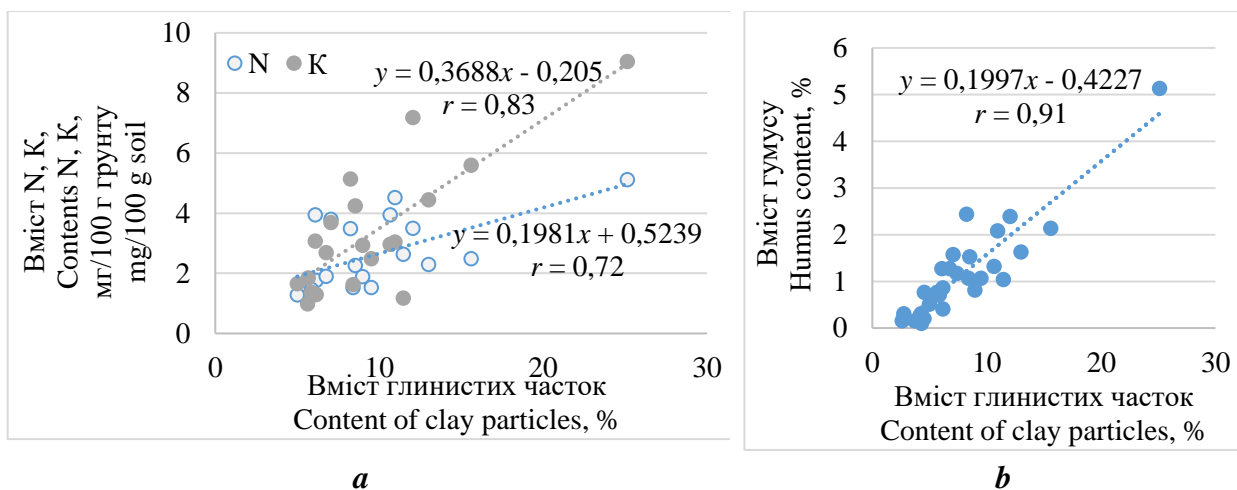


Рис. 2 – Залежність вмісту рухомих форм N, К (а) та гумусу (b) від вмісту глинистих часток у дерново-підзолистих ґрунтах

Fig. 2 – Dependence of the content of mobile forms of N, K (a) and humus (b) on the content of clay particles in sod-podzolic soils

Дуже важливим є визначення кількісних зв'язків у системі «ґрунт – деревостан», які дають змогу визначити, як ті чи інші показники ґрунту впливають на стан і продуктивність деревостану. Оскільки в умовах Полісся ліси здебільшого не відчують дефіциту вологи, то серед основних факторів, що можуть обмежувати збільшення їхньої продуктивності, є властивості ґрунту, зокрема його кислотність і трофність. Отримані результати свідчать, що середній показник актуальної кислотності становить 4,6 од. рН і варіює у дуже незначному діапазоні значень (у межах 0,1 од.) на ділянках із різним лісорослинним ефектом (табл. 2). Так, якщо під сосняками III класу бонітету рН гумусового горизонту становить 4,5 од., то I–II класу – 4,4 од., тобто ґрунти під високопродуктивними деревостанами є навіть дещо кислішими. Отже, кислотність дерново-підзолистих ґрунтів у діапазоні значень 4,4–4,5 од. рН не впливає на продуктивність соснових деревостанів.

Характеристика ґрунтів під сосновими деревостанами різних класів бонітету

Table 2

Characteristics of soils under pine stands of different site classes

Клас бонітету Site class	pH _{H2O}	Вміст глинистих часток, % Content of clay particles, %	Гумус, % Humus, %	мг на 100 г ґрунту mg per 100 g soil		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
I	4,4	10,59	1,89	3,15	2,51	4,14
II	4,4	9,11	1,06	2,06	3,22	1,89
III	4,5	6,9	0,83	1,41	3,43	1,61
HCP ₀₅ * I–II клас бонітету LSD ₀₅ * I–II site class	–	3,39	0,75	1,24	2,05	1,27
HCP ₀₅ I–III клас бонітету LSD ₀₅ I–III site class	–	3,30	0,61	1,24	2,72	1,40
HCP ₀₅ II–III клас бонітету LSD ₀₅ II–III site class	–	3,24	0,52	1,11	2,68	0,96

* HCP – найменша суттєва різниця.

* LSD – least significant difference.

Загалом уміст глинистих часток, гумусу та рухомих сполук Нітрогену та Калію у верхньому горизонті ґрунтів поступово знижується у ряду деревостанів від I до III класів бонітету. Задля встановлення залежності продуктивності сосняків від кількісних значень того чи іншого показника ґрунту використано найменшу суттєву різницю (HCP) між середніми значеннями показників.

Як показано вище, вміст глинистих часток значною мірою визначає загальну трофність ґрунту, а отже й продуктивність деревостанів. Водночас його вплив у межах ділянок із різним лісорослинним ефектом має деякі особливості. Так, хоча й спостерігається чітка загальна тенденція зменшення продуктивності деревостанів у міру зниження вмісту глинистих часток, втім математично доведено вона є для ділянок, де вміст часток фізичної глини становить від 10,59 до 6,9 %, а бонітет деревостанів відповідно від I до III класу, тоді як розбіжність між середньопрофільним умістом глинистих часток у ґрунті під деревостанами I й II та II й III класів є несуттєвою (табл. 2). Подібно до вмісту глинистих часток, зміну значень Нітрогену, що достовірно впливає на лісорослинний ефект (від 3,15 до 1,41 мг/100 г ґрунту), виявлено між ґрунтами під деревостанами I та III класів бонітету. На відміну від попередніх показників, математично доведене зростання вмісту гумусу та Калію, що супроводжується підвищенням лісорослинного ефекту, зафіксовано на ділянках під сосняками I й II та I й III класів. Щодо вмісту рухомого Фосфору, то закономірностей його впливу на продуктивність соснових деревостанів не виявлено.

Одним із елементів лісової екосистеми, що виконує низку важливих функцій, є лісова підстилка, зокрема – це потужне потенційне джерело енергії, органічних сполук та сховище поживних елементів. У процесі її мінералізації низка хімічних елементів – N, P, Ca, Mg, K, Fe, Si, Cu тощо – трансформуються в рухомі форми, мігрують до ґрунту, де частково поглинаються мікоризою й активними коренями та залучаються до біологічного кругообігу речовин. Як зазначалося вище, обстежений ґрунтовий покрив добре дренованих підвищених лісових місцезростань вкриває типова лісова підстилка, а перезволожених – перегнійно-оторфований матеріал. Зіставлення товщини детриту та продуктивності соснових деревостанів показало, що зменшення його товщини супроводжується підвищенням класу бонітету сосняків (рис. 3). Отже, вповільнення мінералізації детриту в перезволожених місцезростаннях знижує інтенсивність біологічного кругообігу речовин, тобто погіршує живлення деревостанів, що в підсумку відбивається на їхній продуктивності.

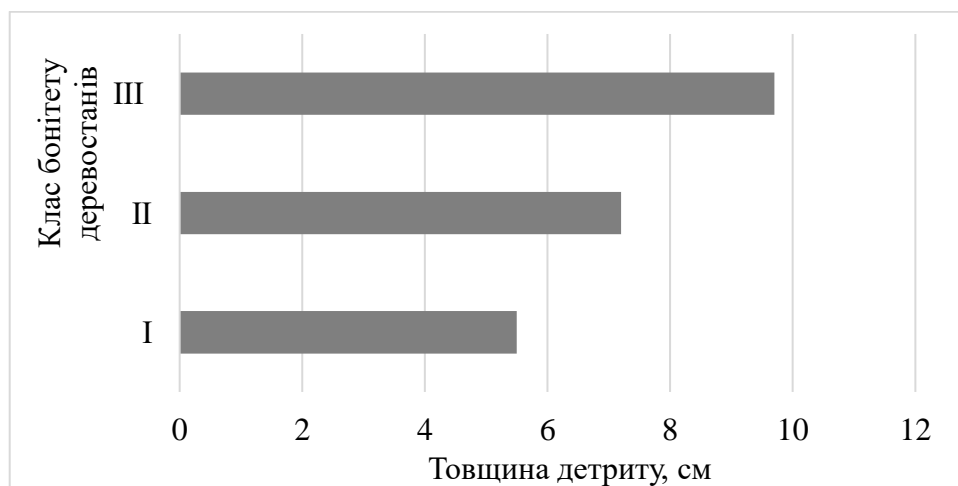


Рис. 3. – Співвідношення товщини детриту та класу бонітету соснових деревостанів
Fig. 3 – The ratio between the thickness of detritus and the quality class of pine stands

Висновки. Ґрунтовий покрив лісових земель здебільшого представлений комплексом дерново-підзолистих ґрунтів автоморфного, напівгідроморфного й ґрунтового-гідроморфного типів, утворених на флювіогляціальних пісках, які формують значне різноманіття місцезростань як за групами трофності, так і зволоження (A₁, A₂, A₄, B₂, B₃, B₄, C₂) за найбільшої представленості умов B₃.

Здебільшого ґрунти характеризуються дуже кислою реакцією середовища, дуже низьким умістом гумусу та поживних речовин (NPK). Виняток становлять ґрунтови різниці, сформовані на елювії крейдяно-мергельних порід, у яких кислотність змінюється до нейтральної реакції, уміст рухомих сполук N та P – до середнього, а гумусу та K – до дуже високого рівня.

Деревостани сосни звичайної цілком адаптувалися до кислого середовища та низької забезпеченості ґрунтів гумусом і поживними речовинами та переважно ростуть за I (II) класом бонітету, покращення ґрунтових умов сприяє його підвищенню до I^a класу. Зниження бонітету від I до III класу насамперед зумовлене перезволоженням ґрунту, а також погіршенням деяких властивостей ґрунту. Серед досліджених показників ґрунту на продуктивність деревостанів найбільшою мірою впливають уміст глинистих часток, гумусу та рухомих сполук N та K. Кількісні зміни середніх значень зазначених показників (у бік зменшення), що призводять до якісних змін деревостану, зокрема, до зниження його продуктивності від I до III класу бонітету, математично доведено, водночас їхній вплив на зниження бонітету від I до II класу підтверджено тільки для гумусу та рухомих сполук K.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання досліджень із післяпроектного моніторингу стану ґрунтів після проведення суцільних санітарних рубок на території філії «Олевське лісове господарство» ДП «Ліси України» (2023 р.).

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Didenko, P. (2023) *Ecological and climatic factors of mass drying of pine forests in Zhytomyr Polissya*. PhD. thesis. Zhytomyr (in Ukrainian).
- Ejsmont, V.S. (2016) 'Forest plantations of Scots pine on soils with stony breed SE "Korostishev FE"', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(5), pp. 36–40. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvntlu_2016_26 (Accessed: 7 May 2024) (in Ukrainian).
- Kovalevskii, S.B. and Krol, A.V. (2018) 'Pine planting of Korostyshiv Forestry State Enterprise on soils of crystalline rocks', *Scientific Bulletin of UNFU*, 28 (1), pp. 20–23. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40280103>
- Krasnov, V.P. and Zborovska, O.V. (2013) 'The influence of soil fertility on the productivity of pine stands in different type of forest growing conditions of Zhytomyr Polissia', *Agroecological journal*, 4, pp. 65–69 (in Ukrainian).
- Krasnov, V., Zborovska, O., Landin, V. and Sukhovetska, S. (2017) 'Characteristics of forest soils on moraine deposits under various types of site conditions', *Agroecological journal*, 1, pp. 43–49 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2017.220963>

- Levchenko, V. and Chernousova, I. (2013) 'The effect of edaphic and phytopathogenic factors on the forest productivity under the conditions of Zhytomyr Polesye', *Bulletin of the Zhytomyr National Agro-Ecological University*, 1(1), pp. 243–248. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2013_1%281%29_38 (Accessed: 7 May 2024) (in Ukrainian).
- Marynych, O.M. (ed.) (1990) *Geographical Encyclopedia of Ukraine: Volume 3*. Kyiv: "Ukrayinska Radyanska Entsyklopediya" im. M. P. Bazhana (in Ukrainian).
- Oprya, A.T. (2005) *Statistics. Mathematical statistics. General theory of statistics*. Kyiv: Center for Educational Literature (in Ukrainian).
- Pozniak, S.P. (2010) *Soil science and soil geography*. In two parts. Lviv: LNU named after Ivan Franko (in Ukrainian).
- Raspopina S., Degtyarjov V. and Chekar O. (2021) 'Comparative Evaluation of the Sandy Soils of Pine Forests in Ukraine' in Dmytruk Y., Dent D. (eds). *Soils Under Stress*. Springer International Publishing, pp. 153–159. ISBN 978-3-030-68393-1. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68394-8_15
- State Standard of Ukraine (2002a) *DSTU 4114-2002. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by modified Machigin method*. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine (in Ukrainian).
- State Standard of Ukraine (2002b) *DSTU 4115-2002. Soils. Determination of mobile compounds of phosphorus and potassium by modified Chirikov method*. Kyiv: State Standard of Ukraine (in Ukrainian).
- State Standard of Ukraine (2005a) *DSTU 4289:2004. Soil quality. Methods for determination of organic matter*. State Standard of Ukraine. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine (in Ukrainian).
- State Standard of Ukraine (2005b) *DSTU 4362:2004. Soil quality. Fertility indexes of soils*. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine (in Ukrainian).
- State Standard of Ukraine (2008) *DSTU 4730-2007 Soil quality. Determination of the granulometric composition analysis by the pipette method in modification of N. A. Kachynskiy*. Kyiv: State Consumer Standard of Ukraine.
- State Standard of Ukraine (2022) *DSTU ISO 10390:2022. Soil, treated biowaste and sludge. Determination of pH (ISO 10390:2021, IDT)*. Kyiv: State Standard of Ukraine (in Ukrainian).
- Ukrainian State Forest Management Planning Association (2024). *National Forest Inventory (NFI)*. Available at <https://nfi.lisproekt.gov.ua/en/national-forest-inventory/> (Accessed: 26 May 2024).
- Vedmid, M.M., Raspopina, S. P. and Zborovska, O.V. (2014) 'The capacity for forest production of sod-podzolic soils in Eastern and Central Polesye', *Scientific Herald of NULES of Ukraine, Series: Horticulture*, 187(3), pp. 176–185. (in Ukrainian).
- Zborovska, O.V. (2014) 'Scotch Pine Stands productivity in fresh "bir" and "subir" on the water-glacial deposits in the forests of Zhytomyr Polissya', *Scientific Bulletin of UNFU*, 24 (1), pp. 51–56 (in Ukrainian).

FORESTRY ASSESSMENT OF SOD-PODZOL SOILS' PROPERTIES IN THE NORTHERN PART OF ZHYTOMYR POLISSYA

Raspopina S.P.^{1*}, Ivanicheva Y.V.²

The results of a comprehensive study of the soil cover of forest lands of the State Specialized Forest Enterprise «Forests of Ukraine», Branch «Olevsk Forestry» are presented. The soil cover is a complex of sod-podzolic soils of automorphic, semi-hydromorphic and soil-hydromorphic types, on which mixed (pine-birch) forests grow. Soils are characterized by a very acidic reaction of the environment and very low content of humus and nutrients (NPK). Exceptions are soils that formed on the eluvium of chalk-marl rocks. In these soils, the acidity changes to a neutral reaction, the content of mobile compounds N and P shifts toward an average level, and humus and K to a very high level. *Pinus sylvestris* stands adapted to the acidic environment and low soil supply with humus and nutrients and mainly grow according to site class I (II). Improvement of soil conditions leads to increased site class I^a. The decrease in the pine productivity from site class I to class III is firstly due to excessive moisturizing of the soil, as well as a decrease in the content of clay particles, humus and mobile compounds of K.

Key words: soil acidity, humus, clay particles, *Pinus sylvestris*, site class.

Одержано редколегією 28.05.2024

¹ Raspopina Svitlana, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine; State Biotechnological University, 44 Alchevskiyh, Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: s_raspopina@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1880-9364>

² Ivanicheva Yevheniia, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine E-mail: ivanicheva59@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-6886-321X>

* Correspondence: s_raspopina@ukr.net

ЕКОЛОГІЯ І МОНІТОРИНГ

УДК 630.114.351:630.425:630.43:630.561.243

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.88>**ПІДСТИЛКА ЯК МАРКЕР АНТРОПОТЕХНОГЕННИХ ЗМІН
У СОСНОВИХ ЛІСАХ РІВНИННОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ**В. П. Ворон¹, І. М. Коваль^{2*}

Виявлено особливості трансформації ланки «опад – підстилка» соснових лісостанів в умовах антропогенного забруднення та рекреації. Запас і структура лісової підстилки залежать від типу лісорослинних умов і віку насаджень. Через порушення екологічних умов уповільнюються процеси мінералізації фітодетриту. Унаслідок цього накопичується мортмаса, що відбивається на запасах, потужності та структурі підстилки. Так, у техногенній зоні період формування лісової підстилки збільшується на 0,9–3,0 року, а вміст важких металів у ній – у 3,4–5,5 разу, ніж за межами цієї зони. У міру збільшення рівня рекреаційного навантаження зменшується запас підстилки, а тривалість існування мортмаси в усіх підгоризонтах подовжується (різниця між сосняками першої та четвертої стадій рекреаційної дигресії становить один рік). Одержані дані свідчать про доцільність використання показників запасу, потужності та структури підстилки для індикації інтенсивності антропогенного впливу.

Ключові слова: запаси підстилки, потужність підстилки, *Pinus sylvestris* L., промислове забруднення, рекреаційне навантаження, лісові пожежі.

Вступ. Раціональне лісокористування має базуватися на комплексному вивченні механізму впливу екологічних факторів на лісостани. Однією з необхідних умов підтримання стійкості лісових насаджень є нормальне функціонування зооценозу й мікробоценозу, що є гетеротрофним блоком, який забезпечує утилізацію, перебудову та розкладання складних речовин. Підстилка відрізняється як від мінеральної частини ґрунту, так і від опадів органічним складом, факторами утворення тощо. Кожен із шарів підстилки є дискретним утворенням із певними фізичними, хімічними й біотичними властивостями (Chornobay, 2000; Ganteaume *et al.*, 2011). Підстилка як біоценотичній системі притаманна просторова ієрархічність процесів, яка визначається якістю субстрату (Bogatyrev, 1996) та загальною схемою реакцій (Alexandrova, 1980), причому кожна наступна взаємодія не є можливою без попередніх процесів (Chornobay, 2000). Особливістю підстилки є також те, що попередні етапи трансформації відбуваються в її вище розташованих шарах (Davidova, 1983; Grishina, 1986). Структура і період існування профілю підстилки визначаються співвідношенням стійких і нестійких компонентів та їхньою взаємодією в певних екологічних умовах (Bogatyrev, 1996). Інтенсивність деструкції фітодетриту залежить як від початкової резистентності його компонентів (наприклад лігніну, целюлози), так і від вторинної резистентності проміжних і кінцевих продуктів, що утворюються в процесі розкладання (Alexandrova, 1980; Davidova, 1983).

Оскільки лісова підстилка бере участь у процесі ґрунтоутворення, важливим є питання її трансформації. Інтенсивність деструктивного процесу залежить як від кількості та якості підстилки й умов розкладання, так і від активності процесу розкладання (Karpachevsky, 1981; Uchvatov, 1983). Водночас деструкцію мортмаси може лімітувати комплекс природних і антропогенних чинників (Davidova, 1983; Koptsik *et al.*; 2001; Vorobeychik, 2003;

¹ Ворон Володимир Пантелеймонович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: 52corvus@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1059-3032>

² Коваль Ірина Михайлівна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: koval_iryana@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>.

* Адреса для кореспонденції: koval_iryana@ukr.net

Banerjee *et al.*, 2023). За певних умов товщина та структура лісової підстилки можуть сприяти виникненню пожежі. Оскільки підстилка є основною складовою горючих матеріалів у лісовій екосистемі, від її маси та стану може залежати розвиток пожежі (Ganteaume *et al.*, 2011). Це є важливим для сосняків не тільки Степу, але й Полісся, де запас підстилки може сягати $830 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1}$, а товщина – 15 см (Voron, 2021). Потужність підстилки є зручним інтегральним параметром сапрофітного комплексу діяльності ґрунтової біоти, який може бути ефективно використаний у діагностиці антропогенного порушення лісових екосистем (Vodyanitskii *et al.*, 2016).

Метою досліджень було виявити особливості трансформації ланки «опад – підстилка» соснових лісостанів в умовах антропогенного впливу.

Матеріали й методи. Дослідження формування підстилки в разі аеротехногенного забруднення проводили на постійних пробних площах (ППП) (Voron, 2021) у техногенних зонах:

– Рівненського виробничого акціонерного товариства «Азот» (РВАТ «Азот») та Лисичансько-Рубіжансько-Северодонецької промагломерації (ЛРСПА) із домінуванням у викидах SO_2 , NO_x , NH_3 ;

– Зміївської теплової електростанції (ЗТЕС), у викидах якої переважають оксиди сірки, азоту та попел із великим умістом важких металів.

Величину опадів й запасів підстилки визначали в сосняках зеленої зони м. Харків, які становлять екологічний ряд за стадією рекреаційної дигресії (СРД) (Voron *et al.*, 2008).

Вихідною точкою оцінювання процесу біокругообігу речовин є свіжий опад, із якого починається весь процес детритної трансформації. Під опадом розуміють як процес надходження фітодетриту на поверхню ґрунту, так і мортмасу, з якої формується верхній шар підстилки.

Для обліку надходження опадів на кожній ППП закладено по 10 облікових площадок площею 1 м^2 . Облік надходження опадів здійснювали впродовж року, з початку жовтня попереднього до кінця вересня поточного року. Масу підстилки визначали наприкінці вересня з розподілом на шари мінералізації на 10 ділянках розміром $1 \times 1 \text{ м}$. Одночасно виділяли три шари підстилки (Chornobay, 2000):

– L, опадовий – складається зі свіжого опадів, що зберіг початкову форму, морфологію та потужність побурілих рослинних залишків рихлого складення;

– F, ферментативний – бурі (коричнево-бурі) органічні залишки, які наполовину розклалися та втратили початкову форму та потужність, ущільнений, зв'язаний тонким корінням наземного покриву та гіфами грибів;

– H, гуміфікаційний – темно-бурий, чорний, що повністю розклався, дещо брудниться, часто порошкоподібної структури з домішками шматочків рослин і плодів, густо пронизаний корінням, з домішкою мінеральних часток ґрунту.

Запаси підстилки визначали за методикою Л. Є. Родіна та Н. І. Базилевича (Rodin and Bazilevich, 1965). Хід процесів розкладання оцінювали за підстилково-опадовим коефіцієнтом (ПОК), тобто за відношенням маси підстилки до маси річного опадів, а також за коефіцієнтом накопичення (K), який, згідно з Ю. М. Чернобаєм (Chornobay, 2000), є відношенням маси нижчого шару мінералізації до маси вище розташованого. Наприклад, для шару L коефіцієнт накопичення K_L є відношенням маси шару (M_L) до маси річного опадів ($M_{\text{ОП}}$): $K_L = M_L / M_{\text{ОП}}$. При $K > 1$ у шарі переважає процес накопичення, при $K < 1$ – розкладання, а при $K = 1$ потоки надходження і витрат є збалансованими. Мортмаса перебуває в межах кожного шару підстилки певний час, пропорційний до величини K. Тривалість існування (T) для маси кожного із шарів становить: $T_L = T_{\text{ОП}} \cdot K_L$; $T_F = T_L \cdot K_F$; $T_H = T_F \cdot K_H$.

Маса кожного шару є результатом проходження всіх попередніх стадій розкладання. Характерна тривалість існування маси (TM) шару становить суму TM попереднього шару і T цього шару:

$$TM_L = TM_{\text{ОП}} + T_L; TM_F = TM_L + T_F; TM_H = TM_F + T_H.$$

Сумарний вік підстилки – це тривалість існування системи, яка збільшується від шару до шару, наближаючись у максимумі до значення підстилково-опадового коефіцієнта – ПОК.

Зразки рослинного матеріалу (хвою) відібрано для визначення в них вмісту важких металів методом атомно-абсорбційної спектروفотометрії (Voron *et al.*, 2008).

Результати. У разі аеротехногенного забруднення внаслідок накопичення фітотоксикантів відбувається передчасне осипання хвої другого і третього року. Так, у зоні Лиси-чансько-Рубіжансько-Северодонецької промислової агломерації (ЛРСПА) у сильно пошкодженому сосняку (на відстані 3 км від ЛРСПА) вміст у хвої Сульфуру більше ніж втричі перевищує його вміст у хвої сосни на контрольній ділянці (на відстані 30 км від ЛРСПА) (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст Сульфуру у хвої середньовікових сосняків у техногенній зоні ЛРСПА*

Table 1

Sulfur content in pine needles in the technogenic zone of LRSPA*

Відстань від джерела забруднення, км Distance to the source of pollution, km	Вміст Сульфуру у хвої різного віку, % Sulfur content in needles of different ages, %	
	Однорічна One-year-old	Дворічна Two-year-old
3,0	0,27	0,30
9,0	0,09	0,12
30,0	0,08	0,11

*ЛРСПА – Лисичансько-Рубіжансько-Северодонецька промислова агломерація.

LRSPA – Lysychansk-Rubizhne-Severodonetsk Industrial Agglomeration.

Виявлено, що внаслідок забруднення в техногенній зоні РВАТ «Азот» вміст Сульфуру в опаді був в 1,3–2,5 разу, у підстилці – в 1,6–2,2 разу більшим, ніж на контролі. Деяко меншою була різниця у вмісті Нітрогену: в опаді – в 1,1–1,6 разу і в підстилці – в 1,5–1,7 разу (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст Сульфуру й Нітрогену в підстилці та опаді 70-річних сосняків в зоні РВАТ «Азот»*

Table 2

Sulfur and nitrogen content in the forest litter and the floor of 70-year-old pine forests in the area of RIJSC “Azot”

Відстань від РВАТ «Азот», км Distance to “Azot”, km	Сульфур Sulfur				Нітроген Nitrogen			
	Підстилка The litter		Опад The floor		Підстилка The litter		Опад The floor	
	%	кг·га ⁻¹ kg·ha ⁻¹	%	кг·га ⁻¹ kg·ha ⁻¹	%	кг·га ⁻¹ kg·ha ⁻¹	%	кг·га ⁻¹ kg·ha ⁻¹
4	0,28	92	0,22	12	2,09	686	1,71	93
7	0,21	63	0,14	8	1,98	595	1,39	83
9	0,22	61	0,11	7	1,78	492	1,20	77
25	0,13	27	0,09	6	1,20	249	1,09	74

*РВАТ «Азот» – Рівненське виробниче акціонерне товариство «Азот».

*RIJSC “Azot” – Rivne Industrial Joint Stock Company “Azot”.

У разі аеротехногенного забруднення Нітрогеном максимальний вміст у підстилці загального Нітрогену (3,15 %) відзначено в найбільш забрудненому насадженні. У міру віддалення від техногенної зони ЛРСПА вміст Нітрогену знижується: на відстані 5 км – на 3,12 %, на відстані 7 км – на 2,47 %.

Дослідження підстилки в сосняках, що перебували під впливом ЗТЕС, виявили, що зольність і вміст важких металів збільшуються від верхнього (опадового) до нижнього (гуміфікаційного) шару підстилки. Різниця між цими шарами досягає десятків разів. Для

важких металів у підстилці ці тенденції є особливо виразними. Наприклад, уміст Cr у нижньому шарі підстилки є у 12–14 разів більшим, ніж в опаді, Cu – в 14–19 разів, Zn – у 7–11 разів, Sr – у 8–13, Pb – у 13–18 разів, причому загальний уміст і перевищення за вмістом нижніх шарів над вище розташованими збільшуються у міру наближення до джерела забруднення. У верхньому шарі підстилки вміст Хрому є в 2,0–5,0, Цинку – в 1,6–2,0, Плюмбуму – в 1,6–3,0 разу вищим, ніж в опаді. Вміст важких металів у підстилці збільшується вниз за її профілем. Особливо високий уміст важких металів зафіксовано в нижньому шарі підстилки (табл. 3).

Таблиця 3

Уміст важких металів у підстилці соснових насаджень зони Зміївської теплової електростанції, мг·кг⁻¹

Table 3

Heavy metal content in the litter of pine forests in Zmiyiv Thermal Power Plant area, mg·kg⁻¹

Відстань, до ЗТЕС км Distance to the Power Plant, km	Шар Layer	Уміст важких металів Heavy metal content					
		Cr	Zn	Ni	Cu	Pb	Σ
4,6	L	1,9	28,8	3,0	3,8	3,1	155,3
10,5		1,4	22,5	1,2	3,6	1,8	132,8
16,0		0,9	9,9	0,6	1,0	0,8	52,4
28,2		0,9	6,4	0,6	1,0	0,8	68,2
4,6	F	2,9	46,8	5,6	9,0	5,8	157,4
10,5		5,2	24,6	6,2	7,7	2,9	330,7
16,0		1,6	25,6	3,8	5,1	2,4	118,9
28,2		2,2	15,0	3,6	4,8	2,3	106,6
4,6	H	21,5	70,8	53,8	28,3	14,2	1638,9
10,5		25,6	64,0	38,4	20,5	11,3	1459,5
16,0		12,3	99,5	27,9	19,9	12,3	587,9
28,2		6,3	41,3	10,6	13,2	5,0	335,9

Середнє надходження опадів в сосняках у техногенній зоні РВАТ «Азот» коливається від 5,4 до 6,8 т·га⁻¹·рік⁻¹, у зоні ЛРСПА – в межах 6,7–9,5 т·га⁻¹·рік⁻¹, у зоні ЗТЕС – у межах 9,7–11,4 т·га⁻¹·рік⁻¹. У разі збільшення техногенного навантаження з одного боку зменшується частка хвої у складі опадів, з іншого – зростає запас підстилки, тому що забруднювачі гальмують процес розкладання органічних речовин. Так, якщо за межами техногенної зони маса підстилки становить 20,8 т, то в сосняках у техногенній зоні РВАТ «Азот» на відстані 9 км від джерела забруднення вона є більшою в 1,3–1,6 разу. Особливо значним є накопичення підстилки в техногенно пошкоджених сосняках у степу. За межами дії техногенних викидів загальна маса підстилки в сосняках перевищує 50 т·га⁻¹. У зоні ЛРСПА максимальний запас підстилки у сильно пошкоджених сосняках становив 54,6 т·га⁻¹, що є на 18 % більшим, ніж за межами дії техногенних викидів (контроль).

У зоні забруднення ЗТЕС загальна маса підстилки на 20 % є більшою проти контролю. Визначення запасів підстилки дає змогу оцінити сумарне накопичення важких металів. Оскільки вміст важких металів і запас підстилки збільшуються у міру наближення до ЗТЕС, відносна величина забруднення сумарного накопичення суттєво збільшується. Так, загальний запас важких металів у підстилці коливається від 158,8 до 384,3 г·га⁻¹, що є в 3,4–5,5 разу більшим, ніж на контролі (табл. 4, 5).

Накопичення важких металів збільшується зверху донизу підстилки. Так, сумарний вміст Ті в шарі Н у радіусі до 8,5 км від ЗТЕС є у 92–158 разів, Mn – у 32–82 рази, Cr – у 33–52, V – у 68–92, Ni – у 70–178 разів вищим, ніж у шарі L.

Маса підстилки й опадів та підстилково-опадовий коефіцієнт у сосняках техногенної зони

Table 4

Mass of litter and litter-floor coefficient in pine forests of the industrial zone

Відстань від джерела забруднення, км Distance to pollution source, km	Маса підстилки за горизонтами Litter mass by horizons						Загальна маса, т·га ⁻¹ Total mass, t·ha ⁻¹		ПОК* FLC*
	L		F		H		Підстилка The litter	Опад The floor	
	т·га ⁻¹ t·ha ⁻¹	%	т·га ⁻¹ t·ha ⁻¹	%	т·га ⁻¹ t·ha ⁻¹	%			
Рівненське виробниче акціонерне товариство «Азот» Rivne Industrial Joint Stock Company "Azot"									
4	7,06	21,5	7,17	21,8	18,60	56,7	32,83	5,41	6,06
7	6,47	21,5	6,80	22,6	16,80	55,9	30,07	5,96	5,04
9	6,37	23,0	6,38	23,1	14,90	53,9	27,65	6,38	4,34
25	5,05	24,3	5,80	28,0	9,90	47,7	20,75	6,80	3,06
Лисичансько-Рубіжансько-Северодонецька промислова агломерація Lysychansk-Rubizhne-Severodonetsk Industrial Agglomeration									
3,0	13,7	25	32,3	59	8,7	16	54,6	6,7	8.15
5,0	14,9	27	30,3	55	10,2	18	55,4	6,7	8.27
7,0	13,8	29	23,6	49	10,3	21	47,7	7,2	6.63
30,0	19,5	39	20,0	40	11,1	22	50,5	9,5	5.32
Зміївська теплова електростанція Zmiyiv Thermal Power Plant									
4,0	5,9	13,2	13,7	30,4	25,2	56,4	44,8	9,7	4,62
6,5	6,8	18,0	13,2	33,9	18,2	48,1	38,2	10,9	3,49
7,5	5,9	18,9	10,6	34,2	14,7	47,0	31,1	8,8	3,56
28,0	11,3	27,4	14,4	35,9	15,0	36,7	40,8	11,4	3,59

*ПОК – підстилково-опадовий коефіцієнт.

*FLC – the floor-litter coefficient.

Природно, що в опадовому та ферментативному шарах підстилки сосняків переважають процеси розкладання мортмаси і лише в шарі гуміфікації – накопичення. Однак у техногенній зоні вже на відстані 9 км від РВАТ «Азот» в опадовому і ферментативному шарах підстилки процеси розкладання й накопичення мортмаси є врівноваженими, а в шарі гуміфікації процеси надходження є більшими в 1,6 разу. У ближче розташованих до джерела емісії сосняках деструкція фітодетриту гальмується в усіх шарах, але найсильніше – у ланці гуміфікації.

Значне накопичення підстилки на контролі свідчить про природну загальмованість деструкції фітодетриту в Степу. У техногенній зоні ЛРСПА у верхньому горизонті підстилки L опад становить майже дві річні норми. На контролі найбільш потужним є ферментативний шар – на нього припадає 40–46 % маси підстилки, а найменшим є шар гуміфікації, який становить 21–24 % маси підстилки.

У техногенній зоні значно зростає період сумарного часу існування підстилки. Особливо значне зростання періоду деструкції фітодетриту характерне для нижнього шару H підстилки. Загальний час формування запасу мортмаси Т_Н у техногенній зоні є на 0,9–3,0 року більшим, ніж на контролі (30 км від джерела забруднення). На контролі тривалість існування мортмаси коливається від 0,37 до 0,54 року, а загальний час формування наявного запасу Т_Н становить 1,92 року, що є в 1,6 разу меншим, ніж ПОК. У техногенній зоні ці показники значно збільшуються. Виявлено значне збільшення тривалості знаходження мортмаси в шарі H. Так, час перебування детриту Т_Н у сосняку, що знаходиться на відстані 4,0 км від РВАТ «Азот», є у 5,5 разу довшим, ніж на контролі. Для відстані 7 км і 9 км збільшення часу становить 3,5 і

2,3 разу відповідно. Загальний час формування запасу мортмаси T_M на 0,9–3,0 року перевищує час її формування на контролі. Показники запасу за шарами мінералізації підстилки мають чітку тенденцію до збільшення у міру наближення до джерела забруднення. На всіх ППП час сумарного існування підстилки є меншою від величини ПОК (табл. 6).

Таблиця 5

Запас важких металів у підстилці сосняків техногенної зони Зміївської теплової електростанції

Table 5

The content of heavy metals in the litter of the pine forests in the polluted area around the Zmiyiv Thermal Power Plant

Відстань від джерела забруднення, км Distance from pollution source, km	Шар Layer	Маса підстилки $t \cdot ga^{-1}$ Litter weight, $t \cdot ha^{-1}$	Сумарний вміст важких металів, $kg \cdot ga^{-1}$ Total heavy metal content, $kg \cdot ha^{-1}$					
			Cr	Zn	Ni	Cu	Pb	Σ
4,6	L	6,5	0,13	0,94	0,10	0,25	0,10	8,96
6,9		7,1	0,09	0,84	0,07	0,17	0,10	4,33
7,9		6,6	0,12	1,23	0,29	0,31	0,07	5,19
8,5		7,1	0,08	0,92	0,03	0,17	0,06	4,05
12,5		6,4	0,08	0,58	0,04	0,09	0,04	3,76
28,2		9,0	0,08	0,29	0,03	0,09	0,04	5,80
4,6	F	16,0	0,46	3,74	0,44	1,44	0,46	20,49
6,9		14,0	0,47	2,41	0,36	1,20	0,37	17,36
7,9		11,5	0,29	2,09	0,26	1,05	0,23	12,97
8,5		14,	0,68	1,70	0,27	1,06	0,26	23,97
12,5		13,5	0,49	1,73	0,30	0,99	0,16	35,76
28,2		15,0	0,32	1,12	0,27	0,72	0,17	14,39
4,6	H	26,2	6,56	10,25	9,02	9,84	2,62	354,84
6,9		20,0	3,14	3,93	4,72	5,24	1,42	193,99
8,5		20,0	4,30	7,08	5,38	5,66	1,42	313,90
12,5		10,4	1,37	2,74	2,19	2,19	0,52	106,92
28,2		16,0	1,01	3,31	0,85	2,12	0,40	49,31

Зміни лісової підстилки внаслідок рекреаційного впливу мають інший характер. Основним фактором впливу на підстилку є механічний тиск. На ранніх стадіях рекреаційної дегресії підстилка ущільнюється, подрібнюється, змінюються потужність і співвідношення підгоризонтів. Збільшення щільності підстилки супроводжується зменшенням її потужності навіть на найбільш ранніх стадіях дигресії. Товщина підстилки сосняків у зеленій зоні Харкова коливається від 1 до 5 см. Найбільшу товщину зафіксовано на контролі – 3,2 см, найменшу – у сосняках третьої та четвертої стадій рекреаційної дигресії – 2,3 см. Опад, що формує підстилку, може не залишатися на місці формування як завдяки пішоходам, так і в результаті ерозії. Наявна чітка тенденція зменшення запасу підстилки у міру збільшення рівня рекреаційного навантаження. Найбільшу масу підстилки виявлено в деревостанах першої стадії рекреаційної дигресії (контроль) – $338,75 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1}$. Порівнюючи з контролем, маса підстилки в пошкоджених рекреацією сосняках другої стадії рекреаційної дигресії є меншою на 18 %, на ППП третьої та четвертої стадій дигресії – на 50,8 та 56,3 % відповідно (табл. 7).

Найбільша маса детриту характерна для шару H, де вона варіює від 86 до $177 \text{ ц} \cdot \text{га}^{-1}$. Максимальну величину мортмаси в цьому шарі мінералізації визначено на контролі. Далі мортмаса шару H зменшується в такому порядку: на ПП другої, четвертої та третьої стадій рекреаційної дигресії. Маса детриту в цьому горизонті в сосняках третьої стадії рекреаційної

дигресії є вдвічі меншою, ніж на контролі. Другим за величиною запасу мортмаси (від 66 до 95 ц·га⁻¹) є ферментативний (F) шар. Опавий шар підстилки (L) характеризується найменшими запасами детриту – 44–65 ц·га⁻¹.

Таблиця 6

Показники трансформації опаду та підстилки в сосняках техногенних зон

Table 6

Indicators of floor and litter transformation in pine forests in the polluted areas

Відстань від джерела забруднення, км Distance from pollution source, km	Коефіцієнт накопичення Accumulation coefficient			Вік опаду Age of the floor	Тривалість Time					
					перебування в шарі in the layer			існування of existence		
	K _L	K _F	K _H		T _L	T _F	T _H	T _{M_L}	T _{M_F}	T _{M_H}
Рівненське виробниче акціонерне товариство «Азот» Rivne Industrial Joint Stock Company "Azot"										
4,0	1,30	1,33	3,44	0,50	0,65	0,66	1,72	1,15	1,82	3,53
7,0	1,09	1,14	2,82	0,55	0,60	0,63	1,55	1,15	1,77	3,32
9,0	1,00	1,00	2,34	0,53	0,53	0,53	1,24	1,06	1,59	2,83
25,0	0,74	0,85	1,46	0,58	0,43	0,49	0,84	1,01	1,51	2,35
Лисичансько-Рубіжансько-Северодонецька промислова агломерація Lysychansk-Rubizhne-Severodonetsk Industrial Agglomeration										
3,0	2,17	2,36	0,27	0,42	0,91	2,17	0,59	1,34	3,50	4,09
5,0	2,40	2,03	0,34	0,43	1,02	2,06	0,70	1,44	3,50	4,20
7,0	2,02	1,70	0,44	0,43	0,88	1,50	0,64	1,31	2,81	3,45
30,0	2,14	1,03	0,58	0,52	1,12	1,17	0,64	1,63	2,80	3,44
Зміївська теплова електростанція Zmiyiv Thermal Power Plant										
4,0	0,67	2,46	1,64	0,58	0,39	0,96	1,57	0,97	1,92	3,49
6,5	0,65	1,97	1,43	0,54	0,36	0,70	1,00	0,90	1,60	2,60
28,0	0,80	1,65	1,07	0,55	0,44	0,72	0,78	0,99	1,71	2,49
7,5	0,75	1,74	1,42	0,57	0,43	0,74	1,06	0,99	1,73	2,79

У верхньому горизонті підстилки L міститься найменша частка опаду від загальної величини запасу підстилки (19–25 %) (див. табл. 7). Далі за величиною опаду йде ферментативний шар – 28–37 %. Найбільш потужним є шар гуміфікації – 38–52 %. Тобто це підстилка на контролі гуміфікаційного типу. У міру збільшення рекреаційного навантаження частка шарів L та F у загальному запасі зростає, а частка шару H, навпаки, зменшується.

В усіх підгоризонтах запас мортмаси зменшується у міру зростання рівня рекреаційного навантаження. Можна визначити термін перебування шарів підстилки в тому чи іншому горизонті мінералізації. Тривалість існування фітодетриту зростає від верхнього до нижнього підгоризонту. І, якщо величина T_L коливається від 0,82 до 1,22 року, то T_F змінюється в межах 1,19–1,84, а T_H – в межах 1,92–2,37 року. Найбільшим є час перебування опаду біля стовбура, найменшим – на галявині. Здебільшого в усіх варіантах термін перебування збільшується до третьої стадії рекреаційної дигресії, а в сосняках четвертої стадії рекреаційної дигресії може дещо знижуватися. Мортмаса кожного шару є матеріалом, який пройшов усі попередні стадії розкладання, отже підстилка має певний загальний сумарний вік. Цей вік можна ідентифікувати як тривалість її існування, який від шару до шару зростає, максимально наближаючись до значення загального коефіцієнта накопичення підстилки – ПОК

Структура підстилки в сосняках різних стадій рекреаційної дигресії

Table 7

Litter structure in pine forests at different degrees of recreational digression

Місце відбору Sampling point	Стадія рекреаційної дигресії Degree of recreational digression	L		F		H		Загалом Total
		100 кг·га ⁻¹ hundred kilograms per hectare	%	100 кг·га ⁻¹ hundred kilograms per hectare	%	100 кг·га ⁻¹ hundred kilograms per hectare	%	
Біля стовбура Near the trunk	1	85,7	17,7	161,3	33,3	237,9	49,1	484,9
	2	74,6	19,2	137,7	35,4	176,3	45,4	388,5
	3	74,7	22,3	122,1	36,4	138,5	41,3	335,3
	4	86,0	26,2	102,7	31,3	139,0	42,4	327,6
Під кронами Under crowns	1	67,1	20,9	92,2	28,8	161,4	50,3	320,7
	2	57,7	19,7	82,9	28,3	152,1	52,0	292,8
	3	52,3	24,4	72,2	33,7	89,7	41,9	214,2
	4	54,1	24,2	58,4	26,2	110,8	49,6	223,4
Між кронами Between crowns	1	42,7	18,0	65,0	27,4	129,9	54,7	237,5
	2	34,2	17,5	47,0	24,1	114,1	58,4	195,2
	3	31,4	23,6	45,1	33,9	56,6	42,5	133,0
	4	31,0	25,0	38,4	31,0	54,6	44,1	124,0
Середнє Average	1	65,8	19,4	95,6	28,2	177,4	52,4	338,7
	2	56,2	19,6	85,7	29,9	144,9	50,5	286,8
	3	55,0	24,5	82,9	37,0	86,2	38,5	224,1
	4	48,8	22,5	66,5	30,7	101,5	46,8	216,7

У міру посилення рекреаційного навантаження зростає тривалість існування мортмаси. Такі результати отримано під час розрахунку характерного часу ТМ для всіх шарів мінералізації підстилки, а найбільший загальний час формування існуючого запасу мортмаси виявлено для гуміфікаційного шару. І якщо на контролі цей час становив 4,76 року, то в сосняку другої стадії рекреаційної дигресії він був на півроку більшим, в сосняку третьої стадії рекреаційної дигресії – на 0,75 року більшим і в сосняку четвертої стадії рекреаційної дигресії – на рік більшим, ніж на контролі (табл. 8).

Вік опадів (ТОП) біля стовбура для третьої та четвертої стадій рекреаційної дигресії становить 7,78 та 7,20 року відповідно, що є на 1,5–2,0 року більшим, ніж для верхнього опадового шару на контролі.

Підстилка є основною складовою горючих матеріалів. Розвиток пожежі залежатиме від її маси та стану. У сосняках Полісся запас підстилки може сягати 830 ц·га⁻¹, а її товщина – 15 см.

У соснових насадженнях в умовах субору накопичуються більші запаси підстилки, ніж в умовах бору. Так, у 60-річних борах запас підстилки становить 355 ц·га⁻¹, тоді як у суборах – 703 ц·га⁻¹. Водночас у сугруді запас мортмаси є значно меншим, що свідчить про інтенсивніший процес розкладання підстилки.

Запас підстилки збільшується з віком насадження, що підвищує ймовірність загрози пошкодження дерев пожежею. Найменший запас підстилки відзначено у віці 20–30 років (124–246 ц·га⁻¹). У 40 років запас підстилки збільшився у 2,3–2,6 разу. Максимальною маса підстилки є у 80-річних сосняках – 830 ц·га⁻¹.

У 70–80-річних сосняках у шарі Н біля стовбура маса мортмаси досягає 708 ц·га⁻¹, на межі крони – 486 ц·га⁻¹, а у просторі між кронами – 467 ц·га⁻¹. Різниця запасів підстилки в різних частинах насаджень може сягати 150–200 % (табл. 9).

Таблиця 8

Показники трансформації опадів та підстилки в сосняках різних ступенів рекреаційної дигресії

Table 8

Indicators of the floor and the litter transformation in pine forests of different degrees of recreational digression

Місце відбору Sampling point	Стадія рекреаційної дигресії Degree of recreational digression	ПОК* FLC*	Коефіцієнт накопичення Accumulation coefficient			Тривалість перебування Time					
						перебування в шарі stay in layer			існування existence		
			K _L	K _F	K _H	T _L	T _F	T _H	TM _L	TM _F	TM _H
Біля стовбура Near the trunk	1	9,49	1,68	1,88	1,47	0,94	1,77	2,61	1,50	3,27	5,87
	2	10,75	2,06	1,85	1,28	1,16	2,13	2,73	1,72	3,85	6,58
	3	12,89	2,87	1,63	1,13	1,61	2,63	2,98	2,17	4,80	7,78
	4	11,85	3,11	1,19	1,35	1,74	2,08	2,81	2,30	4,38	7,20
Під кронами Under crowns	1	7,20	1,51	1,37	1,75	0,84	1,16	2,03	1,40	2,56	4,59
	2	7,06	1,39	1,44	1,83	0,78	1,12	2,05	1,34	2,46	4,51
	3	6,82	1,66	1,38	1,24	0,93	1,29	1,60	1,49	2,78	4,38
	4	8,41	2,04	1,08	1,90	1,14	1,23	2,34	1,70	2,93	5,27
Між кронами Between crowns	1	7,43	1,33	1,52	2,00	0,75	1,14	2,28	1,31	2,45	4,72
	2	8,35	1,46	1,37	2,43	0,82	1,12	2,73	1,38	2,50	5,24
	3	9,35	2,20	1,44	1,26	1,23	1,77	2,23	1,79	3,57	5,80
	4	6,95	1,74	1,24	1,42	0,97	1,21	1,72	1,53	2,74	4,45
Середнє Average	1	7,51	1,46	1,45	1,86	0,82	1,19	2,20	1,38	2,56	4,76
	2	8,39	1,64	1,52	1,69	0,92	1,40	2,37	1,48	2,88	5,26
	3	8,90	2,18	1,51	1,04	1,22	1,84	1,92	1,78	3,63	5,54
	4	9,37	2,11	1,36	1,53	1,18	1,61	2,46	1,74	3,35	5,81

*ПОК - підстилково-опадовий коефіцієнт, Top – вік опадів. Top = 0,56.

*FLC – floor-litter coefficient, Top – age of floor. Top = 0,56.

У міру зростання віку сосняків збільшуються не тільки запаси підстилки, але і її щільність (об'ємна маса) (див. табл. 8), причому діапазон мінливості об'ємної маси є доволі широким (30,6–97,3 г·дм⁻³).

Таблиця 9

Об'ємна маса підстилки в соснових насадженнях (ТЛУ В₃), г·дм⁻³

Table 9

Volumetric mass of litter in pine forests (B₃), g·dm⁻³

Клас віку насадження Forest age class	Мікрозони Microzones			
	біля стовбура near the trunk	на межі крони on the edge of the crown	між кронами between crowns	Середнє Average
II	33,7	39,6	19,1	31,5
III	35,1	43,0	31,4	36,2
IV	44,0	47,5	56,8	48,4
V	55,3	41,2	43,7	46,4
VI	68,9	93,9	66,2	74,8
VII	105,3	81,7	65,0	84,1
VIII	110,1	91,6	89,3	97,3

У соснових насадженнях віком до 60 років максимальну об'ємну масу підстилки реєстрували на межі крони, а в старших – навпаки, біля стовбура. Проте з віком різниця між цими ділянками суттєво зростала: від 6–8 г·дм⁻³ у 30–40 років до 20–24 г·дм⁻³ у 70–80 років.

Обговорення. У зв'язку із цим маса підстилки завжди збільшується в разі наближення до джерела забруднення, де детрит перегниває повільніше, порівнюючи з незабрудненими ділянками (Mikryukov and Dulya, 2017).

Зміна товщини лісової підстилки є одним із найпомітніших проявів порушення кругообігу органічної речовини в лісових екосистемах, які зазнали хімічного забруднення. Багато досліджень свідчать про 2–3-разове збільшення маси й товщини підстилки поблизу заводів кольорової металургії, викиди яких містять важкі метали та діоксид Сульфуру (Jackson and Watson, 1997). Таке збільшення є наслідком зниження активності дощових хробаків, ґрунтових мікроорганізмів тощо, які розкладають органічну речовину в лісових екосистемах (Vodyanitskii *et al.*, 2016).

Дослідження лісової підстилки в Польщі, в районі агломерації міста Краков виявили, що вміст важких металів у підстилці зменшувався у міру збільшення відстані від центру Кракова (Sawicka-Karusta *et al.*, 2003). Визначено концентрацію Cd, Pb, Cu, Zn і Fe у підстилці. Надходження Cd коливалося від 84 мкг м⁻² на Корнатці (контроль) у 1998 р. до 382 мкг м⁻² на Бонарці (забруднений район) у 2000 р. Надходження Pb було приблизно в 10 разів вищим, ніж кадмію. Розподіл Cu, Zn та Fe у лісовій підстилці виявив подібну тенденцію (Sawicka-Karusta *et al.*, 2003).

Інтенсивність біоциркуляції в ланці «опад – підстилка» в сосняках Полісся є загальмованою, а в найбільш пошкоджені промисловими викидами насадженні знижується до рівня сильно загальмованої. П. С. Погребняк зазначав (Pogrebnyak, 1993), що на відстані 9 км від джерела забруднення підстилка розкладається на 1,28 року довше, ніж на контролі, а в найближче розташованому сосняку – на 3 роки. Якщо розраховувати тривалість існування опадів як середньозважену величину часу його надходження та періоду перебування у верхньому шарі підстилки, то для досліджуваних сосняків він становить 0,50–0,58 року.

Дослідженнями в сосняках Харківщини виявлено, що формування підстилки в умовах рекреаційного впливу на лісові екосистеми має інший характер: відбувається її ущільнення, унаслідок чого зменшуються її потужність і запас відповідно до рівня рекреаційного навантаження. Це підтверджено також попередніми дослідженнями наших колег з УкрНДІЛГА (Bondaruk, 1986). Постійні пробні площі закладено у 20–50-річних насадженнях сосни звичайної в Харківській області на ділянках різних стадій рекреаційної дигресії. Маса підстилки зменшилася з 2,6–3,6 кг·м⁻² до 1,5–1,7 кг·м⁻², а питома маса підстилки збільшилася з 32–66 кг·м⁻³ до 98–110 кг·м⁻³ у міру наростання рекреаційного тиску від 1 до 4 стадії (Bondaruk, 1986).

Висновки.

1. У техногенній зоні загальний час формування лісової підстилки є на 0,9–3,0 року більшим, ніж на контролі. Вміст забруднювачів, зокрема Сульфуру та Нітрогену, зростає від верхнього до нижнього шару підстилки. Вміст Cr у гуміфікаційному шарі підстилки є більшим, ніж в опаді, у 12–14 разів, Cu – у 14–19, Zn – у 7–11, Sr – у 8–13, Pb – у 13–18 разів. Загалом запас важких металів у підстилці в техногенній зоні є у 3,4–5,5 разу більшим, ніж у непорушеному насадженні.

2. У соснових насадженнях в умовах субору накопичуються більші запаси підстилки, ніж в умовах бору: в 60-річних борах – 35 500 кг·га⁻¹, а у суборах – 70 300 кг·га⁻¹.

Подяки. Автори висловлюють подяку анонімним рецензентам за цінні поради, корисні та конструктивні рекомендації та покращення тексту.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання тем досліджень УкрНДІЛГА (№ держреєстрації 0104U001926, 0104U001926, 0120U101893), замовником яких було Державне агентство лісових ресурсів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Alexandrova, L.N. (1980) *Organic matter and processes of its transformation*, Leningrad: Nauka (in Russian).
- Banerjee, R., Gangopadhyay, S., Batabyal, S., Das, N., Ray, H. and Mandal, S. (2023) 'Litter dynamics of forest ecosystem in an urban and pristine area of West Bengal, India', *Journal of Environmental Biology*, 44, pp. 691–698.
- Bogatyrev, L.G. (1996) 'Formation of litter is one of the most important processes in forest ecosystems', *Soil Science*, 4, pp. 501–511. (in Russian).

- Bondaruk, G.V. (1986) 'Effect of recreational pressure on forest litter characteristics', *Forestry and Forest Melioration*, 72, pp. 54–56 (in Russian).
- Chornobay, Yu.M. (2000) *Transformation of plant detritus in natural ecosystems*. Lviv: Publishing House of the State Natural Museum of NAS of Ukraine (in Ukrainian).
- Davidova, N.D. (1983) *Forest litter in the zone of technogenic influence*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Ganteaume, A., Jappiot, M., Lampin-Maillet, C., Curt, Th. and Borgniet, L. (2011) 'Effects of vegetation type and fire regime on flammability of undisturbed litter in Southeastern France', *Forest Ecology and Management*, 261(12), pp. 2223–2231. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.09.046>
- Grishina, L.A. (1986) *Humus formation and humus status of soils*. Moscow: Moscow State University (in Russian).
- Jackson, D.R. and Watson, A.P. (1997) 'Disruption of nutrient pools and transport of heavy metals in a forested watershed near the lead smelter', *Journal of Environmental Science*, 6 (4), pp. 331–338.
- Karpachevsky, L.O. (1981) *Forest and forest soils*. Moscow: Lesnaya Promyshlennost (in Russian).
- Koptsik, G.N., Koptsik, S.V. and Murashkina-Miis, M.A. (2001) 'Chemical properties of forest litter under atmospheric pollution', *Forestry*, 6, pp. 22–28 (in Russian).
- Mikryukov, V.S. and Dulya, O.V. (2017) 'Contamination-induced transformation of bacterial and fungal communities in spruce-fir and birch forest litter', *Applied Soil Ecology*, 114, pp. 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.03.003>
- Pogrebnyak, P.S. (1993) *Forest ecology and forest typology*. Kyiv: Naukova Dumka (in Ukrainian).
- Rodin, L.E and Bazilevich, N.I. (1965) *Dynamics of organic matter and biological circulation of ash elements and nitrogen in the main types of vegetation of the globe*. Leningrad: Nauka (in Russian).
- Sawicka-Kapusta, K, Zakrzewska, M., Bajorek, K. and Gdula-Argasińska, J. (2003) 'Input of heavy metals to the forest floor as a result of Cracow urban pollution', *Environment International*, 28(8), 691–698. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00069-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00069-7)
- Uchvatov, V.P. (1983) *The role of forest litter in transformation of the geochemical flow of substances in the forest ecosystem*. Moscow: Nauka (in Russian).
- Vodyanitskii, Yu.N., Vorobeichik, E.L. and Savichev, A.T. (2016) 'Heavy Metals as a Biodegradation Inhibitor of the Forest Litter. Chapter V', in Alvarez, J. (ed.) *Biodegradation: Properties, Analysis and Performance*. New-York: NOVA, pp. 201–226.
- Vorobeichik, E.L. (2003) 'Reaction of forest litter and its connection with soil biota during toxic pollution', *Forestry*, 2, pp. 32–42 (in Russian).
- Voron, V.P. (2021) *Aerotechnogenic transformation of forests in Ukraine. Part 1 Atmospheric pollution by acids and nitrogen, leaching phytotoxicants and important metals*. Kharkiv: Nove Slovo (in Ukrainian).
- Voron, V.P., Ivashinyuta S.V., Koval I.M. and Bondaruk M.A. (2008) *Forests of the green zone of Rivne and their ecological protection functions*. Kharkiv (in Ukrainian).

LITTER AS A MARKER OF ANTHROPOTECHNOGENIC CHANGES IN THE PINE FORESTS IN THE PLAIN PART OF UKRAINE

Voron V.P.¹, Koval I.M.^{2*}

The transformation of the “floor–litter” link in the pine forests under anthropogenic pollution and recreation has been investigated. The stock and structure of the forest litter depend on the type of forest site conditions and the age of the stands. As a result of the violation of ecological conditions, the mineralization processes of phytodetritus slow down. Accumulation of the dead mass affects the litter stock, capacity and structure. Thus, in the technogenic zone, the period of forest litter formation increases by 0.9–3.0 years, and the content of heavy metals in it is 3.4–5.5 times higher than outside this zone. As the level of recreational load increases, the supply of litter decreases, and the duration of mortmass existence in all sub horizons increases (the difference in pine forests of the first and fourth stages of recreational digression is one year). The obtained data show the necessity of using litter stock, capacity, and structure values to indicate the intensity of anthropogenic impact.

К е y w o r d s : litter stock, litter capacity, *Pinus sylvestris* L., industrial pollution, recreational load, forest fires.

Одержано редколегією 04.12.2023

¹ Voron Volodymyr, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: 52corvus@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1059-3032>

² Koval Iryna, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: koval_iryana@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

* Correspondence: koval_iryana@ukr.net



ОЦІНКА ВТРАТ ДЕПОНОВАНОГО ВУГЛЕЦЮ У НАДЗЕМНІЙ ФІТОМАСІ СОСНЯКІВ, ПОШКОДЖЕНИХ НИЗОВИМИ ПОЖЕЖАМИ, У ПОЛІССІ ТА ЛІВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

І. М. Коваль^{1*}, В. П. Ворон², С. Г. Сидоренко³, Є. Є. Мельник⁴, В. П. Пастернак⁵,
І. Л. Будзінський⁶

Наведено результати досліджень щодо втрат депонованого вуглецю в надземній фітомасі середньовікових соснових деревостанів унаслідок пошкодження їх низовими пожежами в Поліссі та Лівобережному Лісостепу. В умовах Полісся у насадженні з висотою нагару близько 1 м частка відпаду за кількістю дерев збільшувалася у міру погіршення їхнього санітарного стану. Через рік після пожежі всохло 14 % дерев, через три роки після пожежі – 58 % від загальної кількості дерев. Втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі становили через рік після пожежі 6 %, через три роки після пожежі – 61 %. В умовах Лівобережного Лісостепу через три роки після пожежі втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі середньовікових сосняків із середньою висотою нагару на стовбурах 0,61 м становили 3 %, у сосняках з висотою нагару на стовбурі 1,76 м – 8 %, а в найбільш пошкоджені насадженні із середньою висотою нагару на стовбурі 3,76 м – 30 %.

Ключові слова: соснові деревостани, відпад, динаміка стану, висота нагару на стовбурах дерев.

Вступ. Ліси є важливим компонентом наземного вуглецевого циклу. Лісова рослинність утримує близько 80 % вуглецю і є його головним резервуаром на планеті (Vilous *et al.*, 2017). Лісова рослинність вилучає вуглець із атмосфери завдяки фотосинтезу, в результаті чого вуглекислий газ перетворюється на органічну речовину, яка накопичується у лісовій біомасі. Таким чином, здатність рослинності депонувати вуглець у процесі фотосинтезу надає можливість лісовим екосистемам регулювати клімат шляхом поглинання вуглекислого газу (CO₂) та виділення кисню (O₂) (Buksha *et al.*, 2008; NGO “Forest Com”, 2023; Tkach *et al.*, 2023). Дослідженнями українських учених визначено запаси органічного вуглецю у фітомасі лісів у різних природних зонах (Shpakivska and Maryshevych, 2009; Lakyda, 2011; Buksha *et al.*, 2012; Pasternak and Yarotskiy, 2013).

На запаси вуглецю та його цикл впливають пожежі (Voron *et al.*, 2019). Основними причинами виникнення пожеж є антропогенні чинники – від 59 до 95 % випадків для різних регіонів (Sydorenko *et al.*, 2021). Масштаби таких пожеж залежать від природних чинників, зумовлених особливостями лісових насаджень, погодними умовами, спричиненими природно-кліматичними процесами планетарного масштабу, які мають коливальний характер і досі

¹ Коваль Ірина Михайлівна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: koval_iryana@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>.

² Ворон Володимир Пантелеймонович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: 52corvus@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1059-3032>.

³ Сидоренко Сергій Григорович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: serhii88sido@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-0067>.

⁴ Мельник Євген Євгенович, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: wudckij@bigmir.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9821-2751>.

⁵ Пастернак Володимир Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: pasternak@uriffm.org.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>.

⁶ Будзінський Ігор Леонідович, Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041, Україна; Державне агентство лісових ресурсів України, вул. Шота Руставелі, 9-А, Київ, Україна. E-mail: igor_budzinskiy@meta.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0298-5494>.

* Адреса для кореспонденції: koval_iryana@ukr.net

залишаються недостатньо дослідженими та прогнозованими (Buksha *et al.*, 2008; Koval *et al.*, 2018; Kuzyk, 2019; Lakyda *et al.*, 2019; Siahaan *et al.*, 2020; Sydorenko *et al.*, 2021; Voron *et al.*, 2021).

Зважаючи на масштаби впливу на ліси військової агресії РФ проти України, які виявилися у тому, що близько 3 млн га лісів зазнали пошкоджень (що становить близько 30 % площі лісового фонду країни), значно збільшилася площа лісових пожеж на територіях бойових дій і зменшилася спроможність лісогосподарських підприємств щодо проведення заходів з охорони та захисту лісів в умовах військового стану. У цих умовах дослідження щодо втрати вуглецю в пошкоджених пожежами насадженнях є надзвичайно актуальними. Лісові пожежі завдають значної шкоди довкіллю: в атмосфері збільшується вміст окису та двоокису вуглецю, що сприяє подальшому потеплінню та виникненню парникового ефекту, руйнуються сформовані впродовж багатьох років екосистеми, на відновлених територіях зменшується біорізноманіття (Kuzyk, 2009). Найбільшим ризик виникнення пожеж є в соснових лісах, оскільки сосна містить чимало легкозаймистих смол і є світлолюбною рослиною, а відмирання скелетних гілок сосни не перешкоджає поширенню пожежі вітром (Voron *et al.*, 2021).

Однією з найважливіших функцій лісів є кліматорегульовальна. На міжнародному рівні визнано вкрай важливу роль лісу як головного наземного поглинача парникових газів і одного з найважливіших екосистемних чинників запобігання та адаптації до зміни клімату, і з цього погляду лісове господарство України має значний потенціал для зменшення ризиків зміни клімату, який все ще лишається недооціненим та не реалізованим. На 21-ій сесії Конференції Сторін Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, яка відбулася в Парижі у 2015 р., у контексті сталого розвитку задекларовано перехід до моделі «низьковуглецевої економіки», яка здатна протистояти кліматичним змінам за умови використання потенціалу лісів щодо запобігання зміні клімату шляхом поглинання парникових газів (передусім – вуглекислого газу) та утримання вуглецю в лісових екосистемах (Tkach *et al.*, 2023; *Ways to strengthen the ecosystem services of forests*, 2023).

Мета досліджень – виявити вплив низових лісових пожеж різної інтенсивності на депонування вуглецю у фітомасі соснових деревостанів лісової та лісостепової природних зон.

Матеріали й методи. Дослідження проведено в соснових насадженнях, пошкоджених пожежами, які ростуть у Поліссі та Лівобережному Лісостепу (рис. 1).

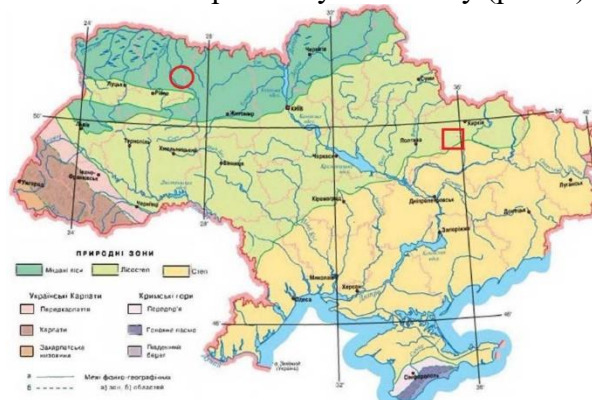


Рис. 1 – Досліджувані деревостани, пошкоджені низовими пожежами.

Червоним колом позначено сосняк, пошкоджений низовою пожежею 2012 р. (51°19'37" пн. ш., 26°37'59" сх. д.) у Поліссі, червоним квадратом – сосняк, пошкоджений низовою пожежею 2011 р. (50°11'10" пн. ш., 35°39'11" сх. д.) у Лівобережному Лісостепу України

Fig. 1 – Studied stands damaged by surface fires. The pine stand damaged by the surface fire in 2012 in Polissia (51°19'37" N 26°37'59" E) is indicated with a red circle. The pine stand damaged by the surface fire in 2011 in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine (50°11'10" N. 35°39'11" E) is indicated with a red square

Закладено чотири постійні пробні площі (ППП) різного розміру (залежно від площі, пройденої пожежею) – від 0,10 до 0,15 га. У Поліссі – одну ділянку у філії «Сарненське лісове господарство (ЛГ)» державного спеціалізованого господарського підприємства (ДП) «Ліси

України», у Лівобережному Лісостепу – три ділянки у філії «Жовтневе ЛГ» ДП «Ліси України». Вік досліджених деревостанів становив від 55 до 60 років, тобто вони презентували середньовікові соснові деревостани, які є найпоширенішими в Україні (State Forest Resources Agency of Ukraine, 2024). У Поліссі пробні площі були розташовані в типі лісорослинних умов (ТЛУ) В₃, у Лівобережному Лісостепу – у В₂. Усі досліджувані насадження пошкоджено низовими пожежами. Як контролю використано таблиці ходу росту модальних соснових насаджень.

Інтенсивність пожеж оцінювали за середньою висотою нагару на стовбурах дерев (Voron *et al.*, 2019), значення якої становило від 0,61 до 3,76 м (табл. 1).

Таблиця 1

Таксаційна характеристика сосняків із різним рівнем пошкодження пожежами в Поліссі (філія «Сарненське ЛГ») та Лівобережному Лісостепу (філія «Жовтневе ЛГ»)

Table 1

Mensuration characteristics of pine stands with different degrees of fire damage in Polissia (Branch «Sarny Forestry») and in Left-Bank Forest-Steppe (Branch «Zhovtneve Forestry»)

№ ППП Permanent research plot number	Природ- на зона Natural zone	Рік, пора року пожежі Year, season of fire	Площа, га Area, ha	Середня висота нагару H , м Average scorch height, m	Вік, роки Age, years	$H_{с.}$, м $H_{av.}$, m	$D_{с.}$, см $D_{av.}$, cm	Клас боні- тету Site class	M , $m^3 \cdot га^{-1}$ M , $m^3 \cdot ha^{-1}$	Повно- та Density of stocking
1	Полісся Polissia	2012, весна	0,15	$1,0 \pm 0,03$	60	24,4	24,0	II	319	0,73
2	Лісостеп Forest- Steppe	2011, весна	0,10	$0,61 \pm 0,03$	60	20,5	19,2	I	344	0,83
3			0,10	$1,76 \pm 0,07$	55	18,4	18,9	I	336	0,93
4			0,10	$3,76 \pm 0,10$	55	18,8	17,5	I	342	0,89

Примітка. $H_{с.}$ – середня висота; $D_{с.}$ – середній діаметр; M – запас деревини.

Note. $H_{av.}$ – the average height; $D_{av.}$ – the average diameter; M – wood stock.

Для оцінювання післяпожежного розвитку деревостану на ділянках із певною періодичністю визначали санітарний стан за методикою «Санітарні правила в лісах України», відповідно до якої насадження за індексами стану характеризують так: 1,0–1,50 – здорові; 1,51–2,50 – ослаблені; 2,51–3,50 – дуже ослаблені; 3,51–4,50 – всихаючі; 4,51–6,00 – сухостійні (Sanitary Forest Regulations in Ukraine, 2016; Melnyk, 2019).

Для оцінювання запасу фітомаси після пожежі використано «Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси дерев головних лісоутворювальних порід України» (Lakyda, 2011). Розрахунки проводили в межах ступенів товщини. Обсяги депонованого вуглецю розраховували через два основні показники – надземну фітомасу насадження та частку вмісту вуглецю (або його обсяг) в одній тонні абсолютно сухої органічної речовини (Matthews, 1993). Фітомасу оцінювали з урахуванням запасу та базисної щільності деревини. Загальні обсяги вуглецю, депонованого в компонентах фітомаси, розраховано за середніми перехідними коефіцієнтами, які відбивають вміст вуглецю в деревині й корі в абсолютно сухому стані ($k = 0,50$) й фотосинтезувальних фракцій ($k = 0,45$) (Pasternak and Yarotskiy, 2013). Щільність депонованого вуглецю визначали як запас депонованого вуглецю на одиницю площі (га).

Втрати депонованого вуглецю в деревостанах оцінено як абсолютну та відносну різниці величин надземної фітомаси в рік пожежі та після неї.

Використано статистичні методи для оцінювання середньої висоти нагару на стовбурах дерев на різних ППП (Atramentova and Utevska, 2007) за допомогою пакету прикладних програм Microsoft Excel.

Результати. Післяпожежна динаміка санітарного стану насаджень. Дослідження динаміки санітарного стану дерев у насадженнях, пошкоджених пожежами, у Поліссі та Лівобережному Лісостепу показали, що навіть за меншої висоти нагару в Поліссі (ППП 1,

висота нагару – 1,0 м), як порівняти із сосняком в Лівобережному Лісостепу (ППП 3), де висота нагару була більшою (1,76 м), санітарний стан насадження погіршувався швидше. Середній індекс санітарного стану становив 3,7 через чотири місяці після пожежі, через 28 місяців після пожежі – 4,7, тобто деревостан змінився від всихаючого до сухостійного, а для живих дерев індекс санітарного стану збільшився від 2,8 до 3,4. Інша ситуація склалася на ППП 3 в Лівобережному Лісостепу, де санітарний стан через 31 місяць після пожежі дещо покращився. Водночас на ППП 2 із середньою висотою нагару на стовбурах 0,61 м стан деревостану практично не змінився, а на ППП 4, де середня висота нагару на стовбурах становила 3,76 м, стан деревостану погіршився. Найшвидше перехід дерев із V до VI категорії санітарного стану відбувся в сосняках Полісся на ППП 1 та Лівобережного Лісостепу на ППП 4 (табл. 2).

Таблиця 2

Динаміка санітарного стану сосняків, пошкоджених пожежами, у Поліссі та Лівобережному Лісостепу

Table 2

Dynamics of the health condition of pine forests damaged by fires in Polissia and Left-Bank Forest-Steppe

Природна зона/ номер постійної пробної площі Natural zone/ Permanent research plot number	Висота нагару, м Bark scorch height, m	Період після пожежі, місяців Period after the fire, months	Розподіл дерев за категоріями стану, % Distribution of trees by health condition categories, %						Індекс санітарного стану Health condition index*	
			I	II	III	IV	V	VI	1	2
Полісся / 1 Polissia / 1	1,00	4	0	20	36	5	29	10	2,75	3,73
		16	0	8	38	4	7	43	2,92	4,39
		28	0	0	27	21	4	48	3,44	4,73
Лісостеп, 2 Forest-Steppe, 2	0,61	3	0	7	85	7	1	0	3,00	3,02
		19	0	6	85	8	1	1	3,02	3,07
		31	0	6	83	4	0	0	2,98	2,98
Лісостеп, 3 Forest-Steppe, 3	1,76	3	0	39	44	14	3	0	2,74	2,81
		19	0	6	77	7	6	4	3,01	3,25
		31	5	21	53	0	0	1	2,61	2,65
Лісостеп / 4 Forest-Steppe / 4	3,76	3	0	10	50	3	37	0	2,89	3,67
		19	0	1	59	1	0	35	3,00	4,09
		31	1	28	21	1	0	0	–**	–**

* 1 – для живих дерев, 2 – для всіх дерев.

* 1 – for live trees, 2 – for all trees.

** На ППП № 4 у 2013 р. проведена санітарна рубка.

** In 2013, a sanitary felling was carried out at permanent research plot 4.

Втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі сосняків Немовицького лісництва філії «Сарненське лісове господарство» (Полісся). У міру погіршення санітарного стану насадження збільшувався відпад дерев. Через рік після пожежі (2013 р.) всохло 14 дерев (14 %), а через три роки після пожежі (2015 р.) – 42 дерева (58 %). Обсяг депонованого вуглецю в надземній фітомасі ППП 1 зменшився через рік після пожежі (2012 р.) на 734 кг (6 %), через три роки після пожежі (2015 р.) – на 4 595 кг (61 %). Щільність депонованого вуглецю теж зменшилася: від 80,42 т·га⁻¹ у 2012 р. до 49,49 т·га⁻¹ у 2015 р., тобто більш ніж у 1,5 разу (табл. 3).

Таблиця 3

Запас вуглецю в надземній фітомасі сосняку із середньою висотою нагару на стовбурах 1,0 м у Немовицькому лісництві філії «Сарненське лісове господарство» (Полісся) (ППП 1)

Table 3

Carbon stock in the aboveground biomass of the pine stand with an average scorch height of 1.0 m in the Nemovytskyi subunit in the Branch “Sarny Forestry” (Polissia) (PRP 1)

Ступінь товщини, см Thickness degree, cm	Кількість стовбурів Number of trunks			Запас вуглецю в надземній фітомасі на ППП, кг Carbon stock in aboveground biomass on PRP, kg			Щільність вуглецю на гектарі, т·га ⁻¹ Carbon density per hectare, t·ha ⁻¹		
	2012	2013	2015	2012	2013	2015	2012	2013	2015
4	1	–	–	1	–	–	0,01	–	–
6	9	6	6	32	21	21	0,21	0,14	0,14
8	4	2	1	100	50	25	0,67	0,33	0,17
10	6	5	4	84	70	56	0,56	0,47	0,37
12	3	1	-	69	23	–	0,46	0,15	0,00
14	4	2	2	130	65	65	0,87	0,43	0,43
16	3	3	3	132	132	132	0,88	0,88	0,88
18	3	2	2	177	118	118	1,18	0,79	0,79
20	10	9	5	755	680	378	5,03	4,53	2,52
22	10	10	9	970	970	873	6,47	6,47	5,82
24	2	2	–	230	230	–	1,53	1,53	0,00
26	9	9	5	1 350	1 350	750	9,00	9,00	5,00
28	9	9	4	1 530	1 530	680	10,20	10,20	4,53
30	7	7	2	1 400	1 400	400	9,33	9,33	2,67
32	5	5	3	1 150	1 150	690	7,67	7,67	4,60
34	3	3	2	780	780	520	5,20	5,20	3,47
36	2	2	2	610	610	610	4,07	4,07	4,07
38	3	3	3	87	87	87	0,58	0,58	0,58
42	3	2	1	1 238	825	825	8,25	5,50	5,50
54	3	3	3	1 238	1 238	1 238	8,25	8,25	8,25
Разом	99	85	57	12 063	11 329	7 468	80,42	75,52	49,49

Примітка. ППП – постійна пробна площа.

Note. PRP – the permanent research plot.

Втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі середньовікових сосняків унаслідок низових пожеж у Бабаївському лісництві філії «Жовтневе лісове господарство» (Лівобережний Лісостеп). Обчислено запаси депонованого вуглецю для 2011 р., коли сталася пожежа, та через три роки, у 2014 р. Всохли насамперед дерева 8 та 10 ступенів товщини. Водночас стрімко погіршувався стан дерев для всіх ступенів товщини. На ППП 2 через три роки після пожежі всохло 6 % дерев, тобто втрати вуглецю становили 211 кг (3 %). Щільність вуглецю зменшилася за цей період на 2,1 т·га⁻¹. На ППП 3 із середнім рівнем пошкодження (середня висота нагару становила 1,76 м) упродовж трьох років після пожежі всохло 27 дерев, тобто 19 %. Втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі ППП становили 637 кг. Щільність вуглецю на гектарі становила у 2011 р. 79,1 т·га⁻¹, у 2014 р. – 72,7 т·га⁻¹, тобто різниця в щільності депонованого вуглецю у надземній фітомасі дерев становила 6,4 т·га⁻¹ (8 %) (табл. 4).

Таблиця 4

Запас вуглецю в надземній фітомасі сосняку в умовах Лівобережного Лісостепу

Table 4

Carbon stock in the aboveground biomass of pine stands in Left-Bank Forest-Steppe

№ ППП Permanent research plot number	Ступінь товщини, см Thickness degree, cm	Кількість стовбурів Number of trunks		Запас вуглецю в надземній фітомасі на ППП, кг Carbon stock in above ground biomass on PRP, kg		Щільність вуглецю, т·га ⁻¹ Carbon density, t·ha ⁻¹	
		2011	2014	2011	2014	2011	2014
ППП 2; середня висота нагару на стовбурах дерев 0,61 м PRP 2; an average scorch height is 0.61 m	8	1	–	8	–	0,081	–
	10	1	–	14	–	0,14	–
	12	4	3	102	77	1,02	0,77
	14	16	15	448	420	4,48	4,20
	16	18	17	855	808	8,55	8,08
	18	27	27	1539	1 539	15,39	15,39
	20	15	13	660	572	6,60	5,72
	22	23	23	1 541	1 541	15,41	15,41
	24	11	11	1 232	1 232	12,32	12,32
	26	4	4	520	520	5,20	5,20
	28	5	5	440	440	4,40	4,40
Разом Total		125	118	7 359	7 149	3,59	71,48
ППП 3; середня висота нагару на стовбурах дерев 1,76 м PRP 3; an average scorch height is 1.76 m	8	2	–	18	–	0,18	–
	10	12	2	174	29	1,74	0,29
	12	14	5	291	104	2,91	1,04
	14	14	11	434	341	4,34	3,41
	16	26	25	1 092	1 050	10,92	10,50
	18	25	24	1 313	1 260	13,13	12,60
	20	15	15	1 043	1 043	10,43	10,43
	22	13	13	1 073	1 073	10,73	10,73
	24	14	13	1 393	1 294	13,93	12,94
	26	4	4	460	460	4,60	4,60
	28	2	2	260	260	2,60	2,60
	30	1	1	140	140	1,40	1,40
	36	1	1	220	220	2,20	2,20
Разом Total		143	116	7 911	7 274	79,11	72,74
ППП 4; середня висота нагару на стовбурах дерев 3,76 м PRP 4; an average scorch height is 3.76 m	6	1	–	5	–	0,12	–
	8	3	2	28	18	0,67	0,45
	10	6	–	72	–	1,76	–
	12	9	–	180	–	4,39	–
	14	6	1	204	37	4,98	0,91
	16	7	5	280	200	6,83	4,88
	18	5	3	295	177	7,20	4,32
	20	8	7	568	497	13,85	12,12
	22	8	6	672	504	16,39	12,29
	24	6	5	528	440	12,88	10,73
26	5	5	600	600	14,63	14,63	

Продовження табл. 4
 Table 4 (Continued)

№ ППП Permanent research plot number	Ступінь товщини, см Thickness degree, cm	Кількість стовбурів Number of trunks		Запас вуглецю в надземній фітомасі на ППП, кг Carbon stock in above ground biomass on PRP, kg		Щільність вуглецю, т·га ⁻¹ Carbon density, t·ha ⁻¹	
		2011	2014	2011	2014	2011	2014
ППП 4; середня висота нагару на стовбурах дерев 3,76 м PRP 4; an average scorch height is 3.76 m	28	1	1	140	140	3,41	3,41
	30	1	1	170	170	4,15	4,15
	36	1	–	240	–	5,85	–
	Разом Total	67	36	3 982	2 783	97,11	67,89

Примітка. ППП – постійна пробна площа.
 Note. PRP – the permanent research plot.

На ППП 4 із найвищим рівнем пошкодження, де висота нагару становила 3,76 м, було зрубано 96 дерев (59 %) і залишилося 67 дерев (41 %), які росли на площі 0,04 га, на відміну від ППП 1 та ППП 2, які займали площу 0,1 га. Різниця в щільності депонованого вуглецю в надземній фітомасі становила 29,2 т·га⁻¹. Обсяг депонованого вуглецю у фітомасі зменшилася через три роки після пожежі на 1 197,9 кг, тобто на 30 % (див. табл. 3).

Порівняння втрат вуглецю в надземній фітомасі в Поліссі на ППП із середньою висотою нагару 1,0 м та в Лівобережному Лісостепу на ППП із середньою висотою нагару 1,76 м (Vorop *et al.*, 2021) виявило, що через три роки після пожежі для Полісся ці втрати становили 38 %, а для Лівобережного Лісостепу – 19 %. Визначено, що втрати депонованого вуглецю після низової пожежі на найбільш пошкодженій ППП 3 становили 30 %, а на найменш пошкодженій ППП 1 – 3 % (рис. 2).

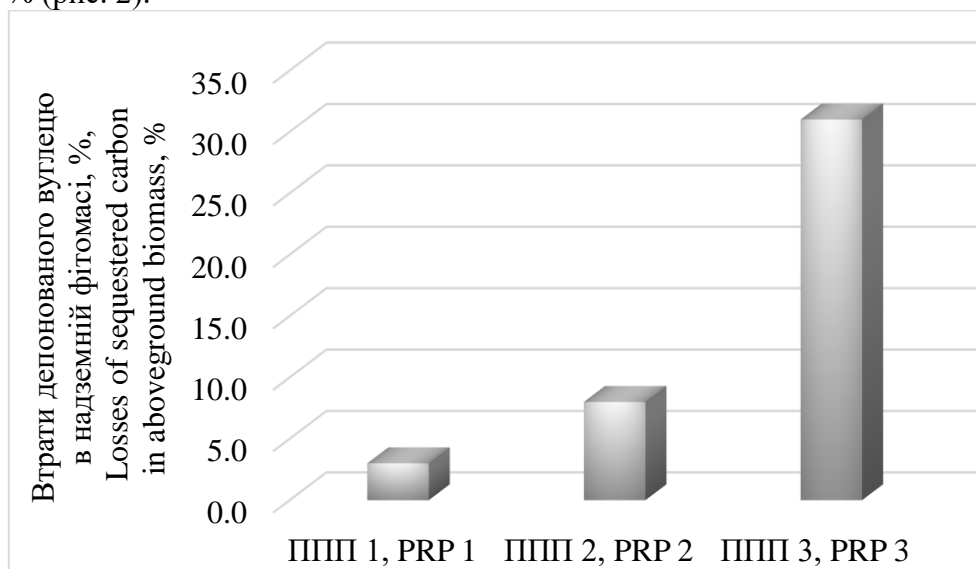


Рис. 2 – Втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі середньовікового сосняку Бабайського лісництва філії ДП «Жовтневе лісове господарство» на ППП із різним рівнем пошкодження низовою пожежею 2011 р., які зафіксовано у 2014 р. ППП 1 – висота нагару 0,61 м, ППП 2 – 1,76 м, ППП 3 – 3,76 м
Fig. 2 – Losses of carbon stock in the aboveground biomass of the middle-aged pine stands in the Babai subunit of the Branch “Zhovtneve Forestry” on the permanent research plots (PRPs) with different degrees of damage from the surface fire in 2011, which were recorded in 2014.
 PRP 1– scorch height is 0.61, PRP 1 – 1.73 m, PRP – 3.76 m

Отже, втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі середньовікових сосняків, пошкоджених пожежею 2011 р., через три роки, у 2014 р., становили 3% ($2,1 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$) для ППП 1 (висота нагару на стовбурі – 0,61 м), 8 % ($6,4 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$) для ППП 2 (висота нагару на стовбурі 1,76 м), а для найбільш пошкодженого насадження на ППП 3 (висота нагару на стовбурі 3,76 м) – 30 % ($29,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$).

Обговорення. На запаси всіх резервуарів вуглецю впливає інтенсивність пожежі та тривалість періоду від моменту пошкодження насадження. Так, у середньому відмінності в запасах вуглецю, порівнюючи з непорушеними пожежею лісами, становлять -91,3 та +155,5 % у перший рік після пожежі для живої та мертвої деревини відповідно і збільшуються на 0,6 % для живої та зменшуються на 1,4 % для мертвої деревини з кожним роком після пожежі. Втрати депонованого вуглецю в лісах, пошкоджених пожежами, залежать від багатьох факторів, таких як тип лісу, ступінь пошкодження, час відновлення та інші. Частіше повідомляють про негативний вплив лісових пожеж на депонування вуглецю переважно через втрати надземної біомаси в екосистемі (Bond-Lamberty *et al.*, 2007), рідше – унаслідок вигорання органічної речовини ґрунту (Walker *et al.*, 2019).

Попередніми нашими дослідженнями (Koval *et al.*, 2018) виявлено особливості депонування вуглецю в молодому сосновому насадженні Лівобережного Лісостепу, пошкодженому низовою пожежею 2011 р. Проведене за аналогічною методикою дослідження показало, що втрати вуглецю для компонентів надземної фітомаси у пошкоджених пожежею насадженнях становили 22–30 % проти непорушених насаджень. Використано також дендрохронологічні методи (Prokopuk and Netsvetov, 2016; Koval *et al.*, 2018), які дали можливість кількісно оцінити динаміку депонування вуглецю в стовбуровій деревині *Pinus sylvestris* L. Дендрохронологічними методами виявлено (Voron *et al.*, 2021), що маса вуглецю в стовбурах дерев варіює протягом онтогенезу. Накопичення вуглецю в стовбуровій деревині суттєво не різнилося на контролі та в пошкодженому вогнем насадженні протягом допожежного періоду (2006–2010 рр.), але впродовж післяпожежного періоду (2011–2017 рр.) відбулося збільшення накопичення вуглецю в стовбуровій деревині сосни пошкодженого насадження на 20 % унаслідок покращення умов освітлення та живлення для дерев, що залишилися живими після інтенсивного відпаду ослаблених та пошкоджених дерев. Тобто в дерев, які залишилися живими, збільшується приріст, що свідчить про інтенсивніше накопичення вуглецю. Швидкість акумулювання вуглецю в стовбурах дерев коливалася впродовж онтогенезу, і водночас його маса збільшувався з віком дерев. Проте запаси вуглецю всохлих дерев не було враховано. Приріст маси депонованого вуглецю після пожежі став інтенсивнішим, ніж на контролі, однак не компенсував загальні втрати від пожежі (Koval *et al.*, 2018).

У наших дослідженнях втрати вуглецю в сосняках, пошкоджених пожежами різної інтенсивності, становили від 8 до 61 % з урахуванням того, що санітарними рубками із насаджень було вилучено як мертві, так і ослаблені дерева. В умовах В₂ у Лівобережному Лісостепу на ППП з вищою висотою нагару (1,76 м) втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі були меншими, ніж в умовах В₃ в Поліссі на ППП, де висота нагару була меншою (1,0 м).

Дослідження взаємозв'язків між втратою фітомаси внаслідок пожежі і часткою всихання дерев у насадженнях сосни жовтої (*Pinus ponderosa*) показало (Meigs *et al.*, 2009), що в разі згорання до 13 % доступної наземної біомаси відпад становив 22 %, у разі спалювання від 13 до 35 % біомаси відпад був 54 %, а понад 35 % – 98 %. Згодом, біомаса лісів відновлюється, як і запас вуглецю, який було втрачено під час пожежі. Цей процес залежить від інтенсивності пожежі й екологічних умов, що склалися в результаті (ґрунтових, гідрологічних, заростання світлолюбною рослинністю тощо).

Нашими дослідженнями в Поліссі виявлено, що щільність депонованого вуглецю в надземній фітомасі сосняку із середньою висотою нагару 1,0 м у рік пожежі (2012 р.) становила $80,4 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, через рік (2013 р.) – $75,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, через три (2015 р.) – $50 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Тобто втрати

в щільності депонованого вуглецю станом на 2013 р. становили $4,87 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а станом на 2015 р. – $30,4 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Отже, втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі сосняку, пошкодженого весняною пожежею 2012 р. в Поліссі (із середньою висотою нагару на стовбурах дерев 1,0 м), через рік після пожежі становили 6,1 %, а вже через три роки, у 2015 р., – 38 % відносно базового рівня – запасу вуглецю у фітомасі деревостанів у 2012 р. (рис. 3), за всихання 14 та 42 % дерев відповідно.

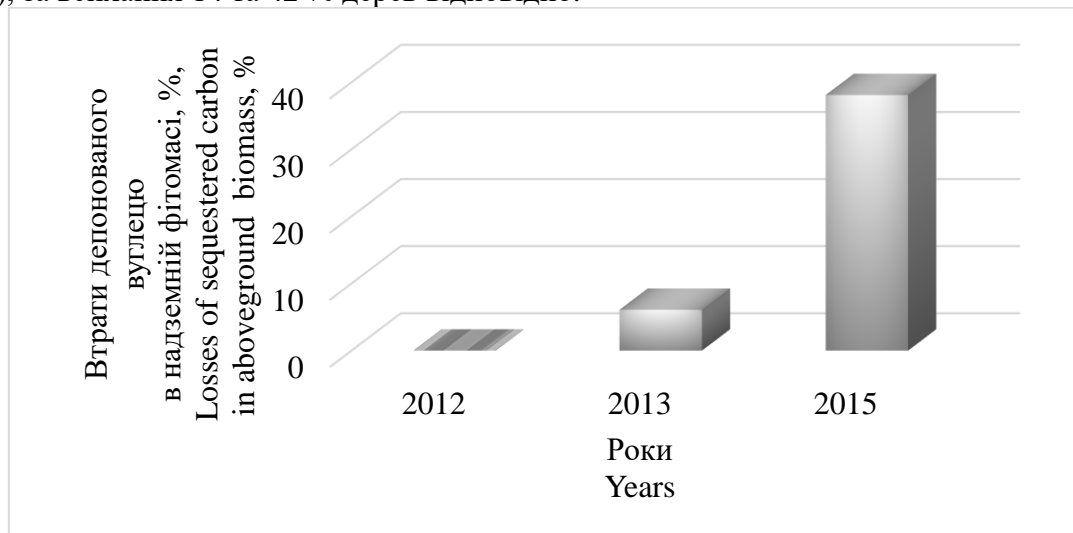


Рис. 3 – Втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі середньовікового сосняку Немовицького лісництва філії «Сарненське лісове господарство», пошкодженого низовою пожежею 2012 р.
Fig. 3 – Losses of carbon stock in the aboveground biomass of the middle-aged pine stand in Nemovytsky forestry in the Branch "Sarny Forestry", damaged by a surface fire in 2012

Погіршення санітарного стану і всихання дерев у сосняках, пошкоджених пожежами, у Поліссі відбувалося інтенсивніше, ніж у Лівобережному Лісостепу. Відповідно втрати депонованого вуглецю в сосняках були більшими в Поліссі.

Через три роки після низової пожежі втрати депонованого вуглецю в надземній фітомасі в Лівобережному Лісостепу на ППП з висотою нагару 0,61 м становили 3 %, на ППП з висотою нагару 1,76 м – 8 %, а на ППП з висотою нагару 3,76 м – 30 % (рис. 3)

Стрімке всихання сосни в Поліссі після пожеж, а отже, і зменшення депонованого вуглецю в надземній фітомасі, ймовірно, спричинене тим, що рівень ґрунтових вод підходить близько до поверхні землі, що зумовило формування кореневих лап, які мають тонку кору й швидко пошкоджуються вогнем, що перешкоджає надходженню водного розчину з поживними речовинами із ґрунту, на відміну від сосни, яка росте в Лісостепу, де корені дерев більш захищені від вогню, тому що через низький рівень ґрунтових вод в умовах Лісостепу кореневі лапи зазвичай відсутні (Voron *et al.*, 2021).

Виявлені нами закономірності підтверджують також дослідження втрат вуглецю в насадженнях, пошкоджених пожежами 2015 р., у південній частині острова Суматра (Siahaan *et al.*, 2020). Виявлено, що втрати вуглецю різняться для різних гідротопів. Найбільшою втрата вуглецю була у вторинних торф'яно-болотних лісах – $94,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, меншою – у лісових насадженнях, які ростуть у сухіших умовах, – $36,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. У дослідженні було визначено запаси вуглецю на кожній ділянці для трьох резервуарів вуглецю: надземної фітомаси, відмерлої деревини та підстилки. Отже, у насадженнях, які ростуть у вологіших умовах, втрати вуглецю після пожеж були більшими, що узгоджується з результатами наших досліджень.

Висновки. Післяпожежні втрати вуглецю в надземній фітомасі внаслідок відпаду дерев залежать насамперед від інтенсивності пожежі та типу пошкодження, тривалості періоду після пожежі, а також пожежостійкості насаджень (вогнестійкості на рівні дерев у насадженні).

Визначено особливості відпаду дерев і втрат депонованого вуглецю в надземній фітомасі сосняків, пошкоджених низовими пожежами, у Поліссі та Лівобережному Лісостепу. Так,

отримані попередні дані свідчать, що для Полісся для типу лісорослинних умов В₃ характерна більша інтенсивність всихання, ніж для Лівобережного Лісостепу для типу лісорослинних умов В₂ за меншої інтенсивності пожежі, оціненої за середньою висотою нагару. Відповідно найбільші втрати депонованого вуглецю виявлено в сосняках, пошкоджених пожежами, у вологіших умовах Полісся (В₃), порівнюючи із сосняками Лівобережного Лісостепу (В₂). Необхідні подальші дослідження динаміки депонованого вуглецю в насадженнях, пошкоджених пожежами, та більше просторове та типологічне охоплення.

Подяки. Автори висловлюють подяку анонімним рецензентам за цінні поради, корисні та конструктивні рекомендації та покращення тексту.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в рамках плану досліджень УкрНДЛІГА (тема 7, № держреєстрації: 0120U101893), підтриманого Держлісагентством України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Atramentova, L.O. and Utevska, O.M. (2007) *Statistical methods in biology*. Kharkiv: KhNU named after V. N. Karazin (in Ukrainian).
- Bilous, A., Myroniuk, V., Holiaka, D., Bilous S., See, L. and Schepaschenko, D. (2017) 'Mapping growing stock volume and forest live biomass: a case study of the Polissya region of Ukraine', *Environmental Research Letters*, 12, e105001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa8352>
- Bond-Lamberty, B., Peckham, S. D., Ahl, D. E., & Gower, S. T. (2007). Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance. *Nature*, 450(7166), 89-92.
- Buksha, I.F., Butrym, O.V. and Pasternak, V.P. (2008) *Inventory of greenhouse gases in the sector of land use and forestry*. Kharkiv: KhNAU. ISBN 978-966-1664-06-6 (in Ukrainian).
- Buksha, I.F., Raspopina, S.P. and Pasternak, V.P. (2012) 'Carbon stock in soil and litter in forest monitoring plots', *Forestry and Forest Melioration*, 120, pp. 106–112 (in Ukrainian).
- Koval, I.M., Voron, V.P. and Sydorenko, S.G. (2018) 'Carbon sequestration in the young pine stands damaged by fire within Left-bank forest-steppe', *Forestry and Forest Melioration*, 133, pp. 78–84 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.133.2018.78>
- Kuzyk, A.D. (2009) 'Forest typological aspects of fire safety of woods', *Scientific Bulletin of UNFU*, 19(14), pp. 210–214 (in Ukrainian).
- Kuzyk, A.D. (2019) *Ecological and forestry basics of fire safety in the forests of Male Polissia*. Lviv: SPOLOM. ISBN 978-966-919-379-7 (in Ukrainian).
- Lakyda, P.I. (2011) *Standards for evaluation the components of the above-ground phytomass of trees of the main forest-forming species of Ukraine*. Kyiv: EKO-inform Publishing House (in Ukrainian).
- Lakyda, P., Shvidenko, A., Bilous, A., Myroniuk, V., Matsala, M., Zibtsev, S., Schepaschenko, D., Holiaka, D., Vasylyshyn, R., Lakyda, I., Diachuk, P. and Kraxner, F. (2019) 'Impact of disturbances on the carbon cycle of forest ecosystems in Ukrainian Polissya', *Forests*, 10, 337. <https://doi.org/10.3390/f10040337>
- Matthews, G.R. (1993) *The carbon content of trees*. Edinburgh: Forestry Communication. ISBN 0855383178, 9780855383176.
- Meigs, G.W., Donato, D.C., Campbell, J.L., Martin, J.G. and Law, B.E. (2009) 'Forest fire impacts on carbon uptake, storage, and emission: The role of burn severity in the Eastern Cascades, Oregon', *Ecosystems*, 12(8), pp. 1246–1267. <https://www.jstor.org/stable/25622882>
- Melnyk, V.V. (2019) 'Assessment of the sanitary condition of the scotch pine plantations in fresh pine forests of Ukrainian Polissia exclusion zone', *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(3), pp. 39–43 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40290308>
- NGO "Forest Com" (2023) *Ways to strengthen the ecosystem services of forests to increase the amount of carbon dioxide absorption and mitigate the climate change effect*. Available at: <https://forestcom.org.ua/news-post/shlyahi-posilennya-ekosistemnih-poslug-lisiv-dlya-zbilshennya-obsyagiv-poglinannya-vuglekislogo-gazu> (Accessed: 18 March 2024).
- Pasternak, V.P. and Yarotskiy, V.Yu. (2013) 'Carbon stock and dynamic assessment in the forests of North-East of Ukraine', *Scientific Bulletin of UNFU*, 23(6), pp. 57–62 (in Ukrainian).
- Prokopuk, Yu.S. and Netsvetov, M.V. (2016) 'Dynamics of depositing carbon in the stubble biomass of *Quercus robur* L. in the park Theophania', *Scientific Bulletin of UNFU*, 26 (3), pp. 158–164 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/40260326>
- Sanitary Forest Regulations in Ukraine* (2016). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 756 dated 26 October 2016. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (Accessed: 18 March 2024) (in Ukrainian).
- Shpakivska, I.M. and Maryskevych, O.G. (2009) 'Estimation the reserves of organic carbon in the forest ecosystems of Eastern Beskydy', *Forestry and Forest Melioration*, 115, pp. 176–180 (in Ukrainian).
- Siahaan, H., Kunarso, A., Sumadi, A., Purwanto, P., Rusolono T., Tiryana, T., Sumantri, H. and Haasler, B. (2020) 'Carbon loss affected by fires on various forests and land types in South Sumatera', *Indonesian Journal of Forestry Research*, 7(1), pp. 15–25.

- State Forest Resources Agency of Ukraine (2024) *Public report of the Head of the State Forest Resources Agency of Ukraine for 2023*. Available at: <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/uploaded-files/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82%20%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%202023.pdf> (Accessed: 2 April 2024).
- Siahaan, H., Kunarso, A., Sumadi, A., Purwanto, P., Rusolono, T., Tiryana, T., ... & Haasler, B. (2020). Carbon loss affected by fires on various forests and land types in South Sumatera. *Indonesian Journal of Forestry Research*, 7(1), 15-25. <https://doi:10.20886/ijfr.2020.7.1.15-25>
- Sydorenko, S., Voron, V., Koval, I., Sydorenko, S., Rumiantsev M. and Hurzhii, R. (2021) 'Postfire tree mortality and fire resistance patterns in pine forests of Ukraine', *Central European Forestry Journal*, 67, pp. 21–29. <https://doi.org/10.2478/forj-2020-0029>
- Tkach, V.P., Vysotska N.Yu., Torosov, A.S., Buksha, I.F., Pasternak, V.P., Los, S.A., Kobets, O.V., Tarnopilska, O.M., Tarnopilskyi, P.B., Kalashnikov, A.O., Zhezhkun, I.M., Koval I.M., Sydorenko, S.H., Sydorenko, S.V., Bondarenko, V.V. and Bondar, O.B. (2023) *Economic evaluation of ecosystem services of Ukrainian forests*. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/2023.978-617-8195-57-1>
- Voron, V.P., Koval I.M., Sydorenko S.G., Melnyk E.E., Bologov O.Yu., Tkach O.M. and Tymoshchuk I.V. (2019) *Recommendations on measures to increase the fire resistance of forests and methods predicting their post-fire development*. Kharkiv: URIFFM (in Ukrainian).
- Voron, V.P., Koval, I.M., Sydorenko, S.G., Melnyk, E.E., Tkach, O.M., Borysenko, V.G., Tymoshchuk, I.V. and Bologov, O.Yu. (2021) *Pyrogenic transformation of forests of Ukraine*. Kharkiv: Planet-Print. SSBN 978-617+77897-54-4 (in Ukrainian).
- Walker, R.B., Coop, J.D., Downing, W.M., Krawchuk, M. A., Malone, S. L., & Meigs, G. W. (2019). How much forest persists through fire? High-resolution mapping of tree cover to characterize the abundance and spatial pattern of fire refugia across mosaics of burn severity. *Forests*, 10(9), 782. <https://doi.org/10.3390/f10090782>

ASSESSMENT OF LOSSES OF CARBON STORED IN THE ABOVEGROUND BIOMASS OF PINE STANDS DAMAGED BY SURFACE FIRES IN THE POLISSIA AND LEFT-BANK FOREST-STEPPE

Koval I.M.^{1*}, Voron V.P.², Sydorenko S.H.³, Melnyk E.E.⁴, Pasternak V.P.⁵, Budzinsky I.L.⁶

The article presents findings on the loss of stored carbon in the above-ground biomass of middle-aged pine stands as a result of their damage by surface fires in Polissia (forest natural zone in Ukraine) and Left-Bank Forest-Steppe are. In the conditions of Polissia, in the stand with a scorch height of about 1 m, the proportion of tree mortality increased as the health condition of the trees deteriorated. It was found that 14% of the trees had died one year after the fire and 58% of trees had died three years after the fire. The loss of stored carbon in aboveground biomass was 6% one year after the fire and 61% three years after the fire. In the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe, the loss of stored carbon in the aboveground biomass of middle-aged pine stands damaged by a fire with a scorch height of 0.61 cm was 3% three years after the fire. The loss was 8% for the stand with a scorch height of 1.76 cm and 30% for the most damaged pine stand with an average scorch height of 3.76 cm.

Key words: pine stands, tree mortality, state dynamics, scorch height.

Одержано редколегією 15.04.2024

¹ Koval Iryna, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: koval_iryana@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6328-1418>

² Voron Volodymyr, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: 52corvus@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1059-3032>

³ Sydorenko Serhiy, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: serhii88sido@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5972-0067>

⁴ Melnyk Yevgen, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: wudckij@bigmir.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9821-2751>

⁵ Pasternak Volodymyr, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Professor, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: pasternak@urifffm.org.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1346-1968>

⁶ Budzinsky Ihor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Geroiv Oborony Street, Kyiv, 03041, Ukraine; State Forest Resources Agency of Ukraine, 9-A Shota Rustaveli Street, Kyiv, Ukraine. E-mail: igor_budzinskiy@meta.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-0298-5494>

* Correspondence: koval_iryana@ukr.net

ЗАХИСТ ЛІСУ

УДК 635.9:630.4:632.7

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.110>**ПЕРШІ ДАНІ СТОСОВНО СЕЗОННОГО РОЗВИТКУ САМШИТОВОЇ ВОГНІВКИ
У ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕННЯХ ЖИТОМИРА**О. Ю. Андреева^{1*}, І. В. Мартинчук², Т. М. Іванюк³, С. І. Матковська⁴, Д. О. Марчук⁵

Самшитова вогнівка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) має походження зі східної Азії. Проникла в Європу у 2006 р., наразі відома в більшості областей України. У межах ареалу спроможна мати від двох до п'яти поколінь на рік, спричиняючи ослаблення й відпад рослин роду *Buxus* L. Метою наших досліджень було виявити особливості сезонного розвитку самшитової вогнівки в зелених насадженнях Житомира для визначення оптимальних термінів моніторингу поширення й розвитку цього шкідника та заходів його знищення. У Ботанічному саду Поліського національного університету імені героїв-десантників самшитова вогнівка розвивається у двох повних поколіннях. Гусениці третього покоління починаючи з вересня уповільнюють розвиток і впадають у діапаузу у III–IV віках. Кінець першого періоду льоту імаго (від третьої декади червня до третьої декади липня) наблизений до початку другого періоду льоту імаго (від першої декади серпня до першої декади вересня). Можливість перекривання розвитку особин двох поколінь свідчить про існування загрози заселення нових кущів самшиту протягом більшої частини літа. Вихід гусениць із діапаузи та відновлення живлення навесні відбувається приблизно після дати стійкого переходу температури через 10 °С. Саме в цей період доцільно здійснювати огляд кущів і за необхідності – їхній захист. Одержані дані щодо сезонного розвитку самшитової вогнівки у вторинному ареалі (в Житомирі) мають також теоретичне значення для з'ясування тенденцій зміни сезонних циклів мультівольтинних комах-фітофагів в умовах зміни клімату.

Ключові слова: *Buxus sempervirens*, *Cydalima perspectalis*, діапауза, температура повітря, ботанічний сад, декоративні рослини.

Вступ. Самшит вічнозелений (*Buxus sempervirens* L.) – унікальна декоративна рослина, яка походить з Південної Європи, Західної Азії та північної Африки (Di Domenico *et al.*, 2012). Завдяки декоративності, довговічності, невибагливості до ґрунтових умов, тіневитривалості, зимостійкості та спроможності витримувати формування цю рослину широко використовують в озелененні населених пунктів практично всіх країн Європи, а також на інших материках (*Buxus sempervirens*, no date). Останнім часом стану самшиту повсюдно загрожує самшитова вогнівка *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) (*Cydalima perspectalis*, no date). Шкідник має походження зі східної Азії (Японія, Китай, Тайвань, Корея, Індія) та Далекого Сходу Росії (Maruyama, 1993). У Європі шкідника вперше виявлено в Німеччині у 2006 р. (Nasambo *et al.*, 2014), в Україні – у 2011 р. (Shparyk and Zamoroка, 2019). Наразі шкідник відомий у більшості областей України (Matsiakh and Kramarets, 2020; UkrBIN, 2020; Meshkova, 2022).

За дуже високої чисельності гусениці старших віків навіть пошкоджують кору молодих пагонів, і кущі неспроможні відновити життєвий стан (Kulfan *et al.*, 2020). Гусениці

¹ Андреева Олена Юріївна, доктор сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, бульвар Старий, 7, Житомир, 10008, Україна. E-mail: andreeva-lena15@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0851-800X>

² Мартинчук Іван Володимирович, кандидат економічних наук, доцент, Поліський національний університет, бульвар Старий, 7, Житомир, 10008, Україна. E-mail: martynchuk.ivan@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1370-677X>

³ Іванюк Тетяна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, бульвар Старий, 7, Житомир, 10008, Україна. E-mail: i.tanya1503@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6171-4064>

⁴ Матковська Світлана Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Поліський національний університет, бульвар Старий, 7, Житомир, 10008, Україна. E-mail: matkovcka@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8019-5498>

⁵ Марчук Данило Олександрович, аспірант, Поліський національний університет, бульвар Старий, 7, Житомир, 10008, Україна. E-mail: marchukdan82@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8503-6835>

* Адреса для кореспонденції: andreeva-lena15@ukr.net

продукують павутиння, яке з'єднує щільні групи листків. У таких «коконах» і гусениці, і лялечки захищені від низьких температур і пестицидів (Wiesner *et al.*, 2021). Зважаючи на те, що самшитова вогнівка розвивається не менше ніж у двох поколіннях на рік (Stan and Mitrea, 2020; Supro *et al.*, 2020; Farahani *et al.*, 2021), загроза існуванню її рослини-живителя є дуже високою.

За низької чисельності шкідника ефективним заходом захисту кущів може бути регулярне оглядання їх і вчасне механічне вилучення заселених гілок (Lopez and Eizaguirre, 2019). За наявності посадок самшиту на великій площі доводиться застосовувати інсектициди для їхнього захисту, проте біологічні препарати діють повільно (Wan *et al.*, 2014), а застосування хімічних інсектицидів не повсюдно дозволено.

Для забезпечення організації моніторингу та вчасного впровадження заходів захисту самшиту від самшитової вогнівки необхідно виявити особливості сезонного розвитку шкідника в різних частинах його вторинного ареалу. Аналіз публікацій свідчить про варіювання як термінів появи окремих стадій розвитку комахи, так і кількості поколінь. Так, у деяких регіонах Азії шкідник має до п'яти генерацій (Wan *et al.*, 2014), на півдні Румунії – три (Stan and Mitrea, 2020), у Швейцарії (Nacambo *et al.*, 2014) та Канаді (Wiesner *et al.*, 2021) – дві. Водночас періоди розвитку окремих генерацій часто перекриваються, і точну їхню кількість визначити важко. Певні дані щодо тривалості розвитку окремих стадій за незмінної температури одержано під час лабораторного утримання самшитової вогнівки (Nacambo *et al.*, 2014; López and Eizaguirre, 2019; Stan and Mitrea, 2020) та використано для моделювання її розвитку та можливостей поширення (Supro *et al.*, 2020). Детальні дослідження розвитку самшитової вогнівки в Житомирі розпочато нами навесні 2022 р., коли було заселено понад 10 % кущів самшиту, а щільність гусениць становила від 7 до 20 екземплярів на один кущ.

Метою наших досліджень було виявити особливості сезонного розвитку самшитової вогнівки у зелених насадженнях Житомира для визначення оптимальних термінів моніторингу поширення й розвитку цього шкідника та заходів його знищення.

Матеріал й методи. Дослідження проведено на території Ботанічного саду Поліського національного університету імені Героїв-десантників (50°15'09" пн. ш., 28°42'00" сх. д.) у 2023–2024 рр., де виявлено значне представництво самшиту вічнозеленого в доброму стані (рис. 1).

Ботанічний сад засновано у південно-східній частині міста Житомир у 1933 р. як навчально-дослідницьку базу Житомирського сільськогосподарського інституту технічних культур для вивчення й використання місцевих та інтродукованих рослин (Ivaniuk *et al.*, 2013). Наразі (від 24 квітня 2024 р.) установа має назву «Ботанічний сад Поліського національного університету імені Героїв-десантників». Самшит вічнозелений почали висаджувати в ботанічному саду в 1975 р. в алейних і групових посадках. На території партеру самшит вічнозелений висаджено 1985 р., на центральній алеї створено два ряди по 24 м і один ряд завдовжки 50 м. У 2013 р. висаджено 30 кущів самшиту у кварталі 15 та 65 кущів – у кварталі 26 на межі з кварталом 19 біля адмінбудівлі (Markov and Shvets, 2019). Наразі посадки самшиту займають 325 погонних метрів.

Фенологію самшитової вогнівки досліджували впродовж 2022, 2023 і першої половини 2024 р. шляхом оглядання кущів самшиту з інтервалом два тижні в період до початку вегетації та з інтервалом один тиждень у період вегетації. У кожен дату оцінювали стадії розвитку шкідника огляданням гілок (по 10 гілок завдовжки 10 см на кожному з 10 модельних кущів). Зокрема, реєстрували дати початку живлення гусениць після зимівлі, їхнього лялькування, вильоту метеликів першого покоління, появи яєць, гусениць, лялечок і метеликів другого покоління, появи яєць і гусениць, які живляться, зимують і надалі живляться навесні.

Вік гусениць визначали за шириною головної капсули відповідно до (Nacambo *et al.*, 2014): I – 0,4 мм, II – 0,7 мм, III – 0,8 мм, IV – 1,4 мм, V – 2,2 мм, VI – 3,3 мм, VII – 3,5 мм. Стандартну похибку ширини головних капсул самшитової вогнівки визначали за допомогою пакету програм MS Excel.



Рис. 1 – Картосхема Ботанічного саду Поліського національного університету імені Героїв-десантників (маркером позначено розташування кущів самшиту)
Fig. 1 – Map of the Botanical Garden named after the Paratroopers' Heroes of the Polissia National University (marker indicates the location of box-tree shrubs)

Для розрахунку середніх показників температур повітря за місяць і за періоди розвитку окремих стадій самшитої вогнівки у 2022–2024 рр. використовували дані метеостанції Житомир (Meteofor, no date). Багаторічні дані стосовно місячних температур повітря за 1993–2022 рр. одержували з ClimateCharts (Zepner *et al.*, 2021). Дати стійкого переходу температури через певні порогові розраховували за методикою В. Л. Мешкової (Meshkova, 2009).

Результати. Гусениці самшитої вогнівки в зимові місяці перебували в діапаузі та знаходилися в щільних білих павутинних коконах між листям. Їхній віковий склад був презентований особинами III та IV віків (рис. 2).

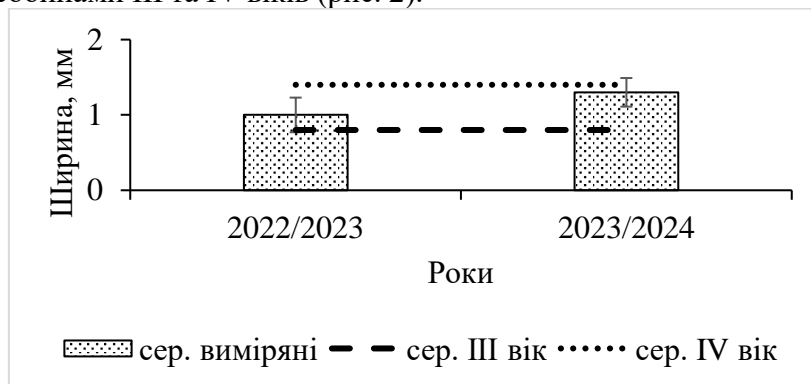


Рис. 2 – Середня ширина головних капсул гусениць самшитої вогнівки, що зимували, у різні роки в Житомирі, та середні значення стосовно III та IV віків за Nacambo *et al.*, 2014 (планки – стандартні похибки)

Fig. 2 – Average width of the head capsules of overwintering box-tree moth caterpillars in different years in Zhytomyr, and average values for III and IV instars by Nacambo *et al.*, 2014 (bars indicate standard errors)

Співвідношення гусениць різних віків залежало від температури минулого року за період від їхнього вилуплення до початку діпаузи. Так, середня температура за період розвитку гусениць перед зимівлею у 2022 р. становила 12,2 °С, у 2023 р. – 18 °С (рис. 3). Згідно із цим більшість особин, що зимували у 2022/2023 рр., мали III вік, а серед особин, що зимували у 2023/2024 рр., переважали ті, що мали IV вік (див. рис. 2). Середня ширина головних капсул гусениць, що зимували, становила $1,0 \pm 0,23$ та $1,3 \pm 0,19$ мм на початку 2023 і 2024 рр. відповідно, а середній зважений вік – III,3 та III,8 відповідно (округлено – III і IV віки).

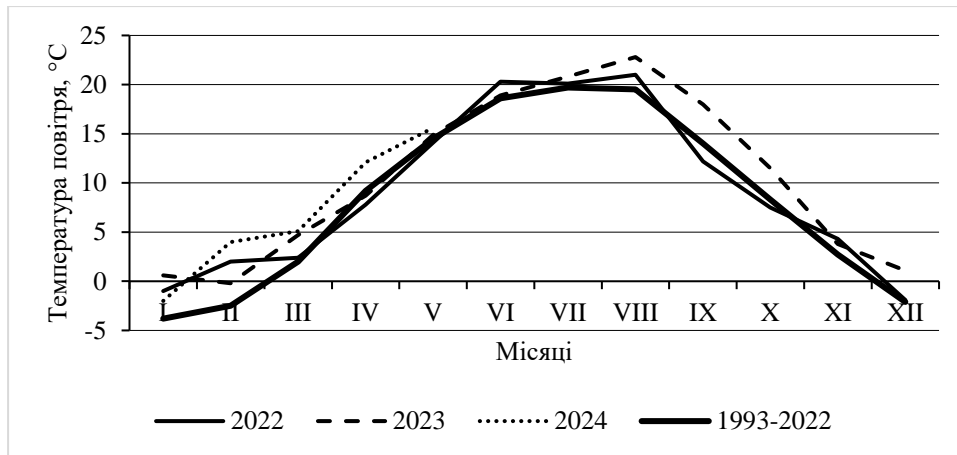


Рис. 3 – Сезонна динаміка температури повітря у 2022–2024 рр. та за багаторічними даними (1993–2022 рр.) (м. Житомир; 50,265° пн. ш., 28,677° сх. д.)

Fig. 3 – Seasonal dynamics of air temperature in 2022–2024 and according to long-term data (1993–2022) (Zhytomyr city; 50.265°N, 28.677°E)

Гусениць, що вийшли з діпаузи та почали житися, було виявлено найраніше у 2024 р. – 7 квітня, а у 2022 і 2023 рр. – 26 і 24 квітня відповідно (рис. 4).

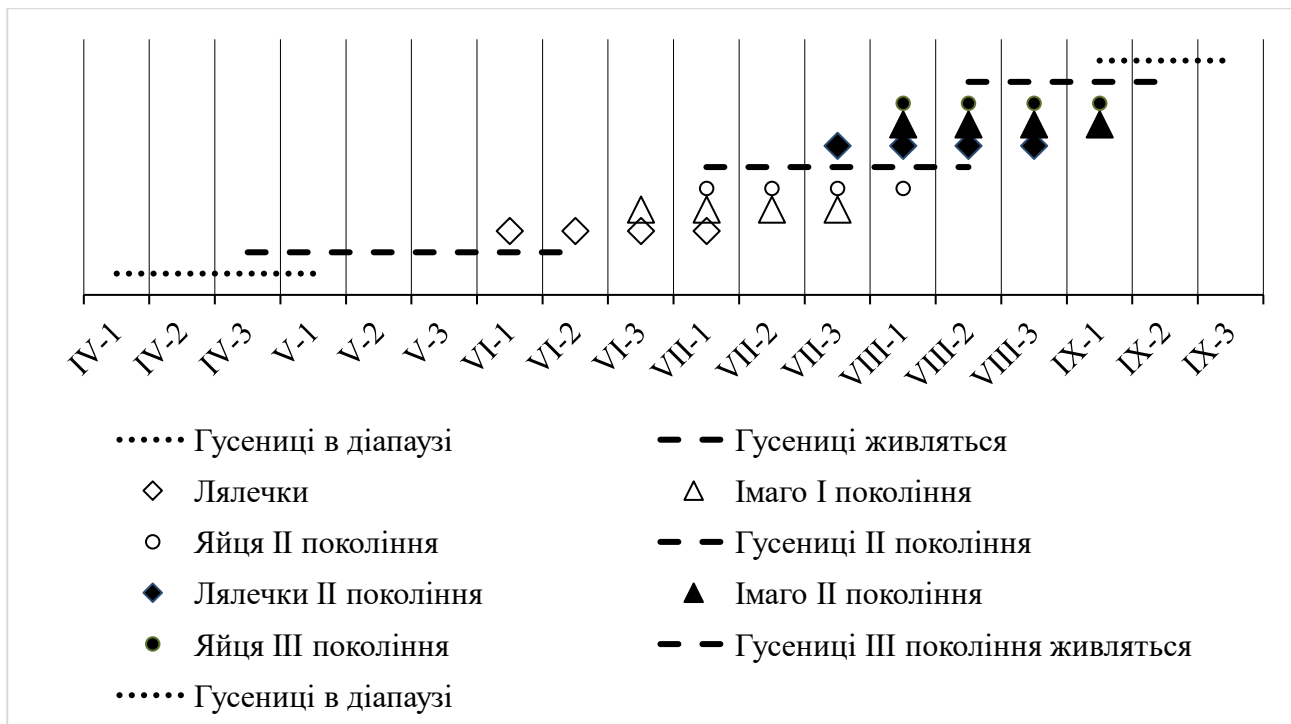


Рис. 4 – Фенологічний календар самшитової огнівки за даними 2022–2024 рр. (м. Житомир; 50,265° пн.ш.; 28,677° сх.д.)

Fig. 4 – Phenological calendar of the box-tree moth according to the data of 2022–2024. (Zhytomyr city; 50.265°N; 28.677°E)

Дати початку живлення гусениць після зимівлі були близькими до дат стійкого переходу температури через 10 °С у роки досліджень: 26 квітня 2022 р., 23 квітня 2023 р., 7 квітня 2024 р. За багаторічними даними таке явище відбувається 18 квітня (див. рис. 3). Водночас навіть у межах ботанічного саду дати початку живлення гусениць самшитової вогнівки після зимівлі варіювали: на затінених ділянках окремі особини ще не розпочали живлення у першій декаді травня. Загальний рівень пошкодження самшитовою вогнівкою затінених рослин наприкінці сезону був меншим, ніж освітлених, хоча обсяг одержаних даних ще не є достатнім для статистично обґрунтованого висновку. Також відзначено, але статистично не підтверджено, що найбільшою мірою були пошкоджені гусеницями кущі після формування.

У роки досліджень гусениць самшитової вогнівки, що живилися, виявляли від третьої декади квітня до другої декади червня (див. рис. 4). У середньому тривалість періоду живлення гусениць після зимівлі становила 19 днів, але варіювала за роками та ділянками спостережень. Згідно із цим лялечок самшитової вогнівки у 2024 р. було виявлено вже 1 червня, у 2023 р. – на тиждень пізніше, а у 2022 р. останніх лялечок виявляли у першій декаді липня. Температура повітря в період появи та розвитку лялечок коливалася від 17 до 23°C навіть у різних фрагментах насаджень, але в цей період мала тенденцію до підвищення (див. рис. 4). Тому з лялечок, які утворилися 1 червня, імаго вилетіли через 22 дні, а з тих, що утворилися 25 червня, – через 19 днів.

Імаго першого покоління виявляли від третьої декади червня до третьої декади липня (див. рис. 4). Яйця другого покоління розвивалися впродовж 5–7 днів. Гусениці другого покоління вилуплювалися в першій декаді липня. Молоді гусениці самшитової вогнівки живилися групами, виїдаючи м'якуш нижньої частини листків різних видів самшиту. У міру свого розвитку вони розповзалися по одній, обгризаючи листки повністю, залишаючи центральну жилку (рис. 5).



Рис. 5 – Пошкодження самшиту самшитовою вогнівкою
(ліворуч – слабке; праворуч – сильне; травень 2024 р.; фото авторів)

Fig. 5 – Damage to box-tree by the box-tree moth
(left – weak; right – strong; May 2024; photo by the authors)

Гусениці другого покоління розвивалися 25–30 днів (до початку серпня). Лялечки другого покоління траплялися від третьої декади липня до третьої декади серпня, кожна розвивалася 12–15 днів залежно від температури повітря. Імаго другого покоління та відкладені ними яйця третього покоління траплялися від першої декади серпня до першої декади вересня. Гусениць

третього покоління виявляли починаючи з другої декади серпня. Вони жилися приблизно до середини вересня (див. рис. 4).

Аналіз рисунка 3 свідчить, що стійкий перехід температури повітря восени вниз через 10 °C відбувався за багаторічними даними 8 жовтня, у 2022 р. – 30 вересня, а у 2023 р. – 22 жовтня. Середня температура повітря в жовтні за багаторічними даними становила 8,3 °C, а у 2022 р. – 7,5 °C, що менше від нижнього порогу розвитку гусениць цього виду (Nacambo *et al.*, 2014). Середня температура повітря в жовтні 2023 р. становила 11,5 °C, що перевищує поріг розвитку гусениць, але дорівнює розрахованому порогу розвитку лялечок (Nacambo *et al.*, 2014), які, як і метелики, не спроможні витримати зимові холоди. Таким чином, за наявних погодних умов самшитова вогнівка в Житомирі може розвиватися наразі лише у двох поколіннях, а гусениці третього покоління у вересні поступово впадають у діапаузу, яка триває до весни.

Обговорення. Зелені насадження міст виконують важливі екологічні функції, але водночас вони є уразливішими до несприятливої дії чинників, зокрема комах-фітофагів (Andreieva *et al.*, 2022; Meshkova, 2022). Самшитова вогнівка за типом сезонного розвитку є близькою до комах групи 2 за класифікацією В. Мешкової (Meshkova, 2009), коли зимують гусениці різних віків, а співвідношення особин різних віків залежить від температури попереднього року. Прикладами є сосновий шовкопряд *Dendrolimus pini* (Linnaeus, 1758) (Lasiocampidae) і золотогуз *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus, 1758) (Erebidae) з ряду Lepidoptera. Водночас, оскільки самшитова вогнівка спроможна до полівольтинного розвитку та має у різних регіонах від двох до п'яти поколінь, її сезонний цикл має спільні риси, зокрема, зі звичайним сосновим пильщиком *Diprion pini* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Diprionidae), який має діапаузу на стадії еонімфи, розвивається в одному чи двох поколіннях, іноді має лише весняне, іноді – лише осіннє покоління, а іноді – проміжне літнє покоління завдяки вильоту особин, які знаходилися в діапаузі (Meshkova, 2009).

Під час лабораторного утримання гусениць самшитової вогнівки за постійної температури дослідники розраховували залежність темпів їхнього розвитку від температури та визначили нижній поріг розвитку й суму ефективних температур (Nacambo *et al.*, 2014; Lopez and Eizaguirre, 2019). Водночас пов'язати терміни розвитку самшитової вогнівки лише з температурою за даними польових спостережень не завжди можливо, оскільки мікроклімат різниться на окремих ділянках насаджень і навіть у межах одного куща (Kulfan *et al.*, 2020). Прогнозування сезонного розвитку самшитової вогнівки також ускладнене у зв'язку із залежністю термінів настання діапаузи від фотоперіоду (Suppo *et al.*, 2020).

За нашими даними, одержаними в Житомирі, гусениці самшитової вогнівки входили в діапаузу в III і IV віках (див. рис. 2), а більший середній зважений вік гусениць визначено у 2023 р., коли температура за період їхнього розвитку перед зимівлею була більшою (див. рис. 3). За літературними даними, у Швейцарії гусениці самшитової вогнівки зимують у III віці (Nacambo *et al.*, 2014), а в Японії – у IV–V віках (Maruyama, 1993).

Гусениць самшитової вогнівки, що вийшли з діапаузи та жилися, було виявлено нами у дати, близькі до дат стійкого переходу температури через 10 °C у роки досліджень (див. рис. 3, 4). Нижній температурний поріг розвитку гусениць самшитової вогнівки, визначений в Іспанії (Lopez and Eizaguirre, 2019), становить 9,5 °C, а у Швейцарії (Nacambo *et al.*, 2014) – 8,4 °C. Пороги для розвитку яєць і лялечок, розраховані в Іспанії, становлять 12,1 та 12,5 °C відповідно (Lopez and Eizaguirre, 2019), а у Швейцарії – 10,9 і 11,5 °C (Nacambo *et al.*, 2014). На нашу думку, під час підрахунку суми ефективних температур доцільно застосовувати поріг 10 °C, оскільки відповідні значення за окремі роки з різних пунктів містяться в агрокліматичних довідниках. До цих порогів наближені також дати багатьох фенологічних індикаторів, які відбивають терміни початку та закінчення активної вегетації рослин. Хоча самшит є вічнозеленою рослиною, для надходження вологи в рослини та відновлення активного фотосинтезу необхідне розмерзання та достатнє прогрівання ґрунту (Di Domenico *et al.*, 2012). Можна припустити, що завершення діапаузи самшитової вогнівки в період

початку активної вегетації кормової рослини є найбільш сприятливим терміном відновлення живлення гусениць після зимівлі. Визначені нами відмінності в датах початку живлення гусениць самшитової вогнівки після зимівлі на затінених та освітлених ділянках, а також менше пошкодження затінених рослин опосередковано підтверджують це припущення.

У зв'язку з неоднорідним віковим складом гусениць, що зимували, їхнє лялькування відбувалося впродовж декількох тижнів, але в міру наростання температури повітря темпи розвитку всіх стадій комахи прискорювалися, як це характерно для інших комах зони помірного клімату (Meshkova, 2009). Так, на початку липня одночасно виявляли лялечок, що утворилися з гусениць, які зимували, імаго першого покоління, яйця і гусениць другого покоління (див. рис. 4). У третій декаді липня одночасно виявляли імаго першого покоління, яйця, гусениць і лялечок другого покоління. За льотом імаго першого покоління (від третьої декади червня до третьої декади липня) практично відразу відбувається літ імаго другого покоління (від першої декади серпня до першої декади вересня), тобто загроза заселення нових кущів самшиту існує протягом більшої частини літа.

За нашими даними, одержаними в Житомирі, гусениці самшитової вогнівки, що вилупилися з яєць, відкладених метеликами другого покоління, вилуплюються в середині серпня, але не мають можливості завершити розвиток, оскільки вже в жовтні температура повітря є меншою від порогу розвитку гусениць, а в теплі роки (2023 р.) – меншою від порогу розвитку лялечок, і у випадку завершення розвитку метелики все одно приречені на загибель. Як і багато інших комах у зоні помірного клімату, самшитова вогнівка реагує на зменшення фотоперіоду, яке відбувається раніше, ніж зниження температури в сезонному циклі динаміки цих показників (Supro *et al.*, 2020). Так, сигналом для підготовки до діапаузи гусениць самшитової вогнівки є довжина дня 13 годин 30 хвилин (Maruyama, 1993). Така довжина дня на широті Житомира визначається 1 вересня (Meteocast, 2024).

Висновки. У Ботанічному саду Поліського національного університету імені Героїв-десантників м. Житомир самшитова вогнівка розвивається у двох повних поколіннях. Визначено два періоди льоту імаго – від третьої декади червня до третьої декади липня та від першої декади серпня до першої декади вересня. Одержані дані свідчать, що загроза заселення нових кущів самшиту існує протягом більшої частини літа. Гусениці третього покоління уповільнюють розвиток і впадають у діапаузу у III або IV віках, залежно від температури в період їхнього розвитку восени. Гусениці відновлюють живлення навесні приблизно після дати стійкого переходу температури через 10 °С. Саме в цей період доцільно здійснювати огляд кущів і за необхідності – їхній захист. Одержані дані сприятимуть також з'ясуванню тенденцій зміни сезонних циклів мультівольтинних комах-фітофагів в умовах зміни клімату.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Andreieva, O.Yu., Goychuk, A.F., Kulbanska, I.M., Shvets, M.V. and Vyshnevskiy, A. V. (2022) 'Adventive leaf-mining insects in the green stands of Zhytomyr', *Forestry and Forest Melioration*, 140, pp. 57–63. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.140.2022.57>
- Buxus sempervirens* L. (no date). Available at: <https://www.gbif.org/species/2984671> (Accessed: 4 February 2024).
- Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (no date). Available at: <https://www.gbif.org/species/4532122> (Accessed: 4 February 2024)
- Di Domenico, F., Lucchese, F. and Magri, D. (2012) 'Buxus in Europe: Late Quaternary dynamics and modern vulnerability', *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 14(5), pp. 354–362. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2012.07.001>
- Farahani, S., Salehi, M., Farashiani, M.E., Kazerani, F., Kouhjeni-Gorji, M., Khaleghi Trujeni, S.N., Ahangaran, Y., Babaei, M. R., Yarmand, H., Omid, R. and Talebi, A.A. (2021) 'Life cycle of *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae), an invasive exotic pest in Hyrcanian forests of Iran', *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(2), pp. 361–370. Available at: <http://jast.modares.ac.ir/article-23-29604-en.html> (Accessed: 4 February 2024).
- Ivanyuk, T.M., Kotyuk, L.A., Krasevich, N.O. et al. (2013) *Botanical Garden of the Zhytomyr National Agroecological University: information. reference guide*. Edited by L.V. Mikhailovsky. Zhytomyr: ZhNAU (in Ukrainian).

- Kulfan, J., Dzurenko, M., Parák, M., Sarvašová, L., Saniga, M., Brown, P. and Zach, P. (2020) 'Larval feeding of *Cydalima perspectalis* on box trees with a focus on the spatial and temporal distribution', *Plant Protection Science*, 56, pp. 197–205. <https://doi.org/10.17221/126/2019-PPS>
- López, C. and Eizaguirre, M. (2019) 'Diapause and biological cycle of *Cydalima perspectalis* (Walker) in the eastern Pyrenees', *Journal of Applied Entomology*, 143(10), pp. 1096–1104. <https://doi.org/10.1111/jen.12709>
- Markov, F.F. and Shvets, M.V. (2019) 'Inventory of woody plants of the Old Boulevard in Zhytomyr', *Scientific horizons*, 9(82), pp. 57–63 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-82-9-57-63>
- Maruyama, T. (1993) 'Life Cycle of the BoxTree Pyralid, *Glyphodes perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae). IV. Effect of Various Host Plants on Larval Growth and Food Utilization', *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 37, pp. 117–122.
- Matsiakh, I.P. and Kramarets, V.O. (2020) 'Invasive phyllophagous insects in Ukraine', *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, pp.11–25 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15421/412001>
- Meshkova, V. (2022) 'Alien phytophagous insects in forest and urban stands of Ukraine', *Bucovina Forestieră*, 22(1), pp. 29–40. <https://doi.org/10.4316/bf.2022.004>
- Meshkova, V. L. (2009) *Seasonal Development of Foliage Browsing Insects*. Kharkiv: Novoe Slovo. ISBN 978-966-2046-69-4.
- Meteocast (2024) *Sunrise and sunset in the city of Zhytomyr*. Available at: <https://meteocast.ua/sunrise-sunset/ua/zhytomyr/> (Accessed: 20 May 2024)
- Meteofor (no date) *Weather in Zhytomyr*. Available at: <https://meteofor.com.ua/weather-zhytomyr-4943/month/> (Accessed: 2 March 2024).
- Nacambo, S., Leuthardt, F.L.G., Wan, H., Li, H., Haye, T., Baur, B., Weiss, R.M. and Kenis, M. (2014) 'Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 138, pp. 14–26. <https://doi.org/10.1111/jen.12078>
- Shparyk, V.Yu. and Zamoroka, A.M. (2019) 'A brief overview of *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) distribution in Ukraine: evidence from professional and citizen science', *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series Biology*, 46–47, pp. 37–41. <https://doi.org/10.24144/1998-6475.2019.46-47.37-41>
- Stan, R. and Mitrea, I. (2020) 'Life cycle of *Cydalima perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae) in Craiova Area', *Bulletin UASVM Horticulture*, 77(2) pp. 84–92. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2020.0035>
- Suppo, C., Bras, A. and Robinet, C. (2020) 'A temperature-and photoperiod-driven model reveals complex temporal population dynamics of the invasive box tree moth in Europe', *Ecological Modelling*, 432, 109229: Ecological Modelling, species issue "ISEM 2019". <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109229>
- UkrBIN (2020) *UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network* [public project & web application]. Available at: <http://www.ukrbin.com> (Accessed: 4 February 2024).
- Wan, H., Haye, T., Kenis, M., Nacambo, S., Xu, H., Zhang, F. and Li, H. (2014) 'Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: Is there biological control potential in Europe? *Journal of Applied Entomology*, 138, pp. 715–722. <https://doi.org/10.1111/jen.12132>
- Wiesner, A., Llewellyn, J., Smith, S.M. and Scott-Dupree, C. (2021) 'Biology and distribution of box tree moth (*Cydalima perspectalis*) (Walker, 1859) in Southern Ontario', *Proceedings of the 1st International Electronic Conference on Entomology*, 1–15 July 2021, MDPI: Basel, Switzerland. doi:10.3390/IECE-10514
- Zepner, L., Karrasch, P., Wiemann, F. and Bernard, L. (2021) 'ClimateCharts.Net—An interactive climate analysis web platform', *International Journal of Digital Earth*, 14, pp. 338–356. <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>

FIRST DATA ON BOX-TREE MOTH SEASONAL DEVELOPMENT IN THE GREEN AREAS IN ZHYTOMYR

Andreeva O.Yu.^{1*}, Martynchuk I.V.², Ivaniuk T.M.³, Matkovska S.I.⁴, Marchuk D.O.⁵

Box-tree moth *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) originates from the eastern Asia. It was revealed in Europe in 2006 and is now present in most of the regions of Ukraine. In its range, the box-tree moth can develop in two to five generations per year, causing the weakening and mortality of *Buxus* L. Our research aimed to

¹ Andreeva Olena, Dr. habil. (Agricultural Sciences), Assistant Professor, Polissky National University, 7 Sary Blvd., Zhytomyr, 10008, Ukraine. E-mail: andreeva-lena15@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0851-800X>

² Martynchuk Ivan, PhD (Economics), Associate Professor, Polissky National University, 7 Sary Blvd., Zhytomyr, 10008, Ukraine. E-mail: martynchuk.ivan@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1370-677X>

³ Ivaniuk Tetiana, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Polissky National University, 7 Sary Blvd., Zhytomyr, 10008, Ukraine. E-mail: i.tanya1503@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6171-4064>

⁴ Matkovska Svitlana, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Polissky National University, 7 Sary Blvd., Zhytomyr, 10008, Ukraine. E-mail: matkovcka@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8019-5498>

⁵ Marchuk Danylo, Post-Graduate, Polissky National University, 7 Sary Blvd., Zhytomyr, 10008, Ukraine. E-mail: marchukdan82@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8503-6835>

* Correspondence: andreeva-lena15@ukr.net

identify the features of box-tree moth seasonal development in the green areas in Zhytomyr to determine the optimal terms for monitoring the spread and development of this pest and measures for its control. The box-tree moth develops in two complete generations in the Botanical Garden of the Polissky National University. Caterpillars of the third generation, starting from September, slow down their development and enter diapause in the 3rd–4th instars. The end of the first period of the imago swarming (from the third decade of June to the third decade of July) is close to the beginning of the second period of the imago swarming (from the first decade of August to the first decade of September). The possibility of overlapping development of individuals of two generations indicates the threat of new box-tree plants being populated and damaged during most of the summer. The termination of caterpillar diapause and resumption of feeding in the spring occurs approximately after the date of a stable temperature transition over 10 °C. Inspection of box plants and their protection, if necessary, must be carried out at this time. The obtained data on the box-tree moth seasonal development in its secondary range (in Zhytomyr) are also of theoretical importance for clarifying the trends in the seasonal cycles of multivoltine phytophagous insects under climate change.

Key words: *Buxus sempervirens*, *Cydalima perspectalis*, diapause, air temperature, botanical garden, ornamental plants.

Одержано редколегією 28.05.2024

УДК 595.782:630.416.19:633.872.1(477)

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.119>**БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТРОФІЧНА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ ЖОЛУДЕВОЇ МОЛІ
BLASTOBASIS GLANDULELLA (RILEY, 1871) (BLASTOBASIDAE)****У ЗАХІДНОМУ ПОДІЛЛІ**І. М. Соколова¹

Досліджено біологічні особливості інвазійного виду жолудевої молі, або бластобазиса жолудевого (*Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Lepidoptera: Blastobasidae), у насадженнях Західного Поділля та в камеральних умовах. Виявлено, що, окрім жолудів різних видів дуба (*Quercus* sp.), гусениці розвиваються в плодах гіркокаштанів (рід *Aesculus*) і деяких видів горіхів із роду *Juglans*. Личинки мають тривалий період розвитку, зимують у плодах і повністю з'їдають сім'ядолі. У міру поїдання одного плоду гусениці переповзають до іншого і за період свого розвитку пошкоджують кілька плодів, які втрачають схожість. Личинки заляльковуються як усередині плодів, так і з їхнього зовнішнього боку та в лісовій підстилці з квітня і майже до середини вересня. Виліт метеликів подовжений у часі й відбувається з другої половини травня до середини вересня. *B. glandulella* перешкоджає насінневному відновленню лісів, одержанню садивного матеріалу для лісових і міських насаджень та для продукції горіхівництва.

Ключові слова: інвазійний вид, карпофаг, *Quercus* sp., *Aesculus* sp., *Juglans* sp., сезонний розвиток.

Вступ. *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) – жолудева міль, або бластобазис жолудевий, є порівняно новим для фауни України інвазійним видом із родини *Blastobasidae* (Meurick, 1894) (Kukina *et al.*, 2023; Zinchenko *et al.*, 2023). Бластобазис жолудевий походить зі східної частини Сполучених Штатів Америки та півдня канадської провінції Онтаріо. Згодом вид розселився в багатьох центральних штатах та на всьому західному узбережжі США, а в Канаді поширився на півдні Квебеку, Манітоби, Саскачевані та Британської Колумбії (Adamski, 2003). Личинки розвиваються в жолудях різних видів дуба (*Quercus alba* L., *Q. agrifolia* Nee, *Q. coccinea* Münchh., *Q. engelmannii* Greene, *Q. macrocarpa* Michx., *Q. montana* Willd., *Q. palustris* Münchh., *Q. rubra* L., *Q. velutina* Lam.), а також у плодах каштанів (рід *Castanea*) (Fagaceae) та горіхів (рід *Carya*) (Juglandaceae) (Adamski, 2003; Landry *et al.*, 2013; Adamski and Brown, 2022). Деякий час *B. glandulella* вважали вторинним шкідником, який заселяє плоди, що вже пошкоджені довгоносіками (Coleoptera: Curculionidae) або дрібними гризунами. Пізніше було доведено, що жолудева міль не тільки доїдає сім'ядолі за іншими шкідниками, але й заселяє та повністю знищує абсолютно непошкоджені й незаселені плоди навіть під час їхнього проростання (Galford, 1986; Dunning *et al.*, 2002).

У Європі бластобазиса жолудевого вперше виявили на початку 1980-х років у Хорватії (острів Крк) та згадували під назвою *Blastobasis huemeri*. Після ДНК-ідентифікації *B. huemeri* стала додатковою синонімічною назвою до *B. glandulella* (Landry *et al.*, 2013; Bystrowski and Jakoniuk, 2022). Як типовий інвазійний вид бластобазис жолудевий доволі швидко поширився територією Європи, і нині, окрім Хорватії, його популяції зафіксовано в Австрії, Болгарії, Греції, Данії, Іспанії, Італії, Нідерландах, Німеччині, Польщі, Румунії, Словаччині, Словенії, Угорщині, Франції, Чехії, Швейцарії (GBIF, 2024). Виявилось, що личинки *B. glandulella* масово заселяють плоди європейських видів дубів (насамперед – дуба звичайного (*Q. robur* L.)), а також каштана їстівного (*C. sativa* Mill.) (Hausenblas, 2007; Wenman, 2012; Bystrowski and Jakoniuk, 2022). Метелики з роду *Blastobasis* здійснюють додаткове живлення на квітках різних рослин, зокрема з родин Fabaceae, Liliaceae, Rosaceae (Adamski, 2003). Фенологію *B. glandulella* ще не досліджено, але можна припустити наявність спільних рис із плодожерками, личинки яких розвиваються в жолудях, – *Cydia splendana* (Hübner, 1799) та *C. amplana* (Hübner, 1800) (Tortricidae) (Debouzie *et al.*, 1996; Gaytán *et al.*, 2024).

¹ Соколова Ірина Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. E-mail: ir.m.sokolova@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9486-0524>

В Україні бластобазиса жолудевого вперше виявили у 2009 р. на Закарпатті, а в наступному році – в Івано-Франківській області під час проведення фауністичних зборів мікролускокрилих. Вид визначено як *B. huemeri* (Bidzilya *et al.*, 2014).

У 2022 р. науковці відділу ентомології, фітопатології та фізіології УкрНДІЛГА отримали повідомлення від польських колег із закладу охорони лісу Наукового лісового інституту (IBL) про масове розселення на території Польщі нового, важливого для лісового господарства інвазійного виду – *B. glandulella*. Із залученням фахівців та аматорів було одержано зразки жолудів із різних областей України, що дало змогу виявити у 2022 р. личинок бластобазиса жолудевого в жолудях, зібраних у Київській, Черкаській, Полтавській і Хмельницькій, а навесні 2023 р. – в Тернопільській областях. Достовірність визначення виду підтверджено в закладі охорони лісу Наукового лісового інституту (Польща) (Kukina *et al.*, 2023; Zinchenko *et al.*, 2023). Попередній аналіз матеріалу свідчив, що на сході Тернопільської області та на південному заході Хмельницької жолудева міль встигла сформувати сталі популяції, масово розмножується та пошкоджує велику кількість плодів. Тому ґрунтовні дослідження цього чужоземного виду було проведено в Західному Поділлі.

Метою цієї роботи було уточнити особливості розвитку жолудевої молі та видовий склад деревних рослин, плоди яких вона заселяє в Західному Поділлі.

Матеріали й методи. Дослідження проведено у природних і камеральних умовах. Фенологічні спостереження, збір плодів із метою виявлення в них личинок жолудевої молі та подальшого виведення лялечок та імаго в камеральних умовах здійснювали на восьми локаціях у Кам'янець-Подільському районі Хмельницької області та Чортківському районі Тернопільської області. Це були міські насадження м. Кам'янець-Подільський – «Сквер Героїв» (48.677561°, 26.586423°), парк «Гунські Крилиці» (48.677235°, 26.582019°), парк «Молодіжний» (48.700293°, 26.569606°), дендропарк (48.672843°, 26.579736°), Кам'янець-Подільський ботанічний сад загальнодержавного значення ПДАТУ (48.668542°, 26.581192°) та ділянки лісового фонду ДСП «Ліси України», розташовані у Панівецькому лісництві філії «Кам'янець-Подільське ЛГ» (48.664383°, 26.751702°) та в урочищі «Гусятинська дача» (виділи 8, 9 кварталу 58) в Гусятинському лісництві філії «Чортківське ЛГ» (Подільський лісовий офіс).

За багаторічними даними (1993–2022 рр.) у Кам'янець-Подільському середня річна температура повітря становить 9,4 °С, а річна сума атмосферних опадів – 514,7 мм. Найхолодніший місяць січень (-2,6 °С), а найтепліший – липень (21 °С) (Zepner *et al.*, 2022).

За даними польських дослідників (Bystrowski and Jakoniuk, 2022) принаймні частина гусениць *B. glandulella* залишається зимувати в плодах. Тому для виявлення личинок молі та їхнього утримання й виведення імаго в лабораторних умовах плоди збирали з пізньої осені до ранньої весни (Sokolova, 2023).

Плоди дубів, гірकोкаштанів та горіхів збирали на землі з грудня 2022 до травня 2024 р. У лабораторії їх оглядали та фіксували наявність отворів – як льотних, так і вхідних (які переважно заростають). Жолуді та плоди гірकोкаштана розрізали скальпелем або ножем, а горіхи якомога обережніше розбивали молотком, і занотовували наявність комах на різних стадіях, їхніх екскрементів, линяльних шкурок тощо. Загалом проаналізовано 2 240 жолудів різних видів дуба, 260 плодів гірकोкаштанів і 250 горіхів.

Личинок *B. glandulella* визначали за допомогою ключа (Adamski and Brown, 2022).

З метою одержання імаго жолудевої молі з жолудів, зібраних восени, відбирали ті, що були заселені личинками жолудевої молі. Для уникання травмування личинок жолуді не розрізали скальпелем, а обережно розламували руками (зазвичай до середини осені гусениця повністю з'їдає вміст сім'ядоль, а в оболонках жолудів утворюються тріщини, тому ручний метод розбору не викликає труднощів). Відібрані плоди з личинками вміщували в просторі контейнери із широким відкритим верхом. Попередньо на дно контейнерів насипали шар пухкого ґрунту завтовшки 5 см, на якому обережно (щоб не розпалися на частини) розміщували жолуді. Якщо плоди були сухими, їх зволожували водою з пульверизатора,

а зверху для додаткового збереження вологості насипали тонкий шар листя. Кожен контейнер вкривали шматком щільної тканини, яку закріплювали за допомогою гумової стрічки. Ємності із заселеними жолудями залишали до весни в приміщенні, що не опалюється. Наприкінці березня частину контейнерів із жолудями раз на тиждень заносили до лабораторії з метою визначення дат початку лялькування личинок. Якщо лялечок не виявляли, жолуді повертали до холодного приміщення, а через тиждень перевіряли знов. Плоди з лялечками молі відкладали до окремого контейнера і також тримали в холодному приміщенні. Починаючи з другої декади травня всі контейнери занесли до лабораторії, де і проводили подальші спостереження. Ємність, в яку збирали жолуді із лялечками, щоденно перевіряли, щоб не пропустити початок вильоту імаго (рис. 1).



Рис. 1 – Виведений у лабораторних умовах метелик *B. glandulella*
Fig. 1 – *B. glandulella* moth reared in laboratory

Плоди з нових локацій, зібрані протягом зими, до весни зберігали в холодному приміщенні або на відкритому повітрі під навісом. Партії плодів, зібраних із різних локацій, розкладали в окремі полотняні та поліпропіленові (з товстого агроволокна) мішечки. Попередньо на дно кожного мішечка насипали незначну кількість ледь зволоженого ґрунту або лісової підстилки. Помістивши жолуді в мішечок, зав'язували його, маркували та вміщували у більший поліпропіленовий мішок, який зав'язували таким чином, щоб залишався простір над меншим мішком.

З метою відслідковування фенології *B. glandulella* у польових умовах з початку березня і до початку жовтня 2023 р. щотижня збирали та аналізували партію торішніх жолудів (не менше ніж 50 шт.) з однієї з локацій. Таким чином зафіксували дати початку та закінчення лялькування гусениць, які зимували в природних умовах, а також початку й закінчення періоду вильоту метеликів із лялечок (за наявністю лялечок і екзувіїв у жолудях).

З метою виявлення перших гусениць *B. glandulella*, що вилупилися з яєць улітку, з початку липня збирали плоди з дерев та такі, що опали на землю. На маленьких жолудях дрібні вхідні отвори личинок комах можливо побачити лише за допомогою лупи. У зв'язку з малими розмірами личинок, які нещодавно вилупилися з яєць, а також можливою наявністю в одному

жолуді личинок декількох видів комах (бластобазиса жолудевого, плодожерок і довгоносиків) зібрані жолуді аналізували в лабораторії за допомогою бінокюляру МБС-10.

Усі наведені в статті фото зроблені авторкою статті.

Результати. У результаті проведених досліджень личинок *B. glandulella* виявили в плодах трьох видів дуба (*Quercus* sp.), трьох видів гіркогоштанана (*Aesculus* sp.) та двох видів горіха (*Juglans* sp.) (табл. 1, рис. 2–5).

Таблиця 1

Види деревних рослин, в плодах яких виявили личинок *B. glandulella* у Західному Поділлі в 2022–2023 рр.

Table 1

The species of woody plants in whose fruits *B. glandulella* larvae were found in Western Podillia in 2022–2023

Родина Family	Рід Genus	Вид Species	Природний ареал Natural range
Fagaceae	<i>Quercus</i>	Дуб звичайний – <i>Quercus robur</i> L.	Європа, Північний Кавказ. Europe, North Caucasus
Fagaceae	<i>Quercus</i>	Дуб червоний – <i>Q. rubra</i> L.	Північна Америка. North America
Fagaceae	<i>Quercus</i>	Дуб каштанolistий – <i>Q. castaneifolia</i> C. A. Mey	Східне Закавказзя. Eastern Transcaucasia
Sapindaceae	<i>Aesculus</i>	Гіркокаштан звичайний – <i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Південно-східна Європа. Southeast Europe
Sapindaceae	<i>Aesculus</i>	Гіркокаштан дрібноkwітковий – <i>A. parviflora</i> Walt.	Південно-західна частина Північної Америци Southwest part of North America
Sapindaceae	<i>Aesculus</i>	Гіркокаштан голий – <i>A. glabra</i> Willd.	Північна Америка. North America
Juglandaceae	<i>Juglans</i>	Горіх сірий – <i>Juglans cinerea</i> L	Північна Америка. North America
Juglandaceae	<i>Juglans</i>	Горіх волоський – <i>J. regia</i> L	Середня Азія, Кавказ. Central Asia, Caucasus



**Рис. 2 – Личинка *B. glandulella* в жолуді дуба звичайного – *Q. robur* L.
 Fig. 2 – Larva of *B. glandulella* in an English oak acorn – *Q. robur* L.**

Личинки бластобазиса жолудевого розвиваються всередині плодів і повністю з'їдають сім'ядолі насінин (у багатьох випадках від плоду лишається тільки оплодень) (рис. 3).



Рис. 3 – Личинка *B. glandulella* в плоді гіркокаштана голого – *A. glabra*, уміст сім'ядолей перетворений на потерть

Fig. 3 – The larva of *B. glandulella* in the fruit of Ohio buckeye – *A. glabra*, the cotyledons are turned into dust

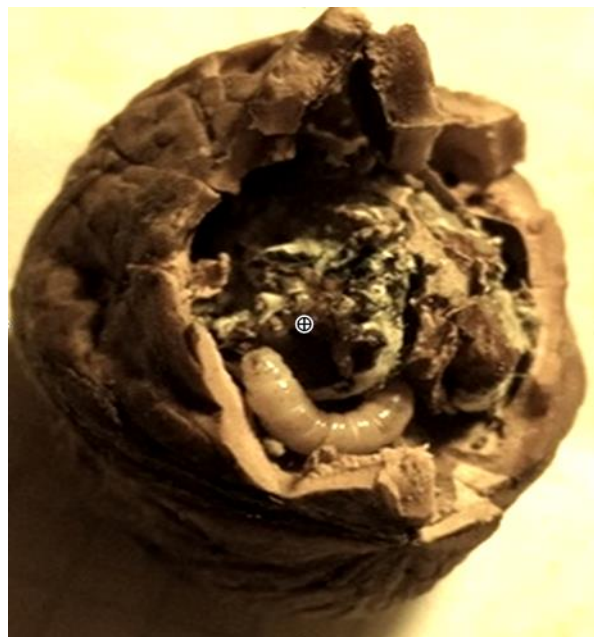


Рис. 4 – Личинка *B. glandulella* в плоді горіха волоського – *J. regia*

Fig. 4 – The larva of *B. glandulella* in the fruit of walnut – *J. regia*

Під час лабораторних досліджень і польових спостережень виявлено, що личинки жолудевої молі після поїдання сім'ядолей насінини одного плоду переповзають до іншого (рис. 5, 6), а за час свого розвитку пошкоджують не менше трьох плодів.



Рис. 5 – Личинка *B. glandulella* розвивалася в жолуді *Q. robur*, а потім переповзла в жолудь *Q. rubra*
Fig. 5 – The larva of *B. glandulella* developed in the acorn of *Q. robur*, and then crawled to the acorn of *Q. rubra*



Рис. 6 – Навесні личинка *B. glandulella* переповзла до живого жолудя та після нетривалого періоду живлення залялькувалася в ньому
Fig. 6 – In the spring, the larva of *B. glandulella* infested a living acorn and pupated in it after a short feeding

На відміну від личинок інших шкідників жолудів (довгоносиків і плодожерок), личинки *B. glandulella* не залишають плоди в серпні-вересні, а продовжують живлення та зимують у плодах. Восени та навесні (переважно у квітні) можна побачити личинок бластобазиса жолудевого в підстилці чи на поверхні плодів, які лежать на землі. Складається враження, що ці личинки збираються зимувати чи зимували в підстилці. Насправді вони залишили з'їдений плід, щоб знайти інший та продовжити живлення.

Лялькування бластобазиса жолудевого починається з першої декади квітня. Гусениці можуть заляльковуються всередині плоду, у товщі стінки оплодня, плюски чи під плюскою (якщо це жолудь), а також поруч із плодом (наприклад, у підстилці) (рис. 7, 8).



Рис. 7 – Лялечка *B. glandulella* в плодоніжці жолудя
Fig. 7 – Pupa of *B. glandulella* in an acorn peduncle



Рис. 8 – Лялечка (у товщі шкаралупи) та гусениця *B. glandulella*, знайдені в тому самому жолуді
Fig. 8 – A pupa (in the acorn shell) and a larva of *B. glandulella* in the same acorn

Виліт перших метеликів реєстрували з третьої декади травня (у лабораторних умовах – із середини травня) (див. рис. 1). Зазвичай вихід імаго з лялечок відбувався рано-вранці. До вечора метелики сиділи на стовбурах дерев, листках чи будь-якій іншій поверхні практично нерухомо, а з початком сутінок починався їхній літ. Оскільки в плодах зимують гусениці *B. glandulella* різного віку, лялькування та виліт метеликів із лялечок відбувається протягом усього літа. Виліт останнього метелика зафіксували у 2023 р. 16 вересня.

Перші гусениці, що вилупилися з відкладених метеликами яєць, заселяють молоді плоди із середини липня. Тож у другій половині літа в цьогорічних плодах трапляються личинки *B. glandulella*, які вийшли з яєць у поточному році (рис. 9), а в торішніх, – які вийшли у році минулому (рис. 10).



Рис. 9 – Молоді жолуді дуба звичайного, заселені личинками *B. glandulella* (17 серпня 2023 р.)
Fig. 9 – Current year common oak acorn inhabited by *B. glandulella* larvae (17 August 2023)



Рис.10 – Торішній жолудь дуба звичайного з личинкою *B. glandulella* (14 серпня 2023 р.)
Fig. 10 – Previous year common oak acorn and a larva of *B. glandulella* (14 August 2023)

Обговорення. Нами виявлено, що личинки *B. glandulella* здатні заселити плоди дерев із різних родин (див. табл. 1). Відомостей про заселення жолудевою міллю плодів дерев і кущів з родів *Aesculus* L. та *Juglans* L. нами не виявлено. Водночас під час збирання жолудів у дендропарку м. Кам'янець-Подільський у жовтні 2023 р. нами помічено, що деякі плоди гіркокаштана звичайного (*A. hippocastanum*) з дерев, що ростуть поруч із дубами, мали отвори у насіннєвій шкірці. Під час аналізу всередині деяких плодів було виявлено личинок *B. glandulella*. Цілеспрямований збір плодів ще двох родів *Aesculus* у Кам'янець-Подільському ботанічному саду та їхній аналіз також дали змогу виявити в них личинок жолудевої молі. Цікаво, що в жолудях зазвичай трапляється одна, зрідка – дві личинки бластобазиса жолудевого (див. рис. 8), а в плодах гіркокаштанів виявляли переважно по дві гусениці цього виду.

Заселення плодів гіркокаштанів личинками *B. glandulella* спонукало нас зібрати та проаналізувати плоди горіхів із роду *Juglans*. Окрім плодів із горіхів сірого та волоського, зібраних відповідно у парку «Гунські Криниці» та «Сквері Героїв», збирали та аналізували

плоди горіха чорного (*J. nigra*) (у «Сквері Героїв») та горіха Зібольда (*J. ailanthifolia*) (у парку «Гунські Криниці») – по 50 плодів з кожного виду. У деяких плодах горіха волоського та горіха сірого виявили як личинок жолудевої молі, так і характерні для неї пошкодження. Плоди горіха чорного з характерними пошкодженнями також траплялися, проте личинок на момент аналізу в плодах виявлено не було. Плоди горіха Зібольда взагалі не мали пошкоджень.

Важливо, що під час обстеження плодів із дерев гіркокаштана звичайного та горіха волоського (парк «Молодіжний»), які ростуть на певній відстані від осередків масового розмноження жолудевої молі (за 4 км від Кам'янець-Подільського ботанічного саду та за 5 км від лісових насаджень), гусениць *B. glandulella* чи характерних для них пошкоджень виявлено не було.

Виявлено відмінності характеру пошкоджень жолудів, що завдають гусениці *B. glandulella*, від заподіяних іншими карпофагами. Так, личинки довгоносиків пошкоджують сім'ядолі частково, і, якщо зародок залишається цілим, плід проростає (Meshkova *et al.*, 2024). Личинки бластобазиса жолудевого повністю з'їдають сім'ядолі, перетворюючи їх на потерть, і не лишають плоду шансу на проростання (див. рис. 3). Характер живлення *B. glandulella* є подібним до характеру живлення жолудевих плодожерок – *C. splendana* та *C. amplana* (Debouzie *et al.*, 1996; Hancock *et al.*, 2014), до того ж з липня до вересня, а іноді й пізніше, в одному жолуді можна побачити разом гусеницю плодожерки та гусеницю жолудевої молі. Але восени личинки плодожерок залишають жолуді, заляльковуються та зимують у підстилці (Debouzie *et al.*, 1996), а гусениці *B. glandulella* подовжують живлення і зимують у плодах.

Залишаючи старі плоди та заселяючи нові, гусениці жолудевої молі не завжди прогризають нові вихідні чи вхідні отвори. Вони можуть залишати старий плід, розширивши власні вхідні отвори, які на той час частково заростають. Тому жолуді, в яких розвивалися чи розвиваються личинки *B. glandulella*, можна розпізнати за отворами з нерівними краями, розташованими на краю плюски (див. рис. 9). Гусениці *B. glandulella* спроможні залишати старий жолудь чи потрапити в новий через тріщини в оплодні або в місці проростання зародкового корінця – в останньому випадку зародок гине найшвидше. Життєздатний сіянець може зберегтися лише в тому випадку, якщо його заселить гусениця останнього віку, яка потрапила до плоду через тріщину або прогризений нею новий отвір, не травмувавши при цьому зародок, і після нетривалого живлення залялькувалася (див. рис. 6). Проте такі випадки трапляються дуже зрідка.

Метелики розвиваються всередині жолудя та залишають його через тріщини чи вхідні отвори.

Біологічний цикл бластобазиса жолудевого відрізняється від циклу більшості інших видів комах (довгоносиків, плодожерок), личинки яких розвиваються в плодах дуба, гіркокаштана, горіха (Debouzie *et al.*, 1996; Dunning *et al.*, 2002; Hancock *et al.*, 2014; Gaytán *et al.*, 2024). Літ метеликів жолудевої молі, відкладання ними яєць, розвиток личинок є подовженими в часі. У жовтні в плодах виявляли личинок завдовжки від 3 мм до 1 см.

Оскільки останні метелики *B. glandulella* вилітають із лялечок пізно – у другій декаді вересня і до того ж здійснюють додаткове живлення (Adamski, 2003), припускаємо, що з яєць, відкладених восени, личинки можуть вилупитися навесні. Наше припущення підсилює той факт, що під час аналізу жолудів, зібраних на початку квітня, траплялися дуже дрібні личинки молі – менші за 3 мм. Якби вони вилупилися восени та жили протягом майже двох місяців, вони мали би більший розмір. Водночас це припущення необхідно перевірити під час подальших досліджень.

У насадженнях м. Кам'янець-Подільський і на землях лісового фонду філії «Кам'янець-Подільський ЛГ» та «Чортківський ЛГ» в умовах свіжої грабової діброви *B. glandulella* вже сформувала великі сталі осередки, личинки пошкоджують велику кількість плодів, насамперед дуба звичайного. Це свідчить, що вид потрапив у регіон доволі давно і напевне не має природних ворогів у Західному Поділлі.

Висновки. Чужоземний вид *B. glandulella*, що походить зі східної частини Північної Америки, цілком адаптувався до умов Західного Поділля. Личинки моли, окрім видів дерев і кущів, що мають північноамериканське походження, заселяють плоди рослин, батьківщиною яких є Європа, Кавказ та Середня Азія. Серед них – дуб звичайний, основна місцева лісоутворювальна порода та одна з головних лісоутворювальних порід Європи.

Гусениці *B. glandulella* зимують у плодах. Заляльковуються у квітні як усередині плодів, так і з зовнішнього боку. Виліт метеликів подовжений у часі та триває від другої половини травня до середини вересня.

За період свого розвитку гусениці *B. glandulella* пошкоджують кілька плодів. Вони повністю знищують вміст жолудів, і вони не проростають. Пошкодження жолудів *B. glandulella* наразі стає причиною обмеженої природної схожості дуба в Західному Поділлі. Існує загроза не тільки насінневому відновленню лісів і одержанню садивного матеріалу для захисних і міських насаджень, але й для виробництва горіхів.

Джерела фінансування. Статтю підготовлено автором у межах виконання тем досліджень УкрНДІЛГА (№ держреєстрації 0120U101891), замовником яких було Державне агентство лісових ресурсів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Adamski, D. (2003) 'A new *Blastobasis* associated with acorns and pecans in the southeastern and south central United States (Lepidoptera: Coleophoridae: Blastobasinae)'. *Holarctic Lepidoptera*, 7(2), pp. 51–53. Available at: <http://www.troplep.org/Adamski-new-Blastobasis.pdf> (Accessed: 15 May 2024)
- Adamski, D. and Brown, R.L. (2022) 'Larval, pupal, and adult morphology of the acorn moth, *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Lepidoptera: Gelechioidea: Blastobasidae)'. *The Journal of the Lepidopterists' Society*, 76(1), pp. 10–20. <https://doi.org/10.18473/lepi.76i1.a2>
- Bidzilya, A.V., Bidychak, R.M., Budashkin, Yu.I., Demyanenko, S.A. and Zhakov, A.V. (2014) 'New and interesting records of Microlepidoptera (Lepidoptera) from Ukraine'. Contribution 3, *Optimization and Protection of Ecosystems*.
- Bystrowski, C. and Jakoniuk, H. (2022) 'Occurrence of *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Lepidoptera: Blastobasidae) on sessile oak seed plantations in the RDSF in Zielona Góra (Poland)', in Skrzecz, I., Tkaczyk, M., Oszako, T. (eds.) *Current problems of forest protection (25–27 October 2022, Katowice, Poland)*, *Applied Sciences*, 12(24), 12745. pp. 103–105.
- Debouzie, D., Heizmann, A., Desouhant, E. and Menu, F. (1996) 'Interference at several temporal and spatial scales between two chestnut insects'. *Oecologia*, 108, pp. 151–158. <https://doi.org/10.1007/BF00333226>
- Dunning, C.E., Paine, T.D. and Redak, R.A. (2002) 'Insect-oak interactions with coast live oak (*Quercus agrifolia*) and Engelmann oak (*Q. engelmannii*) at the acorn and seedling stage', in *Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Challenging Landscape*. CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, pp. 205–218.
- Gaytán, Á., Van Dijk, L.J., Faticov, M., Barr, A.E., Tack, A.J. (2024) 'The effect of local habitat and spatial connectivity on urban seed predation', *American Journal of Botany*, e16333. <https://doi.org/10.1002/ajb2.16333>
- Galford, J.R. (1986) 'Primary infestation of sprouting chestnut, red, and white oak acorns by *Valentina glandulella* (Lepidoptera: Blastobasidae)', *Entomological News*, 97, pp. 109–112.
- GBIF | Global Biodiversity Information Facility (2024) *Blastobasis glandulella* Riley, 1871. Available at: <https://www.gbif.org/species/9473121> (Accessed: 15 May 2024)
- Hausenblas, D. (2007) 'Zum Vorkommen von *Blastobasis huemeri* Sinev, 1993 in Deutschland (Lepidoptera, Blastobasidae)', *Mitteilungen des Entomologischen Vereins Stuttgart*, 42, pp. 93–95. Available at: https://www.zobodat.at/publikation_articles.php?id=260263 (Accessed: 15 May 2024).
- Hancock, E., Bland K. and Razowski, J. (2014) *The moth and butterflies of Great Britain and Ireland*. Vol. 5 (Part 2): Tortricidae: Olethreutinae. Leiden: Brill.
- Kukina, O., Skrylnyk, Yu., Zinchenko, O. and Sokolova, I. (2023) 'The first record of *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Lepidoptera: Blastobasidae) from Ukraine', *Entomological readings in memory of outstanding entomological scientists V.P. Vasylieva and M.P. Uncle, dedicated to the 110th anniversary of the birth of Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine V. P. Vasiliev and prof. M. P. Dyadechka*, pp. 128–131.
- Landry, J.-F., Nazari, V., Dewaard J.R., Mutanen M., Lopez-Vaamonde C., Huemer, P. and Hebert, P.D.N. (2013) 'Shared but overlooked: 30 species of Holarctic Microlepidoptera revealed by DNA barcodes and morphology', *Zootaxa*, 3749(1), pp. 1–93. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3749.1.1>

- Meshkova, V.L., Didenko, M.M., Raspopina, S.P., Bila, Y.M. and Goroshko, V.V. (2024) *Natural seed regeneration of European oak in the southern part of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine*. Kharkiv: Fact. ISBN 978-617-8175-25-2.
- Sokolova, I.M. (2023) 'To the method of detection and study of biological features of the acorn moth *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Blastobasidae) in acorns and fruits of bitter chestnut', in *Plant protection and quarantine in the 21st century: problems and prospects. Materials of the 2nd International Scientific and Practical Conference, dedicated to the anniversary dates of the birthdays of outstanding entomological scientists, doctors of biological sciences, professors O. O. Migulin and O. V. Zakharenko*.
- Wenman, G. (2012) 'Blastobasis huemeri Sinev, 1993, breeding in South West France', *Oreina*, 20, pp. 9–11. Available at: <https://oreina.org/artemisiae/biblio/docpdf/Wenman2012-820.pdf> (Accessed: 15 May 2024)
- Zepner, L., Karrasch, P., Wiemann, F. and Bernard, L. (2022) 'ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform', *International Journal of Digital Earth*, 14, pp. 338–356. <https://doi.org/10.1080/17538947.2020.1829112>
- Zinchenko, O.V., Sokolova, I.M., Skrylnyk, Yu.Ye., Borysenko, O.I. and Kukina, O.M. (2023) 'New data on distribution and biology of *Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Lepidoptera: Blastobasidae) in Ukraine', *The Kharkiv Entomological Society Gazette*, XXXI(1), pp. 40–45. <https://doi.org/10.36016/KhESG-2023-31-1-5>

BIOLOGICAL FEATURES AND TROPHIC SPECIALIZATION OF THE ACORN MOTH *BLASTOBASIS GLANDULELLA* (RILEY, 1871) (BLASTOBASIDAE) IN THE WESTERN PODILLIA

Sokolova I.M.¹

Biological features of the acorn moth or acorn blastobasis (*Blastobasis glandulella* (Riley, 1871) (Lepidoptera: Blastobasidae) were studied in the forest stands in the Western Podillia and in the chamber conditions. It was found that, besides acorns of various oak species (*Quercus* sp.), caterpillars of the acorn moth develop in the fruits of *Aesculus* sp. and some *Juglans* sp. A caterpillar has a long lifespan, overwinters inside the fruits, and completely consumes their cotyledons. As one acorn (fruit) is consumed, the caterpillar crawls to another, damaging several fruits before pupation, which lose their viability. The larvae pupate inside or outside the fruit, or in the forest floor, from April to mid-September. *B. glandulella* prevents seed regeneration of forests, obtaining the seeds of oak, walnut, horse chestnut, and planting material for forest and urban stands.

Key words: invasive species, carpophagous insect, *Quercus* sp., *Aesculus* sp., *Juglans* sp., seasonal development.

Одержано редколегією 20.05.2024

¹ Sokolova Iryna, PhD (Agricultural Sciences), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: ir.m.sokolova@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9486-0524>

ЕКОНОМІКА, МИСЛИВСТВОЗНАВСТВО

УДК 338.34: 338.27+51-7:630.6



<https://doi.org/10.33220/1026-3365.144.2024.129>

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКУ ДЕРЕВИНИ УКРАЇНИ

I. М. Жежкун^{1*}, А. С. Торосов², А. О. Калашніков³

Проаналізовано вплив військової агресії РФ проти України з 2022 р. на світові та європейські макроекономічні параметри, а також на економіку України, її лісогосподарську та деревообробну галузі. Відзначено негативні економічні тенденції в лісовому секторі України під час військових дій. Розглянуто здатність утвореного наприкінці 2022 р. ДП «Ліси України» впливати на функціонування внутрішнього ринку деревини. Оцінено зміни та структуру обсягів заготівлі деревини й круглого лісу за природними зонами (Полісся, Лісостеп, Степ і Карпати) у 2021–2022 рр., а також зміни та структуру (2023–2024 рр.) запланованих до заготівлі у ДП «Ліси України» лісоматеріалів круглих у контексті груп порід (хвойні, твердо- та м'яколистяні) та класів якості (А, В, С і D). Проведено порівняльний аналіз змін структури обсягів заготовленої деревини та лісоматеріалів круглих. Наведено дані щодо зменшення у 2022 р. кількості господарських суб'єктів у деревообробній галузі України. За методом лінійної екстраполяції розраховано прогностичні потенційні обсяги заготівлі круглого лісу в Україні у 2021–2022 рр. та здійснено порівняння їх із фактичними показниками.

Ключові слова: заготівля деревини, лісоматеріали круглі, лісогосподарська галузь, деревообробна галузь, екстраполяційне лінійне прогнозування, вплив війни.

Вступ. Військова агресія РФ проти України з 2022 р. негативно, а точніше, катастрофічно вплинула на соціально-економічний стан країни та суттєво змінила тенденції розвитку економіки. Враховуючи масштаби бойових дій в Україні у 2022–2023 рр., негативні економічні наслідки для її галузей очікують у разі більшими, ніж у попередню стадію російської агресії. Стосується це й лісового господарства та пов'язаних із ним галузей, що загалом негативно впливає на функціонування ринку деревини в Україні. За розрахунками (Liadze *et al.*, 2022) економічні втрати від війни, розв'язаної РФ проти України у 2022 р., еквівалентні для світу 1 % ВВП, або приблизно 1,5 трлн доларів США, а для України – 30 % її ВВП. Війна також додала приблизно 2 % до глобальної інфляції у 2022 р. та 1 % у 2023 р., порівнюючи з прогнозом інфляції на початку 2022 р. до військового вторгнення, а рівень інфляції в Єврозоні сягнув 8,1 % (Gong, 2023).

Світовий ринок деревини й напередодні повномасштабної військової агресії (у 2021 р.) переживав складний період, адже мав високі ціни та зниження попиту в найбільших імпортерів (Davudkevich, 2023). Широкомасштабна російська агресія проти України збіглася в часі з організаційною реформою лісогосподарської галузі щодо об'єднання державних лісогосподарських підприємств у Державне спеціалізоване господарське підприємство (ДП) «Ліси України» (*Some Issues of Forest Management Reform*, 2022) з відповідною централізацією управлінських і господарських функцій. У результаті реформовані лісогосподарські підприємства Державного агентства лісових ресурсів України (ДАРЛУ) позбавлено статусу юридичних осіб та перетворено на 148 філій, об'єднаних за регіональною ознакою в 10 офісів (SFE “Forests of Ukraine”, 2024b). Етап організаційної трансформації лісогосподарської галузі 2022–2023 рр. – основного постачальника деревної сировини – разом із руйнівною війною позначилися на стабільності функціонування ринку деревини в Україні.

¹ Жежкун Ірина Миколаївна, кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: zhezhkun.irina@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5314-7557>

² Торосов Артем Сергійович, кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: torosov@uriffm.org.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7694-6773>

³ Калашніков Андрій Олегович, кандидат економічних наук, старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, вул. Григорія Сковороди, 86, Харків, 61024, Україна. Е-mail: kalashnickov@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1164-2119>

* Адреса для кореспонденції: zhezhkun.irina@gmail.com

До того ж, під час запровадження в Україні механізму обов'язкової біржової торгівлі деревиною (*About Commodity Exchanges*, 1992; *About Capital Markets and Organized Commodity Markets*, 2006) наголошувалося на забезпеченні ним ринкової прозорості ціни на продукцію необробленої деревини. Планувалося задовольнити потреби всіх учасників ринку від моменту виставлення лота до фактичного відвантаження деревини та розрахунків. Водночас унаслідок недосконалого рівню біржової торгівлі в Україні на вітчизняних біржах присутні небіржові товари, до яких, враховуючи світовий досвід (Nikolaichuk, 2022), належать і лісоматеріали круглі. Отже, у зв'язку зі спірністю самого механізму реалізації необробленої деревини лише через біржі, у вітчизняних деревообробників залишається багато зауважень щодо процедур біржових торгів та економічної обґрунтованості для всіх учасників ринку цін на лісоматеріали круглі, які визначені під час торгів (Martyshev and Bogonos, 2023). Ринок в Україні нині є нестабільним, важко прогнозованим як за кількістю споживачів, так і за обсягами потрібної для виробництва необробленої деревини. Нормативно-правова база щодо ринку деревини має відображати сучасну ситуацію його функціонування в умовах військового стану та післявоєнного розвитку економіки країни. Тому необхідно остаточно розглянути законопроект «Про ринок деревини», ухвалений у першому читанні наприкінці 2021 р.

У передвоєнний період споживання деревини деревообробною галуззю України аналізували Крячко та Перепеліцин (Kriachko and Perepelitsyn, 2023), а за регіональною ознакою, природними зонами та областями ринок деревини досліджували Торосов і Жежкун (Torosov and Zhezhkun, 2021). Проте, зважаючи на реформи в лісогосподарській галузі 2021–2023 рр. та форс-мажорні обставини в економіці країни, пов'язані з війною, актуальним є аналіз сучасних тенденцій на ринку деревини України, перспектив стабілізації та покращення його функціонування. Також крім сучасного позиціонування важливим економічним завданням для будь-якої галузі є визначення її майбутнього стану за сценаріями розвитку подій (Öz, 2017), зокрема потенційних можливостей за сприятливих умов функціонування. Під час військових дій виникає нагальна потреба у визначенні економічних втрат секторів економіки. Одним із методів, що допомагає оцінити в майбутньому потенційні обсяги виробництва певних видів продукції, є екстраполяційне прогнозування (Semenova and Semenova, 2018). Отже, метою дослідження є порівняння змін і структури обсягів заготівлі необробленої деревини в Україні у період воєнного стану з фактичними показниками передвоєнного 2021 р. для подальшого використання отриманих результатів у сценарному прогнозуванні внутрішнього ринку деревини.

Матеріали й методи. У дослідженні застосовано кількісні методи статистики, групування, порівняння, табличного та графічного моделювання, економічного аналізу та синтезу, економіко-математичні методи екстраполяційного лінійного прогнозування. Екстраполяційне лінійне прогнозування здійснювали із застосуванням стандартного програмного забезпечення Microsoft Office Excel 2003 (функції «LINEST» та «ТЕНДЕНЦІЯ»).

Ідея методу лінійного економічного екстраполяційного прогнозування полягає у використанні лінійної тенденції змін величини в часі для передбачення її майбутніх значень. Такий метод використовують, коли вважають, що тенденція зміни залишиться лінійною і в майбутньому. Максимальний горизонт прогнозування зазвичай становить половину довжини вхідного ряду даних.

Використовуючи екстраполяційні методи в економічному прогнозуванні, важливо враховувати контекст, в якому їх застосовують, особливо коли економічне середовище піддається впливу різноманітних непередбачуваних чинників. Це стосується всіх методичних підходів економічного прогнозування.

Вхідною інформацією для аналізу були відкрита інформація Державної служби статистики України (сайт <https://www.ukrstat.gov.ua/>), ДП «Ліси України» (сайт <https://e-forest.gov.ua/>), ДАЛРУ (сайт <https://forest.gov.ua/>), законодавчо-нормативна документація України та наукові публікації за тематикою дослідження.

Результати. Переважно негативні тенденції в обсягах заготівлі деревини в Україні за групами деревних порід у 2022 р. відносно попереднього довоєнного року супроводжуються планами ДП «Ліси України» у 2024 р. збільшити її заготівлю проти 2023 р. (табл. 1).

Таблиця 1

Зміна обсягів заготівлі деревини в Україні та круглого лісу в ДП «Ліси України» за деревними породами
Table 1

Dynamics of volumes of logging in Ukraine and roundwood harvesting in the State Enterprise "Forests of Ukraine" by tree species

Порода Tree species	Обсяги заготівлі за роками, тис. м ³ Harvesting volumes by years, thousand m ³				Зміна, % Changes, %	
	деревини фактичні в Україні (State Statistics Service of Ukraine, 2023) actual logging in Ukraine (State Statistics Service of Ukraine, 2023)		круглого лісу за сортиментним планом ДП «Ліси України» (SFE "Forests of Ukraine", 2024a) roundwood harvesting according to the Assortment Plan of the SE "Forests of Ukraine" (SFE "Forests of Ukraine", 2024a)		2022 до 2021 2022 to 2021	2024 до 2023 2024 to 2023
	2021	2022	2023	2024		
Загалом Total	17 649,4	15 934,3	12 260,960	12 550,823	90,3	102,4
Хвойні Conifers:	10 825,4	8 876,1	7 135,324	7 446,131	82,0	104,4
сосна pine	9 136,8	7 368,6	5 863,301	6 123,296	80,6	104,4
ялина spruce	1 638,6	1 449,1	1 019,194	1 084,299	88,4	106,4
інші хвойні other conifers	50,0	58,4	252,829	238,536	116,8	94,3
Твердолистяні Hardwood species	4 813,6	5 095,2	3 756,853	3 756,019	105,9	100,0
дуб oak	1 833,5	1 904,2	1 485,507	1 474,477	103,9	99,3
бук beech	888,6	935,2	849,478	814,501	105,2	95,9
інші твердолистяні other hard-wood species	2 091,5	2 255,8	1 421,868	1 467,041	107,9	103,2
М'яколистяні Soft-wood species	1 971,8	1 918,2	1 368,783	1 348,673	97,3	98,5
береза birch	692,0	693,8	482,806	472,228	100,3	97,8
осика aspen	348,3	363,0	245,798	234,262	104,2	95,3
вільха alder	656,2	603,6	456,143	456,155	92,0	100,0
інші м'яколистяні other soft-wood species	275,3	257,8	184,036	186,028	93,6	101,1
Інші деревні породи Other tree species	38,6	44,8	–	–	116,1	–

У 2022 р. річна зміни обсягів заготівлі круглого лісу в Україні були переважно негативними і в межах природних зон (рис. 1).

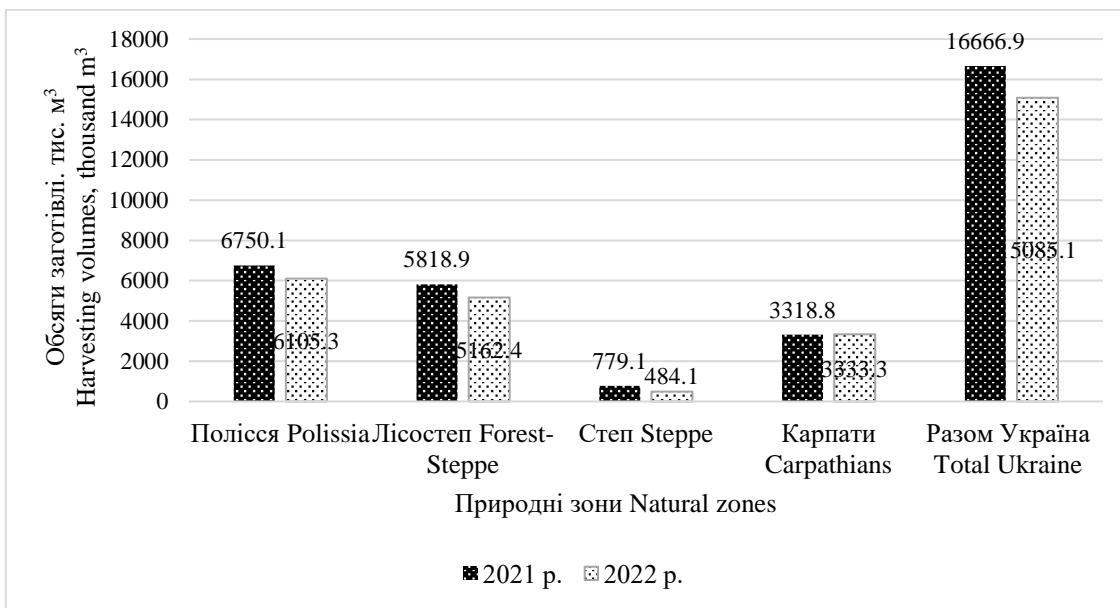


Рис. 1 – Зміни обсягів заготівлі круглого лісу за природними зонами України (State Statistics Service of Ukraine, 2023c)

Fig. 1 – Changes in roundwood harvesting volumes by natural zones in Ukraine (State Statistics Service of Ukraine, 2023c)

Зміни в обсягах заготівлі круглого лісу в межах природних зон України у 2022 р. під впливом військових дій позначилися й на її регіональній структурі (рис. 2).

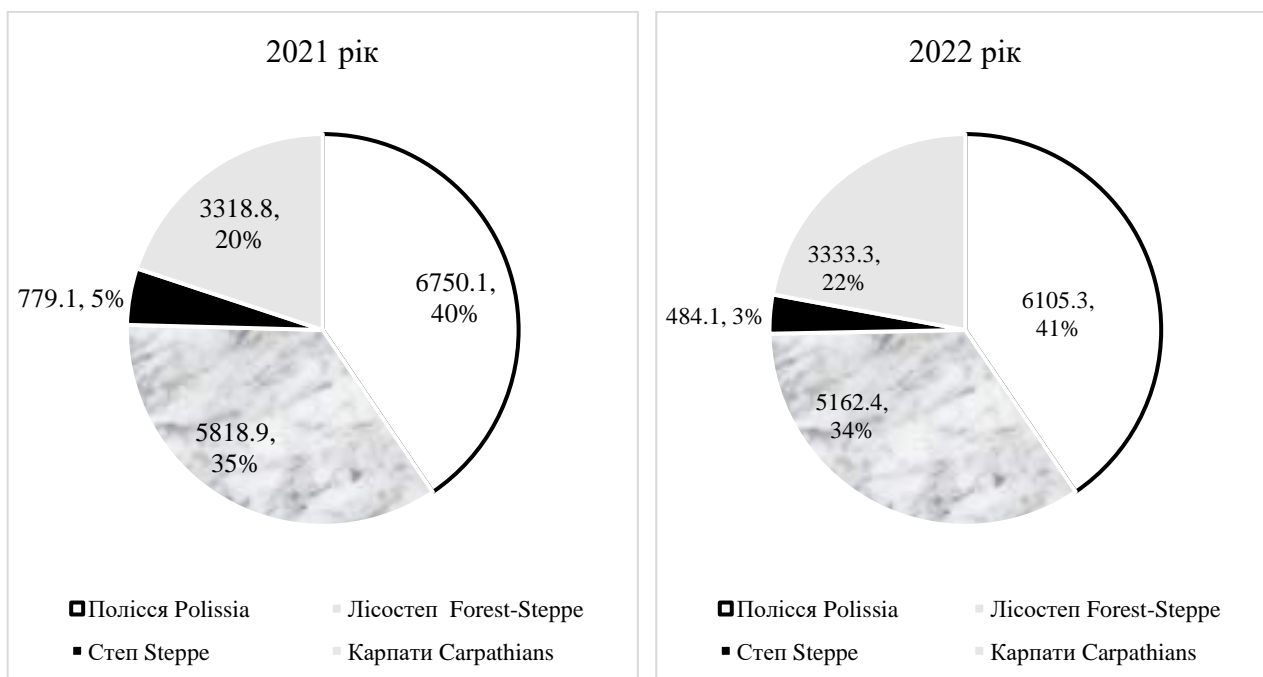


Рис. 2 – Зміни в регіональній структурі обсягів заготівлі круглого лісу в Україні, тис. м³, %

Fig. 2 – Changes in the regional structure of roundwood harvesting volumes in Ukraine, thousand m³, %

ДП «Ліси України» планує збільшити обсяги заготівлі круглого лісу у 2024 р., використовуючи лише одну групу порід із трьох, а саме – хвойні (рис. 3).

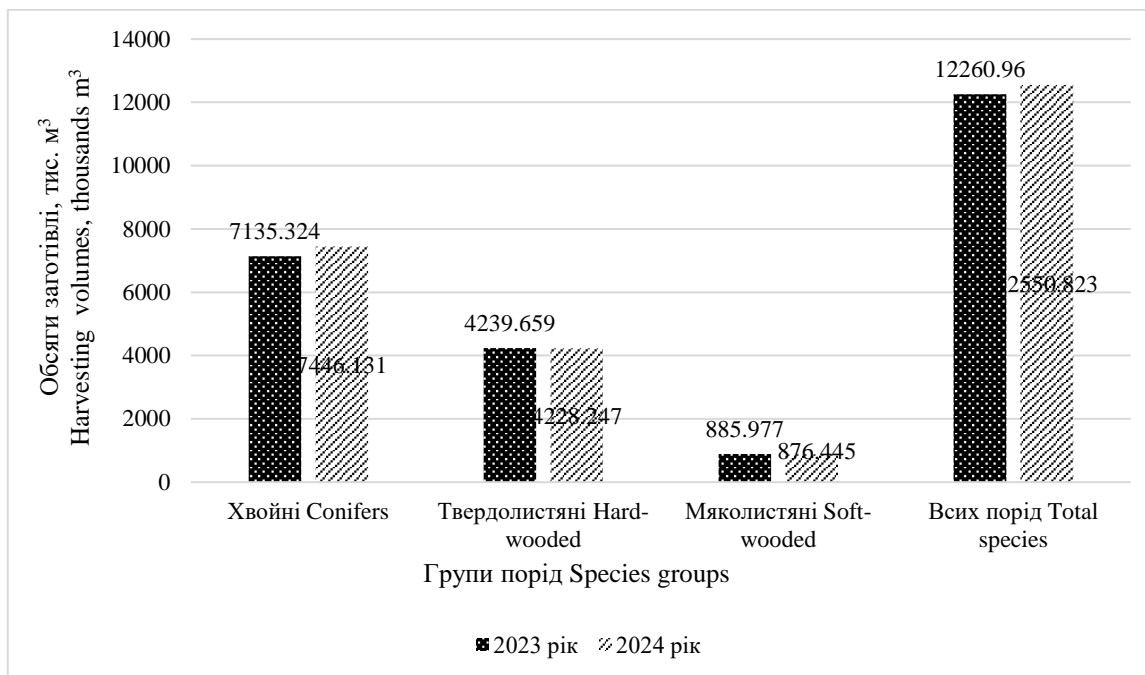


Рис. 3 – Зміни планових обсягів заготівлі круглого лісу за групами порід у ДП «Ліси України» (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Fig. 3 – Changes in the planned volumes of roundwood harvesting by species groups in the SE “Forests of Ukraine” (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

У 2024 р. ДП «Ліси України» заплановано обсяги заготівлі лісоматеріалів круглих за групами порід (рис. 4).

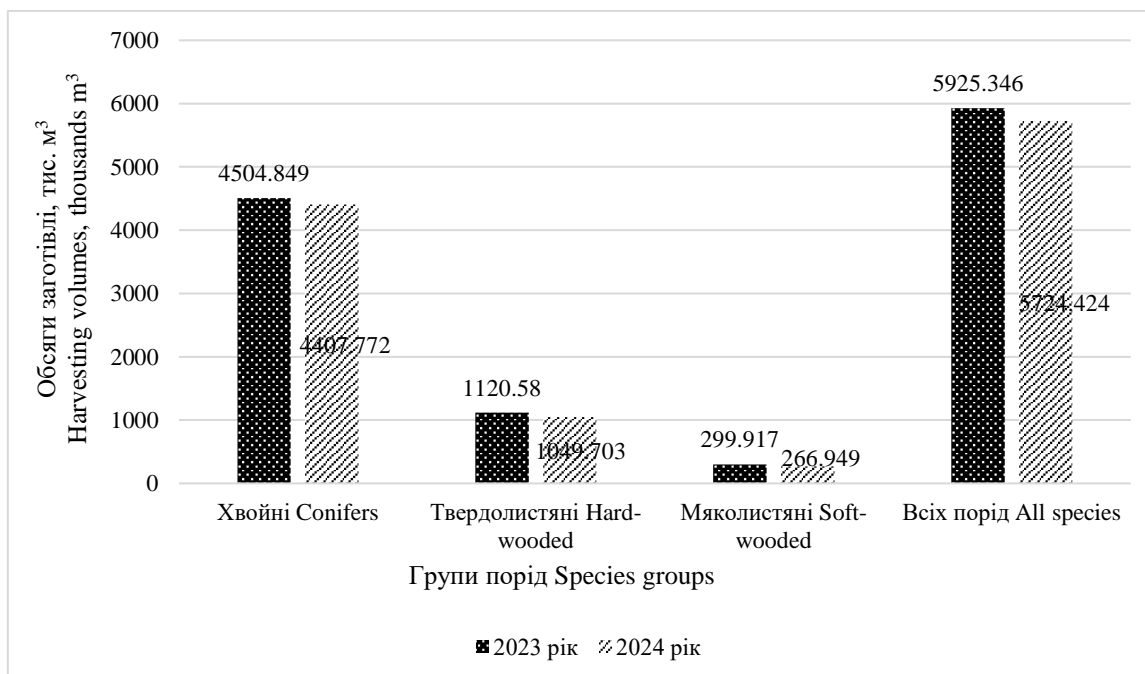


Рис. 4 – Зміни планових обсягів заготівлі лісоматеріалів круглих за групами порід у ДП «Ліси України» (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Fig. 4 – Changes in the planned volumes of roundwood harvesting by species groups in the SE “Forests of Ukraine” (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Виявлено незначні (на 2 %) зміни у 2024 р. проти 2023 р. у плановій сортиментній структурі лісоматеріалів круглих ДП «Ліси України» за двома класами якості (C і D) (рис. 5).

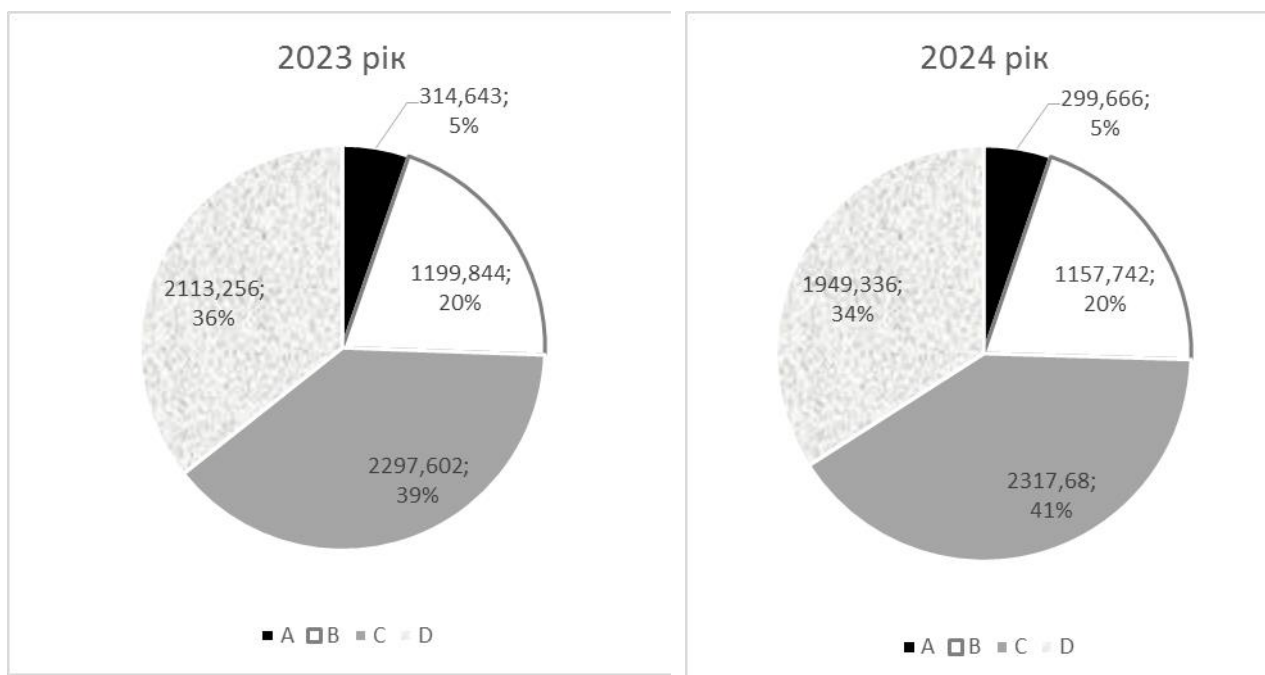


Рис. 5 – Планова сортиментна структура 2023–2024 рр. лісоматеріалів круглих за класами якості в ДП «Ліси України» (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Fig. 5 – Planned assortment structure of roundwood by quality classes at the SE “Forests of Ukraine” for 2023–2024 (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Визначено дещо більші (на 3 %) відмінності у плановій сортиментній структурі лісоматеріалів круглих ДП «Ліси України» за класами якості С і D для групи хвойних порід у 2024 р. проти 2021 р. (рис. 6).

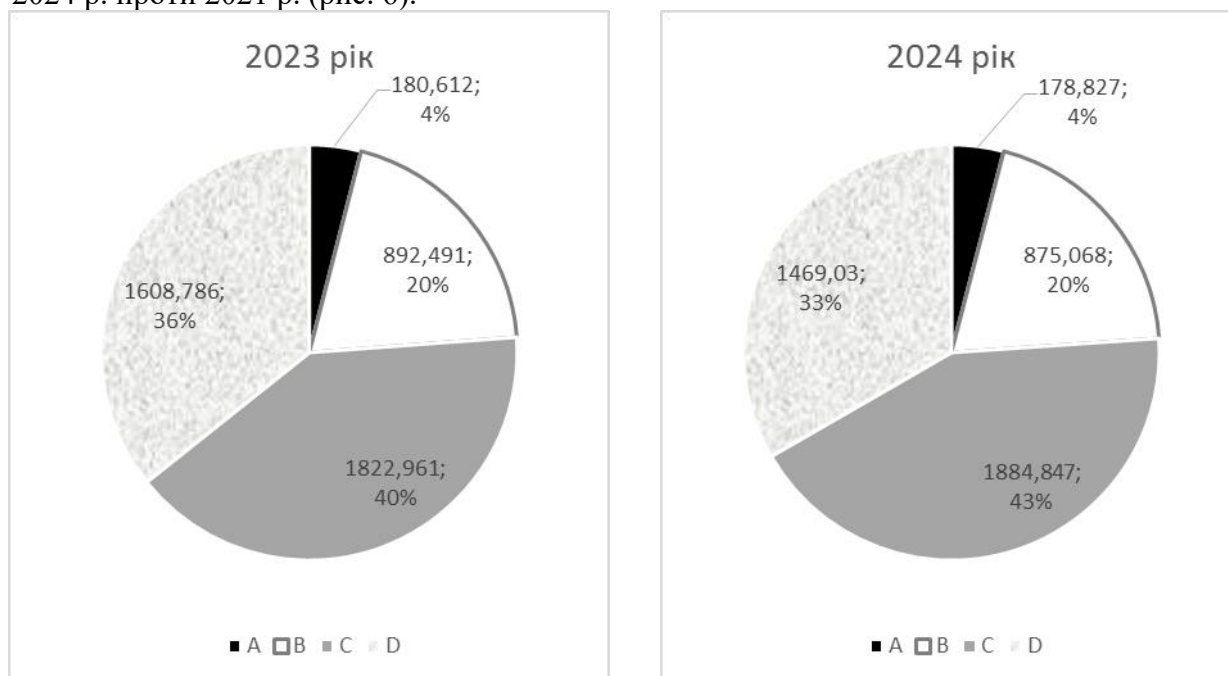


Рис. 6 – Планова сортиментна структура 2023–2024 рр. лісоматеріалів круглих хвойних порід за класами якості в ДП «Ліси України» (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Fig. 6 – Planned assortment structure for 2023–2024 of conifers roundwood by quality classes at the SE “Forests of Ukraine” (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Виявлено у 2024 р. проти 2023 р. несуттєві (на 1 %) зміни в плановій сортиментній структурі лісоматеріалів круглих ДП «Ліси України» за класами якості С і D для групи твердолистяних порід (рис. 7).

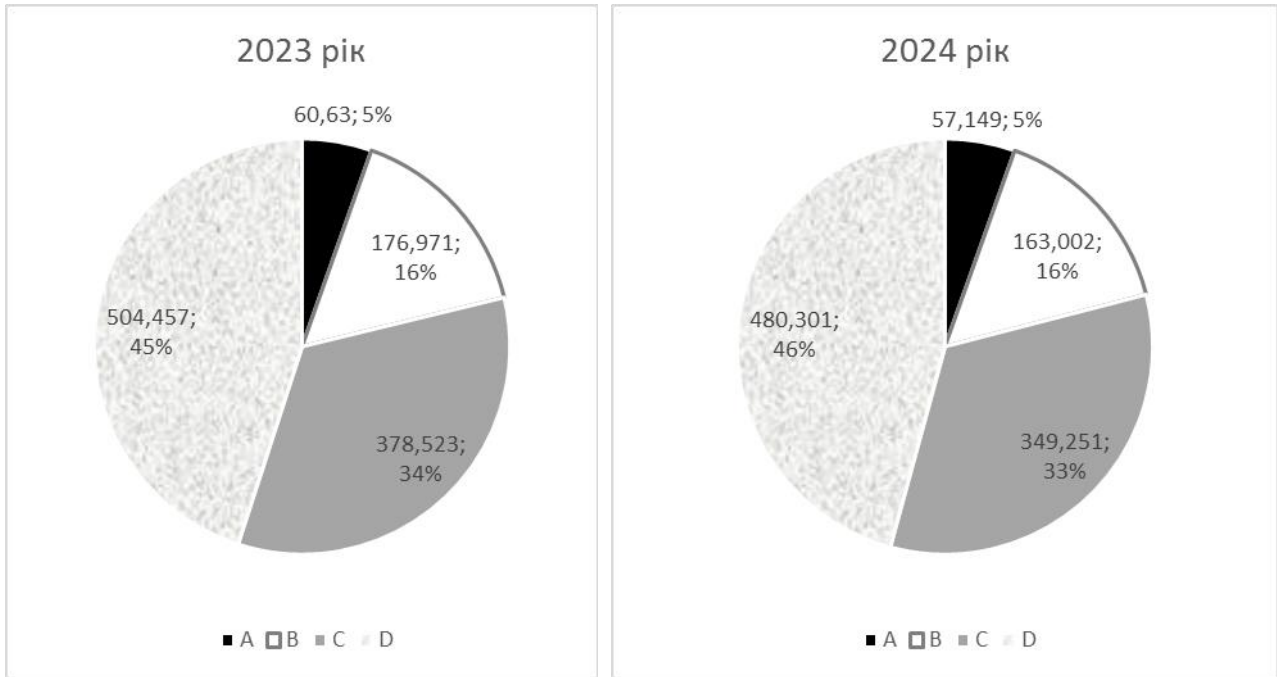


Рис. 7 – Планова сортиментна структура 2023–2024 рр. лісоматеріалів круглих твердолистяних порід за класами якості в ДП «Ліси України» (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Fig. 7 – Planned assortment structure of hardwood round wood by quality classes at SE “Forests of Ukraine” for 2023–2024 (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Визначено незначні (на 1–2 %) відмінності у 2024 р. проти 2023 р. у плановій сортиментній структурі лісоматеріалів круглих ДП «Ліси України» за класами якості для групи м’яколистяних порід (рис. 8).

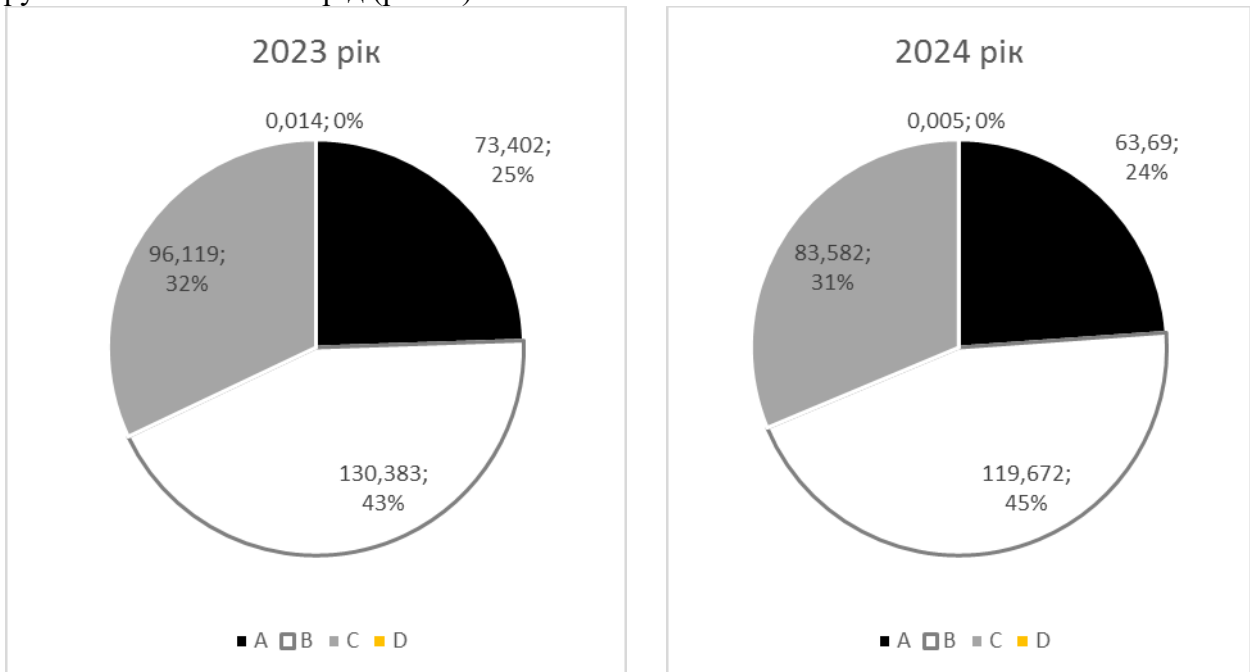


Рис. 8 – Планова сортиментна структура 2023–2024 рр. лісоматеріалів круглих м’яколистяних порід за класами якості в ДП «Ліси України» (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

Fig. 8 – Planned assortment structure of softwood round timber by quality classes at SE “Forests of Ukraine” for 2023–2024 (SFE “Forests of Ukraine”, 2024a)

У 2022 р., порівнюючи з попереднім роком, виявлено негативну тенденцію щодо кількості суб'єктів господарювання в Україні за видами економічної діяльності, що використовують деревну сировину (табл. 2).

Таблиця 2

Зміна кількості діючих суб'єктів господарювання в Україні за видами економічної діяльності, пов'язаної з використанням деревної сировини (State Statistics Service of Ukraine, 2023b)

Table 2

Changes of the number of active business entities in Ukraine by types of economic activity related to the use of wood raw materials (State Statistics Service of Ukraine, 2023b)

Вид економічної діяльності Type of economic activity	Код за КВЕД–2010 Code according to СТЕА–2010	Кількість діючих суб'єктів господарювання за роками загалом – чисельник, з них фізичні особи – підприємці – знаменник Number of active business entities by years in total – numerator, of them individual entrepreneurs – denominator		Динаміка 2022 р. до 2021 р., % Dynamics 2022 to 2021, %
		2021 р.	2022 р.	
Лісозаготівлі Logging	02.2	1 816/1 362	1 647/1 339	90,7/98,3
Обробка деревини та виготовлення виробів з деревини: Manufacture of wood and of products of wood:	16.0	13 111/ 9 662	11 269/8 916	86,0/89,5
– лісопилльне та стругане виробництво – sawmilling and planing of wood products	16.1	6 824/5 101	6 005/4 795	88,0/94,0
– виготовлення виробів з деревини – manufacture of wood products	16.2	6 287/4 561	5 264/4 121	83,7/90,3
зокрема фанери, деревних плит і шпону including the manufacture of veneer sheets and wood-based panels	16.21	229/64	184/56	80,3/87,5
Виробництво паперової маси, паперу та картону Production of pulp, paper and paperboard	17.1	86/21	73/15	84,9/71,4
Виробництво меблів Production of furniture	31.0	8 412/6 937	7 329/6 237	87,1/89,9

Визначені екстраполяційним методом прогнозування обсяги заготівлі круглого лісу в Україні у 2021–2022 рр. суттєво відрізнялись від фактичних показників (табл. 3).

Обговорення. Військові дії негативно позначилися на ринку деревини України. Так, у 2022 р. відносно попереднього року в Україні відбулося цілком зрозуміле зменшення обсягів заготівлі деревини на 9,7 % (або на 1 715,1 тис. м³) (табл. 1) та круглого лісу на 9,5 % (або на 1 581,8 тис. м³) (див. рис. 1). Найбільших негативних змін у 2022 р. український ринок деревини зазнав через зменшення пропозиції деревини хвойних порід (на 18,0 %, або на 1 768,2 тис.м³).

У 2022 р. відносно 2021 р. в межах трьох природних зон України (за винятком Карпат, де обсяги заготівлі залишилися стабільними) відбулося суттєве зменшення обсягів заготівлі круглого лісу: на 37,9 % – у Степу, на 11,3 % – у Лісостепу та на 9,6 % – у Поліссі (див. рис. 1). Проте завдяки зростанню у 2022 р. порівняно з попереднім роком середньозваженої вартості реалізації знеособленого м³ лісоматеріалів круглих у підприємств ДАЛРУ з 1 412 до 1 740 грн (на 23,2 %) (State Forest Resources Agency of Ukraine, 2021; 2022) виторг від реалізації лісоматеріалів за розрахунками збільшився приблизно на 11,5 % (або на 2,7 млрд грн). Однак збільшення вартості реалізації лісоматеріалів за зменшення їхніх фізичних обсягів свідчить про інфляційну складову росту та негативно впливає на купівельну спроможність вітчизняних деревообробників, які, як і лісогосподарська галузь, зазнають впливу військових дій (див. табл. 2). У 2022 р. сталося збільшення проти 2021 р. питомої ваги обсягів заготівлі круглого

лісу в Карпатській (на 2 %) та Поліській (на 1 %) природних зонах за відповідного зменшення у Лісостеповій (на 1 %) та Степовій (на 2 %) (див. рис. 2).

Таблиця 3

Фактичні та прогнозовані за допомогою екстраполяційного методу обсяги заготівлі круглого лісу в Україні

Table 3

Actual and extrapolation-predicted volumes of roundwood harvesting in Ukraine

Показники Indices	Обсяги заготівлі за роками, тис. м ³ Volumes of harvesting, thousand m ³		Відношення 2022 р. до 2021 р., % Ratio of 2022 to 2021, %
	2021	2022	
Фактичні Actual	16 666,9	15 085,1	90,5
Прогнозовані Forecasted	19 954,0	20 299,0	101,7
Неотримані обсяги Volumes not received	3 287,1	5 213,9	158,6

Питома вага планових обсягів заготівлі деревини ДП «Ліси України» у 2023–2024 рр. становила 69,5–71,1 % до їхніх фактичних обсягів в 2021 р. та збільшилася до 76,9–78,8 % відносно 2022 р. (табл. 1). Таким чином, ДП «Ліси України», як і до організаційної реформи лісгосподарської галузі 2022 р., продовжує суттєво впливати на обсяги пропозиції на ринку деревини в країні, а відповідно, і на динаміку цін на лісоматеріали круглі.

ДП «Ліси України» заплановано у 2024 р. збільшення обсягів заготівлі лісопродукції проти 2023 р. на 2,4 % (289,863 тис. м³) (див. рис. 3) за одночасного зменшення на 3,4 % (200,922 тис. м³) заготівлі лісоматеріалів круглих (див. рис. 4). Водночас у 2024 р. відносно попереднього року планується зменшення обсягів заготівлі лісоматеріалів круглих за всіма групами порід (хвойні, твердо- та м'яколистяні). Отже, сортиментним планом ДП «Ліси України» передбачено у 2024 р. збільшити отримання під час рубок лісу саме дров'яної деревини, що свідчить про погіршення товарності лісопродукції. Це викликано також об'єктивними причинами – військовими діями на території країни, що відбиваються на біологічній стійкості й санітарному стані лісів України.

За класами якості планова сортиментна структура лісоматеріалів круглих усіх порід у ДП «Ліси України» впродовж 2023–2024 рр. залишається стабільною: сортименти вищої якості (класів А і В) в обсягах заготівлі становлять чверть (25 %), середньої якості (клас С) – збільшуються на 2 % (від 39 до 41 %), а нижчої якості (клас D) – зменшуються від 36 до 34 % (див. рис. 5).

У межах груп порід порівняно більш якісною у 2023–2024 рр. є планова сортиментна структура м'яколистяних порід, де частка лісоматеріалів круглих класу А становить 24–25 % за майже повної відсутності сортиментів класу D (див. рис. 8). Для групи хвойних порід сумарна частка сортиментів класів А і В становить 24 % (див. рис. 6), а для твердолистяних зменшується до 21 % (див. рис. 7). Коливання частки сортиментів класів якості С і D у 2023–2024 рр. у межах груп порід становило 1–3 %, а за всіма групами порід у середньому становило 2 %, що свідчить про відносну стабільність в останні роки якості ділової деревини основних лісоутворювальних порід у лісовому фонді ДП «Ліси України».

Негативний вплив на попит продукції круглого лісу в Україні зумовлений, зокрема, суттєвим зменшенням у 2022 р. кількості активних деревообробних підприємств – основних її споживачів (табл. 2). Найбільш вагоме зменшення зафіксовано для підприємств з глибокої деревообробки – виробництва фанери, плит та шпону, де припинив функціонування кожний п'ятий суб'єкт господарювання (зменшення на 19,7 %). Порівняно менших втрат зазнала лісозаготівля, де припинив діяльність кожен десятий суб'єкт господарської діяльності (зменшення на 9,3 %). Водночас підприємства, які продовжують господарську діяльність, стикаються з проблемами в логістиці, кадрової політиці тощо.

Прогнозовані за допомогою екстраполяційного лінійного методу показники обсягів заготівлі круглого лісу в Україні перевищували фактичні позначки у 2021 р. на 16,5 % (або на 3 287,1 тис. м³), у 2022 р. – на 25,7 % (або на 5 213,9 тис. м³) (табл. 3). Незважаючи на той факт, що метод екстраполяції більш прийнятний для застосування в умовах стабільно позитивного економічного тренду, він може надати інформацію щодо потенційних показників розвитку процесу за найсприятливіших обставин функціонування досліджуваного об'єкту (Abramova *et al.*, 2023; Kolomiets, 2020). Отже, такий прогноз визначає очікувані варіанти економічного розвитку на підставі гіпотези, що основні фактори й тенденції минулого періоду зберуться на період прогнозу. Подібну гіпотезу висувають на основі інертності економічних явищ процесів. Відповідно, отримані під час екстраполяційного прогнозування показники свідчать про максимально можливі за усереднених за багато років (у нашому випадку – 20 років, вхідний тренд – від 2001 до 2020 рр.) темпів змін прогнозованого параметра (збільшення на 1,7 % за рік). Таким чином, за найсприятливіших умов розвитку економіки України (позитивного сценарію – за відсутності військових дій) існувала би можливість заготівлі у 2022 р. в Україні максимально 20 299 тис.м³ продукції круглого лісу, що суттєво вплинуло би на покращення ситуації щодо пропозиції деревини на внутрішньому ринку. Перевищення прогнозованих обсягів заготівлі круглого лісу у 2021 р., як порівняти з фактичними, зумовлене тенденцією до зменшення обсягів рубок лісу у 2019 р. (State Statistics Service of Ukraine, 2023c).

Отримані результати аналізу динаміки та структури обсягів заготівлі деревини та продукції круглого лісу характеризують тенденції пропозиції деревного ресурсу на внутрішньому ринку деревини України у період воєнного стану. Вони є частиною ширшого дослідження, яке охоплює виробництво, споживання, експорт та імпорт обсягів шести груп виробів з деревини в Україні з подальшим прогнозуванням цих показників за сценарним підходом до 2030 року та наступні роки.

Висновки. Масштаби військових дій в Україні внаслідок російської агресії призвели до суттєвих економічних збитків у всіх секторах економіки. Втрати лісового господарства та галузей, пов'язаних із використанням і споживанням деревного ресурсу, вже негативно вплинули на функціонування ринку деревини країни. До початку російської військової агресії ринок деревини в Україні характеризувався певною стабільністю постачання лісогосподарською галуззю круглого лісу для задоволення потреб деревообробних підприємств.

Негативні тенденції 2022–2024 рр. щодо заготівлі та споживання деревини в Україні зберуться і в наступні декілька років (військові дії тривають). Цілком очевидно, що для відновлення та розвитку лісоресурсного й виробничого потенціалів як лісогосподарської та деревообробної галузей, так і економіки держави загалом знадобиться декілька років після закінчення військових дій у країні. Параметри функціонування галузей у цей період характеризуватимуться відносно негативно-стабільними показниками. Зокрема, лише за перший рік війни обсяги заготівлі деревини в Україні впали на 9,7 %, а кількість активних суб'єктів господарювання на лісозаготівлях скоротилася на 9,3 %, в деревообробці – на 14,0 %, у меблевій галузі – на 12,9 %, у виробництві паперової маси, паперу та картону – на 15,1 %. Зменшення у 2022 р. чисельності підприємств, що споживають деревну сировину, супроводжувалося скороченням попиту, а відповідно, й пропозицій необробленої деревини на внутрішньому ринку України за поступового зростання середніх цін реалізації лісоматеріалів круглих. Водночас позитивна динаміка вартості реалізації лісоматеріалів (на 23 %) за зменшення їхніх фізичних обсягів зумовлена інфляційною складовою росту.

Утворене на базі підпорядкованих ДАЛРУ державних лісогосподарських підприємств наприкінці 2022 р. ДП «Ліси України» залишається основним постачальником деревини в Україні. Сортиментні плани ДП «Ліси України» на 2023–2024 рр. показують зменшення обсягів заготівлі лісоматеріалів круглих усіх груп порід за збільшення обсягів дров, що свідчить про негативний тренд розвитку лісового сектору економіки під час військових дій.

Функціонування ринку деревини в сучасних умовах має регулюватися спеціальним законом України «Про ринок деревини», проєкт якого розглянуто в першому читанні ще наприкінці 2021 р.

Екстремальні умови функціонування галузей сьогодні зумовлюють наявність відповідних сценаріїв розвитку ринку деревини від поточної ситуації в умовах військових дій до ймовірних періодів повоєнного розвитку економіки країни. Прогнозовані методом лінійної екстраполяції обсяги заготівлі круглого лісу перевищують фактичні показники в 2021 та 2022 рр. на 16,5 та 25,7 % відповідно, що свідчить про наявність суттєвих потенційних обсягів, можливих для використання, в разі розвитку економіки за оптимістичним сценарієм в умовах «без війни».

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання теми досліджень УкрНДЛГА (№ Держреєстрації: 0120U101889), замовником якої було Державне агентство лісових ресурсів України.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- About Capital Markets and Organized Commodity Markets. Law of Ukraine* (2006). Verkhovna Rada of Ukraine, 2006, No. 31, Art. 268. As amended by Law No. 738-IX dated 19 June 2020. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3480-15#Text> (Accessed: 8 January 2024) (in Ukrainian).
- About Commodity Exchanges. Law of Ukraine* (1992). Verkhovna Rada of Ukraine, 1992, No. 10, Article 139. As amended by Law No. 738-IX dated 19 June 2020. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1956-12#Text> (Accessed: 8 January 2024) (in Ukrainian).
- Abramova, M., Chernyshova, I., Zhurenko, S. and Vislenko, D. (2023) ‘The importance of taking into account the results of additive modeling during dynamics process analyzing’, *Modern Economics*, 38, pp. 6–15. ISSN 2521-6392 (in Ukrainian). [https://doi.org/10.31521/modecon.V38\(2023\)-01](https://doi.org/10.31521/modecon.V38(2023)-01)
- Davydkevich, A.O. (2023) ‘Analysis of the development of the world wood market in 2021-2023’, *Business, innovation, management: problems and prospects. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference*, Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky. Kyiv: Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky, pp. 97–98 (in Ukrainian).
- Gong, Y. (2023) ‘Economic Consequences in Europe of the Russian-Ukraine 2022 War’, *Advances in Economics, Management and Political Sciences, Proceedings of the 6th International Conference on Economic Management and Green Development (ICEMGD 2022): Part II, Vol. 4*, pp. 260–270. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/4/20221073>
- Kolomiets, S. (2020) ‘Categories of synergetics in economic research: nonlinearity of socio-economic systems’, *Academic notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadskyi. Series: Economics and management*, 31(70), 3, pp. 115–121 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-3-66>
- Kriachko, Y.M. and Perepelitsyn, H.B. (2023) ‘Assessing the dynamics of both the global and Ukrainian markets of woodworking industry products’, *Economic problems*, 1(55), pp. 32–41 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-1-32-41>
- Liadze, I., Macchiarelli, C., Mortimer-Lee, P. and Sanchez Juanino, P. (2022) ‘Economic costs of the Russia-Ukraine war’, *The World Economy*, 4, pp. 874–886. <https://doi.org/10.1111/twec.13336>
- Martyshev, P. and Bogonos, M. (2023) *The impact of stock trading on the development of the wood market in Ukraine*. Kyiv: Center for Food and Land Use Research at Kyiv School of Economics. Available at: URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/05/Zvit_torgivlya-derevinoyu.pdf (Accessed: 1 February 2024) (in Ukrainian).
- Nikolaichuk, O. (2022) ‘Development of exchange trading: current state and prospects’, *Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Economic sciences*, 6(2), pp. 13–19 (in Ukrainian). [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-312-6\(2\)-2](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-312-6(2)-2)
- Öz, E. (2017) *Judgmental forecasts with scenarios and risks*. PhD thesis. Ankara: The Graduate School of Economics and Social Sciences of İhsan Doğramacı Bilkent University. Available at: <https://www.proquest.com/openview/b6d37e1a32b9b2a10144927679870588/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y> (Accessed: 29 January 2024).
- Semenova., V.G. and Semenova, K.D. (2018) ‘Using models of one time series for economic indicators’ forecasting in modern conditions’, *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, 3(26), pp. 334–340 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.18371/fcaptop.v3i26.144282>
- SFE “Forests of Ukraine” (2024a) *Assortment plan for 2023 and 2024*. Available at: <https://e-forest.gov.ua/npa/#> (Accessed: 5 January 2024) (in Ukrainian).
- SFE “Forests of Ukraine” (2024b) *SFE “Forests of Ukraine”: protection, conservation, tending and reproduction of state-owned forest lands*. Available at: <https://e-forest.gov.ua/> (Accessed: 8 February 2024).

- Some Issues of Forest Management Reform* (2022). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1003 dated 7 September 2022. Editorial dated October 26, 2022. Kyiv (in Ukrainian).
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2021) *Public report of the Head of the State Forest Resources Agency of Ukraine for 2021*. Available at: <https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/%D0%BF%D1%83%D0%B1%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96%20%D0%B7%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B8/publichniy-zvit-za-2021.pdf> (Accessed: 26 January 2024) (in Ukrainian).
- State Forest Resources Agency of Ukraine (2022) *Public report of the Head of the State Forest Resources Agency of Ukraine for 2022*. Available at: https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/publich_zvit/publichnii-zvit-za-2022.pdf (Accessed: 26 January 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2023a) *Logging by tree species (2015–2022)*. Available at: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/cg.htm (Accessed: 8 January 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2023b) *Number of active business entities by type of economic activity in 2010–2022*. Available at: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/sze_20.htm (Accessed: 27 January 2024) (in Ukrainian).
- State Statistics Service of Ukraine (2023c) *Roundwood harvesting by regions (2000–2022)*. Available at: https://ukrstat.gov.ua/Noviny/new2023/news/new2023_u/new_u_04.html (Accessed: 23 January 2024) (in Ukrainian).
- Torosov, A.S. and Zhezhkun, I.N. (2021) ‘Regional structure of timber harvesting and consumption in Ukraine’, *Scientific Bulletin of UNFU*, 31.4, pp. 93–97 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310415>

CURRENT TRENDS IN WOOD MARKET FUNCTIONING IN UKRAINE

Zhezhkun I.M.^{1*}, Torosov A.S.², Kalashnikov A.O.³

The article examines the impact of Russia’s military aggression against Ukraine in 2022 on global and European macroeconomic parameters, as well as on the economy of Ukraine and its forestry and woodworking industries. Emphasis is placed on the negative economic trends in the forestry of Ukraine during the military operations, which are intensifying due to the ongoing reform of the state sector management of the industry starting in 2021. The contribution of the State Enterprise “Forests of Ukraine”, formed at the end of 2022, to the structure of logging in Ukraine and its ability to influence the state of the domestic wood market, is considered. The dynamics and structure of logging wood and roundwood volumes for Ukraine by natural zones (Polysia, Forest-Steppe, Steppe and Carpathians) in 2021–2022 and dynamics and the structure (2023–2024) for SE “Forests of Ukraine” of the volumes of roundwood planned for logging by species groups (coniferous, hard- and softwood) and quality classes (A, B, C and D) were established. The reasons for changes in the dynamics and comparative stability of the structure of wood and roundwood logging volumes are analyzed. Data on the reduction in 2022 of the number of economic entities in the woodworking industries of Ukraine are provided. The potential volume of roundwood logging in Ukraine in 2021–2022 was predicted by linear extrapolation using the Microsoft Office Excel 2003 application package and compared with actual indicators.

Key words: logging, roundwood, forestry industry, woodworking industry, extrapolation linear forecasting, war impact.

Одержано редколегією 20.02.2024

¹ Zhezhkun Iryna, PhD (Economics), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: zhezhkun.irina@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5314-7557>

² Torosov Artem, PhD (Economics), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: torosov@uriffm.org.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7694-6773>

³ Kalashnikov Andrii, PhD (Economics), Senior Researcher, Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.M. Vysotsky, 86 Hryhoriia Skovorody Street, Kharkiv, 61024, Ukraine. E-mail: kalashnikov@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1164-2119>

* Correspondence: zhezhkun.irina@gmail.com

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Загальна інформація

Редколегія збірника «Лісівництво і агролісомеліорація» (Україна, 61024, Харків-24, Пушкінська, 86, УкрНДЛГА) приймає до друку оригінальні статті, а також повідомлення та оглядові статті з лісівництва й лісознавства та суміжних галузей обсягом до 10 сторінок.

Статті до збірника приймаються українською та англійською мовами.

Плата за редакційну обробку і публікацію відсутня.

Усі рукописи рецензують щонайменше два незалежні рецензенти. Редакційна колегія ухвалює остаточне рішення щодо можливості опублікування роботи. Редакція залишає за собою право вносити в текст необхідні виправлення, що не змінюють авторської думки.

До редколегії подають електронний варіант статті, який слід надсилати на адресу:

valentynamechkova@gmail.com або obolonik@uriffm.org.ua

Рукопис

Основні вимоги до статей – новизна, актуальність і обґрунтованість наведених фактів, відтворюваність експериментальних даних за наведеними методиками та оформлення рукопису відповідно до вимог збірника.

Оригінальна робота має спиратися на науково обґрунтовані експерименти, спостереження чи аналіз масивів багаторічних даних (наприклад, кліматичних показників, матеріалів лісовпорядкування, результатів моніторингу стану лісів тощо) та надавати значний обсяг нової інформації. Стаття має містити посилання на релевантні джерела (переважно за останні п'ять років), перелік яких надають у розділі «Посилання».

Текст статті має відповідати загальним вимогам до написання наукових праць і бути відповідно структурованим.

Структура наукової (експериментальної) статті має містити такі розділи: **Вступ**, **Матеріали й методи**, **Результати**, **Обговорення** (окремий розділ), **Висновки**, **Подяки** (за потреби), **Джерела фінансування**, **Посилання** (див. «Довідку для рецензента»).

Структура оглядової статті може мати різну кількість структурних розділів із довільними назвами, але обов'язково має містити такі розділи: **Вступ (з обґрунтуванням і формулюванням мети дослідження)**, **Висновки**, **Посилання**.

У «Вступі» необхідно стисло викласти стан питання та обґрунтувати необхідність виконання досліджень, представлених у поданій статті. Сформулювати мету досліджень, яка не повинна дублювати назву статті, та **за необхідності** основні завдання.

У розділі «**Матеріали й методи**» слід чітко вказати, де проведено дослідження. За необхідності надати стисло характеристику кліматичним, ґрунтовим та іншим умовам, навести координати пунктів, де проведено обліки, та показати їхнє розташування на карті. Чітко зазначити джерела даних, які показники вимірювали, яким чином, якими приладами, які реактиви чи препарати застосовували у досліджах, одиниці виміру, норми витрати тощо.

Обґрунтувати застосування тих чи інших методів статистичного аналізу з посиланням на сучасні літературні джерела, вказати використаний пакет програм для обчислення, критерії оцінювання значущості (вірогідності) результатів.

Текст розділу «**Результати**» викладають згідно із завданнями. Не дублюють методіку. Розміщують таблиці та рисунки з мінімумом тексту. Всі пояснення до рисунків і таблиць та порівняння з даними інших авторів розміщують у розділі «**Обговорення**».

У розділі «**Обговорення**» демонструють значущість отриманих результатів у контексті наявних досліджень, висвітлюють обмеження дослідження та перспективи його поглиблення.

«**Висновки**» мають бути чіткими та стислими й відповідати поставленим завданням, можуть містити пропозиції чи рекомендації для дослідників або практиків.

«**Посилання**» містять перелік лише тих джерел (публікацій, вебсайтів тощо), на які є посилання у тексті. Всі посилання, що є у тексті, мають бути описані у розділі «Посилання».

У розділі «Подяки» вказують осіб, які не відповідають критеріям авторства, але надали професійні послуги зі збору матеріалу, написання чи редагування статті. Автори мають упевнитися, що зазначені особи погоджуються бути згаданими у розділі «Подяки».

Дані про «Джерела фінансування» мають містити як мінімум посилання на бюджетну чи господарську договірну тему, гранти тощо. Усі джерела фінансування дослідження, про яке повідомляється в статті, мають бути задекларовані. Якщо спонсор відіграв певну роль у розробленні концепції, дизайні, зборі даних, аналізі, прийнятті рішення про публікацію або підготовці рукопису, про це має бути повідомлено.

Текст рукопису набирати у текстовому редакторі Word, подавати у форматі *.doc (*.docx). Стилі не застосовувати.

Текст статті набирати шрифтом Times New Roman 12 pt, між рядками одинарний інтервал, розмір паперу А4, береги: угорі та вниз – 2,1 см, бокові – 2 см; номери сторінок у файлі не ставити. Рівняння тексту – по ширині, абзацний відступ 0,8 см.

У лівому верхньому куті зазначити УДК (10 pt). НАЗВУ СТАТТІ набирати великими літерами (12 pt, напівгрубий, рівняння по центру). Нижче вміщувати ініціали та прізвища авторів через кому з відповідною виноскою вниз сторінки конкретно по кожному автору із зазначенням такої інформації:

Прізвище, ім'я, по батькові автора;

Науковий ступінь та наукове звання;

Повна офіційна назва установи, де працює автор, її юридична адреса;

Телефони та електронна адреса;

Номер ORCID.

Зірочкою (*) позначити автора, який буде вести кореспонденцію на всіх етапах рецензування та публікації, а також після неї.

Анотацію українською мовою (120–150 слів) розміщувати після прізвищ авторів, набирати шрифтом 10 pt, наприкінці її вміщувати ключові слова (до п'яти слів або словосполучень). Ключові слова не повинні повторювати слова із назви статті.

Анотацію англійською мовою набирати за такими ж правилами, як і українською, але вміщувати після «ПОСИЛАНЬ». Перед текстом анотації англійською мовою (10 pt) вміщувати назву статті, прізвища та ініціали авторів через кому з відповідною виноскою вниз сторінки конкретно по кожному автору із зазначенням повної інформації про авторів англійською мовою (прізвище, ім'я автора; науковий ступінь та наукове звання; повна офіційна назва установи, де працює автор, її юридична адреса; телефони та електронна адреса; ORCID). **Увага!** Назву установи англійською мовою слід наводити так, як її зазначено в англійській версії офіційного сайту установи. Після тексту анотації навести ключові слова англійською мовою.

Родові та видові назви рослин і тварин під час першого згадування наводити латинською мовою курсивом.

Таблиці і рисунки

Таблиці й рисунки повинні мати назви та єдину нумерацію, бажано розміщувати їх після першого згадування. Ілюстрації не повинні дублювати таблиці, а текст – цифри з таблиць і рисунків.

Таблиці й рисунки надавати лише в книжному форматі.

У статтях, написаних українською мовою, підписи до рисунків і заголовки таблиць, примітки до них, заголовки головок і боковиків таблиць потрібно подавати двома мовами – українською та англійською.

Зразок оформлення ТАБЛИЦІ:

Таблиця 4

Статистичні показники значення щільності забруднення лісових ґрунтів ¹³⁷Cs за різної кількості спостережень (2020 р.)

Table 4

Statistical values for the density of forest soil contamination with ¹³⁷Cs for different numbers of observations (2020)

№ кварталу Compartment number	Кількість зразків Number of samples	Статистичні параметри значення щільності радіоактивного забруднення, кБк·м ⁻² Statistical values for the density of radioactive contamination, kBq·m ⁻²						
		<i>M</i>	<i>±m</i>	<i>±σ</i>	max	min	<i>V</i> , %	<i>P</i> , %
82	35	133,3	10,52	62,2	355,2	37,0	46,7	7,9

Зразок оформлення підписів до РИСУНКІВ

Рис. 2 – Динаміка втрати води тканинами листя різних клонів тополь

Fig. 2 – Dynamics of water loss by leaf tissues of different poplar clones

Графіки й діаграми виконують засобами *Microsoft Excel*. Використовують лише чорно-біле забарвлення та штрихування. Назви рисунків набирають у тексті, а не на рисунку. Окремо додають файл *.xls для зручності редагування. У випадку великого тексту легенди в ній указують скорочені назви або цифрові позначення, які розшифровують у дужках у підпису до рисунку. Якщо рисунки виконані в іншій програмі та не відповідають вимогам до оформлення, їх повертають авторам для виправлення.

Скановані чорно-білі рисунки або фотографії подають у форматі *.jpg. На мікрофотографіях зазначають збільшення.

Посилання

Всі бібліографічні посилання рукопису, незалежно від мови статті, яку подають, мають бути наведені латиницею та оформлені за **Гарвардським стилем цитування (Harvard Referencing Style)**: <https://www.mendeley.com/guides/harvard-citation-guide/>

Посилання на інші публікації в тексті слід оформлювати таким чином:

- одноосібний автор: (Meshkova, 2006);
- два автори: (Meshkova and Davydenko, 2006);
- три або більше авторів: (Meshkova *et al.*, 2006); “*et al.*” завжди слід писати курсивом;
- без автора: (*Monitoring and increasing the resilience of man-made forests*, 2011).
- кілька посилань в одному місці тексту оформлюють в одних дужках, розділивши їх крапкою з комою; перелічувати їх слід у порядку року публікації: (Catal and Carus, 2011; Yan *et al.*, 2016; Kollas *et al.*, 2018; Pilichowski *et al.*, 2018);
- кілька джерел одного автора, які опубліковані в різні роки: (Morey, 2010; 2019);
- кілька джерел одного автора, які опубліковані в одному році, важливо розрізняти у посиланнях, ставлячи після року в першому джерелі, на яке посилаються автори статті, літеру «а», у другому – «б» і так далі: (Danylenko *et al.*, 2021a), (Danylenko *et al.*, 2021b).

Автоматичні посилання на джерела **заборонені**. Прізвища авторів наводити у транслітерації латиницею або в англійському варіанті написання.

Розділ ПОСИЛАННЯ – REFERENCES вміщувати після тексту статті. Джерела не нумерувати, наводити за абеткою, використовуючи наведені нижче рекомендації щодо стилю. За наявності ідентифікатора DOI та ISBN зазначити їх наприкінці посилання.

Назви періодичних видань наводити повністю.

Роботи, написані латиницею, подавати мовою оригіналу.

Роботи, написані кирилицею, подавати таким чином: імена авторів англійською мовою (або транслітеровані), рік, переклад назви статті англійською мовою, транслітерована або загальноприйнята назва видання англійською мовою, том, номер, діапазон сторінок; далі у квадратних дужках – імена авторів та оригінальна назва статті; наприкінці посилання

зазначити мову оригіналу (in Ukrainian). Якщо стаття, надрукована кирилицею, має англійську анотацію, то використовувати наведену в цій анотації назву статті та зазначений варіант написання імен авторів.

Зразки оформлення ПОСИЛАНЬ

Книга:

Прізвище автора, Ініціали. (Рік видання) *Назва книги*. Видання (2-ге, 3-тє, ...; зазначається за потреби, якщо не перше). Місце видання: Видавництво. ISBN (за наявності)

Зразок:

Hrom, M.M. (2007) *Forest mensuration*. 2nd edn. Lviv: RVV NLTU. [Гром М. М. Лісова таксація] (in Ukrainian).

Частина книги:

Прізвище автора, Ініціали. (Рік видання) ‘Назва розділу’ in Прізвище редактора, Ініціали. (ed(s).) *Назва книги*. Місце видання: Видавництво, номери сторінок. ISBN (за наявності)

Зразок:

Davydenko, K. and Meshkova, V. (2017) ‘The current situation concerning severity and causes of ash dieback in Ukraine caused by *Hymenoscyphus fraxineus*’ in Vasaitis, R. and Enderle, R. (eds.) *Dieback of European Ash (Fraxinus spp.): Consequences and Guidelines for Sustainable Management*. Uppsala: SLU Service/Repro, pp. 220–227. ISBN 978-91-576-8696-1

Книга з редактором:

Прізвище редактора, Ініціали. (ed(s).) (Рік видання) *Назва книги*. Видання (зазначається за потреби, якщо не перше). Місце видання: Видавництво. ISBN (за наявності)

Зразок:

Didukh, Ya.P. (ed.) (2009) *Red Book of Ukraine. Plant World*. Kyiv: Global consulting. [Дідух Я. П. Червона книга України. Рослинний світ] (in Ukrainian).

Книга без редактора:

Назва книги (Рік видання). Місце видання: Видавництво. ISBN (за наявності)

Зразок:

Monitoring and increasing the resilience of man-made forests. (2011). Kharkiv: Nove slovo. [Моніторинг і підвищення стійкості штучних лісів] (in Ukrainian).

Статті у періодичних виданнях:

Прізвище автора, Ініціали. (Рік видання) ‘Назва статті’, *Назва журналу*, том(випуск), номери сторінок.

Зразок:

Danylenko, O.M., Yushchuk, V.S., Rumiantsev, M.H. and Mostepaniuk, A.A. (2021) ‘Some features of the growth and condition of pine plantations created by different planting material’, *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(1), pp. 26–29. [Даниленко, О. М., Ющик, В. С., Румянцев, М. Г., Мостепанюк, А. А. Особливості росту та стану соснових культур, створених різним садивним матеріалом, у Південно-східному лісостепу України] (in Ukrainian). <https://doi.org/10.36930/40310104>

Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Shlonchak, H. A., Samoday, V. P. and Neyko, I. S. (2015) ‘Results of pine and oak plus trees selection in the plains of Ukraine and in Crimea in 2010–2014’, *Forestry and Forest Melioration* [Лісівництво і агролісомеліорація], 126, pp. 139–147. [Лось С. А., Терещенко Л. І., Шлончак Г. А., Самодай В. П., Нейко І. С. Результати відбору плюсових дерев сосни і дуба в рівнинній частині України та Криму у 2010–2014 рр.] (in Ukrainian).

Матеріали конференцій

Прізвище автора, Ініціали. (Рік видання) ‘Назва публікації’, in Прізвище редактора, Ініціали. (Ed.), *Назва матеріалів конференції, яка може містити місце та дату (дати) проведення*. Місце видання: Видавництво, номери сторінок. ISBN (за наявності)

Зразок:

Slobodyan, P.Ya. (2013) ‘Classification of trees in stands for forest protection needs, in *Forestry Education and Science: History, current State and Development Prospects. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* [Лісівнича освіта і наука: історія, сучасний стан та перспективи розвитку: матеріали міжнародної науков-практ. конф.], Kharkiv: KhNAU, pp. 155–158. [Слободян П. Я. Класифікація дерев у лісостані для потреб лісозахисту] (in Ukrainian).

Millers, M. and Magaznieks, J. (2012) ‘Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stem wood and bark moisture and density influencing factors’, in *Research for Rural Development. International Scientific Conference*. Jelgava: LLU, Vol. 2, pp. 91–98.

Дисертації

Прізвище автора, Ініціали. (Рік видання) *Назва дисертації*. PhD thesis. Місце захисту: Університет

Зразок:

Sydorenko, S.G. (2017) *Postpyrogenic growth of Scots pine stands in the Left-bank Forest Steppe of Ukraine*. PhD thesis. Kharkiv: URIFFM. [Сидоренко С. Г. Постпірогенний розвиток сосняків Лівобережного Лісостепу України. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук] (in Ukrainian).

Автореферати дисертацій

Прізвище автора, Ініціали. (Рік видання) *Назва документу*. Extended abstract of PhD thesis. Місце захисту: Університет.

Зразок:

Bobrov, I.O. (2016). *Spread and injuriousness of pine bark bug in the stands of Novgorod-Siverske Polissya*. Extended abstract of PhD thesis. Kharkiv: URIFFM. [Бобров І. О. Поширеність і шкідливість соснового підкорового клопа в насадженнях Новгород-Сіверського Полісся. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук] (in Ukrainian).

Стандарти:

Зразок:

Forest inventory sample plots. Establishing method. Corporate standard 02.02-37-476:2006. (2007). Valid from May 1, 2007. Kyiv: Ministry of Agrarian Policy of Ukraine. [Площі пробні лісовпорядні. Метод закладання. СОУ 02.02-37-476:2006] (in Ukrainian).

Електронні ресурси:

Статті

Прізвище автора, Ініціали. (Рік) 'Назва статті', *Назва журналу*, том(випуск), номери сторінок. Available at: URL (Accessed: День Місяць Рік).

Зразок:

Zepner, L., Karrasch, P., Wiemann, F. and Bernard, L. (2020) 'ClimateCharts.net – an interactive climate analysis web platform', *International Journal of Digital Earth*, 14(3), pp. 338–356. Available at: <https://climatecharts.net> (Accessed: 13 March 2023).

Записи джерел для веб сторінок без чітко визначеного автора можуть починатися з назви відповідного сайту або організації:

Організація (Рік останнього оновлення сторінки) *Заголовок веб-сторінки*. Available at: URL (Accessed: День Місяць Рік).

Зразок:

Google (2019) *Google terms of service*. Available at: <https://policies.google.com/terms?hl=en-US> (Accessed: 27 January 2020).

UNECE (2023) *The European Forest Sector Outlook Study II (2010-2030)*. Available at: <https://unece.org/forests/publications/european-forest-sector-outlook-study> (Accessed: 5 January 2023).

Публікація без автора:

Коли джерело не має чітко визначеного автора, часто існує відповідне корпоративне джерело – організація, відповідальна за джерело, – яке можна зазначити як автора. Якщо ж це не так, можна просто замінити його назвою джерела як у внутрішньотекстовому посиланні, так і в списку використаних джерел, наприклад:

Sanitary Forests Regulations in Ukraine (2016). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 756 dated 26 October 2016. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (Accessed: 30 April 2023) [Санітарні правила в лісах України. Постанова Кабінету міністрів України від 26 жовтня 2016 р. № 756] (in Ukrainian).

Зразок розділу «Подяки» (Acknowledgments):

Подяки. Автори вдячні дослідникам лабораторії... Інституту...

Acknowledgments. The authors would like to thank the researchers of the Laboratory ... and the anonymous reviewers for their valuable advice, useful and constructive recommendations and text revision.

Зразок розділу «Джерела фінансування» (Funding sources):

Джерела фінансування. Статтю підготовлено авторами в межах виконання тем досліджень УкрНДІЛГА (тема №), замовником яких було Державне агентство лісових ресурсів України, ...

Funding sources. The paper was prepared by the authors in the framework of a research plan of URIFFM (grants 0115U001201, 0115U001203), which was supported by the State Forest Resources Agency of Ukraine.

Окремим файлом (формат ***.doc (*.docx), *.rtf**) до статті необхідно подати **розширене резюме (SUMMARY) англійською мовою (загальна кількість знаків без пробілів 2700–3000)**. Резюме має бути відповідним чином структурованим, зокрема має містити такі структурні елементи: **Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Keywords**. Таке резюме у паперовому варіанті друкуватися не буде, але є обов'язковим для розміщення на веб-сторінці видання.

Сайт збірника «Лісівництво і агролісомеліорація»: <http://forestry-forestmelioration.org.ua>

ДОВІДКА РЕЦЕНЗЕНТА

Рецензент статей, які можуть бути надруковані у збірнику наукових праць «Лісівництво і агролісомеліорація», має звернути увагу на такі аспекти.

1. Назва статті – чи відображає зміст і мету статті, чи є достатньо унікальною (з уточненням регіону, лісорослинних умов тощо) і достатньо лаконічною.

2. Чи тема відповідає науковому профілю збірника?

3. Чи є тема актуальною, чи має дослідження новизну та практичне значення?

4. Анотація – чи відповідає змісту та висновкам, чи достатнього обсягу (120–150 слів)?

5. Резюме англійською мовою, яке має розміщуватися на сайті, має містити 2700–3000 знаків без пробілів і бути структурованим: *Introduction. Materials and Methods. Results. Conclusions. Keywords.*

6. Ключові слова мають бути адекватні статті (до 5 слів чи словосполучень). Вони не повинні повторювати слова із назви статті.

7. У Вступі має бути наведено стан питання, вказано, що не вивчено або вивчено недостатньо, які є суперечні дані. В кінці вступу має бути сформульована мета дослідження. Мета не повинна дублювати назву статті.

8. Матеріали й методи. Де, коли і як проведено дослідження? Які статистичні методи використано для аналізу одержаних даних? Чи надано достатні подробиці, щоб незалежний дослідник міг відтворити роботу? Якщо методика вже опубліковано, на них має бути посилання. Будь-які зміни в існуючих методиках також мають бути описані.

9. Результати. Чи результати дослідження вірно представлені? Чи коректно побудовані таблиці та графіки? Чи на всі таблиці та рисунки є посилання у тексті? Звернути увагу на точність округлення цифр у графіках і таблицях, на наявність пояснень символів у примітках.

10. Обговорення. Чи наявний аналіз отриманих даних, порівняння з подібними публікаціями з інших регіонів? Дати можливі пропозиції за необхідності.

11. Чи висновки повно і вірно ілюструють результати дослідження, чи вони впливають із результатів? Чи є висновки чіткими та стислими?

12. Чи можуть або мають деякі частини статті бути скорочені, вилучені, розширені або перероблені? Чи є рекомендації з погляду стилю і мови?

13. Список літератури. Чи задовільні кількість літературних джерел і доцільність посилань? Чи оформлений список літератури за абеткою та згідно із сучасними вимогами, чи на всі джерела списку є посилання у тексті?

14. Рекомендації:

a. опублікувати без змін

b. може бути опублікована після незначних змін

c. може бути опублікована після значних змін

d. має бути відхилена

Додаткові думки, зауваження та рекомендації рецензента:

Підпис рецензента

ЗМІСТ

ЛІСІВНИЦТВО	
<i>Ткач В. П., Жежкун А. М. Особливості застосування рівномірно-поступових рубок у соснових деревостанах Полісся України</i> <i>Tkach V. P., Zhezhkun A. M. Features of the application of uniform shelterwood felling in pine stands in Polissia, Ukraine</i>	3
<i>Meshkova V. L., Kuznetsova O. A., Pyvovar T. S. Elms (<i>Ulmus L.</i>) in the Branch “Myrhorod Forestry” of the State Specialized Forest Enterprise “Forests of Ukraine”</i> <i>Мешикова В. Л., Кузнецова О. А., Пивовар Т. С. В'язи (<i>Ulmus L.</i>) у філії «Миргородське лісове господарство» державного спеціалізованого господарського підприємства «Ліси України»</i>	13
<i>Жежкун І. М., Жежкун А. М. Динаміка обсягів рубок та відтворення лісів в Україні</i> <i>Zhezhkun I. M., Zhezhkun A. M. Dynamics of the volumes of felling and forest renewal in Ukraine</i>	24
<i>Мусієнко С. І., Лук'янець В. А., Румянцев М. Г., Кобець О. В., Тарнопільська О. М., Бондаренко В. В. Лісівничо-таксаційна характеристика соснових насаджень рекреаційно-оздоровчих лісів Лівобережної України</i> <i>Musienko S. I., Luk'yanets V. A., Rumiantsev M. H., Kobets O. V., Tarnopilska O. M., Bondarenko V. V. Forestry mensuration characteristics of pine stands in recreational and health-improving forests in the Left-Bank Ukraine</i>	33
<i>Пастернак В. П., Пивовар Т. С., Гармаш А. В. Моделі динаміки показників модальних штучних соснових деревостанів Лівобережного Лісостепу України</i> <i>Pasternak V. P., Pyvovar T. S., Garmash A. V. Models for modal man-made pine stands characteristics dynamics in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine</i>	44
<i>Савуцик М. П. Ефективність рубок як заходу сприяння лісовідновленню в ослаблених сосняках свіжого субору ДП «Клавдієвська ЛНДС»</i> <i>Savushchuk M. P. Success of felling and reforestation in weakened pine forests in the fresh relatively infertile pine site type in Klavdiievo Forest Research Station</i>	52
ЛІСОВІДТВОРЕННЯ, АГРОЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ, ФІТОМЕЛІОРАЦІЯ	
<i>Василевський О. Г., Єлісавенко Ю. А., Тарнопільський П. Б., Румянцев М. Г. Ріст лісових культур сосни та дуба, створених різними видами садивного матеріалу, у Правобережному Лісостепу України</i> <i>Vasylevskiy O. H., Yelisavenko Yu. A., Tarnopilskiy P. B., Rumiantsev M. H. Growth of forest plantations of the Scots pine and English oak established by different types of planting material in the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine</i>	59
<i>Даниленко О. М., Ющик В. С., Румянцев М. Г. Ефективність застосування стимуляторів росту рослин під час створення лісових культур сосни звичайної у ДП «Харківська ЛНДС»</i> <i>Danylenko O. M., Yushchik V. S., Rumiantsev M. H. Effectiveness of the use of plant growth stimulants when creating Scots pine forest plantations in Kharkiv Forest Research Station</i>	69
<i>Распопина С. П., Іванічева Є. В. Лісівнича оцінка властивостей дерново-підзолистих ґрунтів північної частини Житомирського Полісся</i> <i>Raspopina S. P., Ivanicheva Y. V. Forestry assessment of sod-podzol soils' properties in the northern part of Zhytomyr Polissya</i>	80
ЕКОЛОГІЯ І МОНІТОРИНГ	
<i>Ворон В. П., Коваль І. М. Підстилка як маркер антропогенних змін у соснових лісах рівнинної частини України</i> <i>Voron V. P., Koval I. M. Litter as a marker of anthropotechnogenic changes in the pine forests in the plain part of Ukraine</i>	88
<i>Коваль І. М., Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., Пастернак В. П., Будзінський І. Л. Оцінка втрат депонованого вуглецю у надземній фітомасі сосняків, пошкоджених низовими пожежами, у Поліссі та Лівобережному Лісостепу</i> <i>Koval I. M., Voron V. P., Sydorenko S. H., Melnyk E. E., Parsternak V. P., Budzinsky I. L. Assessment of losses of carbon stored in the aboveground biomass of pine stands damaged by surface fires in the Polissia and Left-Bank Forest-Steppe</i>	99

ЗАХИСТ ЛІСУ	
<i>Андреева О. Ю., Мартинчук І. В., Іванюк Т. М., Матковська С. І., Марчук Д. О. Перші дані стосовно сезонного розвитку самшитової вогнівки у зелених насадженнях Житомира</i> <i>Andreieva O. Yu., Martynchuk I. V., Ivaniuk T. M., Matkovska S. I., Marchuk D. O. First data on box-tree moth seasonal development in the green areas in Zhytomyr</i>	110
<i>Соколова І. М. Біологічні особливості та трофічна спеціалізація жолудевої моли <i>Blastobasis glandulella</i> (Riley, 1871) (Blastobasidae) у Західному Поділлі</i> <i>Sokolova I. M. Biological features and trophic specialization of the acorn moth <i>Blastobasis glandulella</i> (Riley, 1871) (Blastobasidae) in the Western Podillia</i>	119
ЕКОНОМІКА, МИСЛИВСТВОЗНАВСТВО	
<i>Жежжун І. М., Торосов А. С., Калашніков А. О. Сучасні тенденції функціонування ринку деревини України</i> <i>Zhezhkun I. M., Torosov A. S., Kalashnikov A. O. Current trends in wood market functioning in Ukraine</i>	129
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ	141
ДОВІДКА РЕЦЕНЗЕНТА	147