

ІНДИКАЦІЯ ВПЛИВУ ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ ТА ПАТОГЕНЕЗУ ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ ПОЛІСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА

Левченко Валерій, канд. с.-г. наук, доцент,
Малинський фаховий коледж, waleriy07@ukr.net
Ткаченко Марина, здобувач наукового ступеня,
НУБіП України, marina14tkachenko@icloud.com
Адамович Богдан, здобувач освітнього ступеня бакалавр,
Малинський фаховий коледж, natcu54444@gmail.com

Анотація. Встановлено збільшення амплітуди коливань температури повітря в лісорослинних умовах Поліського природного заповідника. Визначено, що лісові екосистеми Перганського, Копищанського, Селезівського природоохоронних науково-дослідних відділень (ПНДВ) мають значну стійкість та підтримують динамічну рівновагу в широкому діапазоні погодно-кліматичних умов й патологічного впливу комплексу збудників хвороб. Доведено, що реакція деревостанів на умови зовнішнього середовища за індексом радіального приросту проявляється набагато раніше ніж видимі морфологічні зміни. Досліджено, що радіальний приріст є комплексним показником, який дозволяє простежити за морфологічними змінами в деревостані, і врахувати як кліматичну складову, так й патологічний вплив збудників хвороб. Обґрунтовано, що методом дендрохронологічної індикації проаналізовано вплив погодно-кліматичних умов, патологічної дії збудників хвороб на ріст, стійкість сосни звичайної в умовах Поліського природного заповідника. Встановлено високу амплітуду коливань індексу приросту сосни звичайної залежно від зміни погодно-кліматичних умов. Досліджено, що за показником чутливості індивідуальних серій приросту сосни звичайної, визначено реакцію раннього та пізнього приросту, що вказує на відповідну реакцію дерев до погодно-кліматичних умов. Встановлено достовірні кореляційні зв'язки між величинами радіального приросту, середньомісячною температурою повітря та кількістю опадів за вегетаційний період, що позитивно впливає на камбіальний приріст сосни звичайної в умовах Поліського природного заповідника та підсилює стійкість деревостанів. Встановлено, що пізній приріст є індикатором наявності патологій в деревостанах сосни звичайної. Доведено, що при проведенні лісопатологічного моніторингу слід визначати патогенез за радіальним приростом.

Ключові слова: ліс, сосна звичайна, погода, клімат, патології, індикація, моніторинг.

Annotation. An increase in the amplitude of air temperature fluctuations in the forest-vegetation conditions of the Polesie Nature Reserve has been established. It has been determined that

the forest ecosystems of the Perhansky, Kopyshchansky, Selezivsky nature conservation research departments (PNDV) have significant stability and maintain dynamic equilibrium in a wide range of weather and climatic conditions and the pathological impact of a complex of pathogens. It has been proven that the response of tree stands to environmental conditions according to the radial growth index manifests itself much earlier than visible morphological changes. It has been studied that radial growth is a complex indicator that allows us to track morphological changes in a tree stand and take into account both the climatic component and the pathological impact of pathogens. It is substantiated that the method of dendrochronological indication has been used to analyze the impact of weather and climatic conditions, the pathological impact of pathogens on the growth and stability of Scots pine in the conditions of the Polesie Nature Reserve. A high amplitude of fluctuations in the growth index of Scots pine depending on changes in weather and climatic conditions was established. It was studied that the sensitivity index of individual series of Scots pine growth determined the reaction of early and late growth, which indicates the corresponding reaction of trees to weather and climatic conditions. Reliable correlations were established between the values of radial growth, average monthly air temperature and the amount of precipitation during the growing season, which positively affects the cambial growth of Scots pine in the conditions of the Polesie Nature Reserve and enhances the stability of stands. It was established that late growth is an indicator of the presence of pathologies in Scots pine stands. It was proven that when conducting forest pathological monitoring, pathogenesis should be determined by radial growth.

Key words: forest, scots pine, weather, climate, pathologies, indication, monitoring.

Постановка проблеми. За останні десятиліття відмічається збільшення амплітуди коливань температури повітря. Зростання глобального потепління проявляється у збільшенні приземної температури повітря на $0,62^{\circ}\text{C}$ по всій Земній кулі з початку ХХ ст. Дендрохронологічний моніторинг в контексті індикацій патологічного стану сосни звичайної займає особливе місце у системі екологічного моніторингу внаслідок унікальності деревних кілець як природних реєстраторів стану навколишнього середовища та патологічного впливу на сосну звичайну за сотні та тисячі років. Особливо це актуально для об'єктів природно-заповідного фонду. В сучасний час актуальними є моніторингові індикації дендрохронології щодо прогнозування погодно-кліматичних змін та пов'язаних з ними оцінок патологічного стану сосни звичайної в природоохоронних науково-дослідних відділеннях Поліського природного заповідника. Сосна звичайна в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника є одною з основних лісоутворюючих порід. Слід зауважити, що на цій території зосереджено найбільш цінний генофонд соснових лісів, що визначається запасом накопиченої мінливості природних популяцій. В умовах зони Центрального Полісся України реакції дерев на зміни, що

відбуваються в навколишньому середовищі, патологічний вплив збудників хвороб на соснові деревостани проявляються раніше і більш виразніше ніж в усіх інших кліматичних зонах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні десятиліття на межі XX та XXI століть суттєво зріс інтерес світової наукової громадськості до вивчення реакції лісових екосистем та їх окремих компонентів на погодно-кліматичні зміни [1]. Все це тісно пов'язано з необхідністю оцінки екологічних та соціальних наслідків сучасного потепління, яке розпочалося ще наприкінці XIX століття та продовжується дотепер у багатьох районах нашої планети [2]. Глобальна температура повітря протягом XX століття підвищилася загалом на 0,6°C [3]. Швидкість потепління має тенденцію зростання [4]. Оскільки лісові екосистеми зони Центрального Полісся України і Житомирщини зокрема, а також Поліського природного заповідника відіграють винятково велику роль у кругообігу біогенної речовини та стабілізації умов зовнішнього середовища Полісся, проблема вивчення динаміки деревної рослинності під впливом змін клімату набула фундаментального наукового та найважливішого соціально-економічного значення [5]. Тому нами на сьогоднішній день проводяться комплексні лісівничо-екологічні, індикаційні, лісівничо-патологічні дослідження по вивченню впливу погодно-кліматичних змін на генезис лісових екоценозів зони Центрального Полісся України [6]. Ступінь порушення природних лісових комплексів, біогеоценозів, окремих складових біосферних компонентів визначають шляхом порівняння їх за низкою ознак та характеристик з не порушеними екосистемами, що за динамікою піддаються обліку змін [7]. Тому питання встановлення ступеню та характеру впливу на ліс природних процесів, антропогенних факторів можуть бути вирішені дендроіндикаційними методами [8]. Дендроіндикація базується на своєрідній пам'яті дерев, що утворюють лісові екосистеми, які в структурі, біохімічному складі та розмірах річних кілець приросту чітко фіксують усі зміни, що відбуваються як у середині екосистеми, так і у зовнішніх умовах, що визначають їх ріст і розвиток [9]. Дендрохронологія відноситься до комплексного наземного методу досліджень, здатного з достатньою достовірністю та хронологічною точністю відновити перебіг минулого розвитку головного компонента лісової екосистеми – деревостану виходячи з головної лісоутворюючої породи відповідно до лісорослинних умов [10]. На відміну від звичайних методів лісопатологічного моніторингу, які полягають у безпосередньому спостереженні за тим чи іншим несприятливим впливом певного фактора на лісову екосистему, дендрохронологія дозволяє відновити багато змін у лісових екосистемах протягом кількох десятиліть і навіть століть [11]. За даними досліджень ряду авторів [12, 13, 14, 15, 16] найбільш складним для досліджень є саме деревостан, оскільки він під впливом антропогенних навантажень змінюється. Це відбувається як правило внаслідок зміни погодно-кліматичних, лісорослинних компонентів екосистеми [18]. Дигресивні зміни в деревному ярусі носять

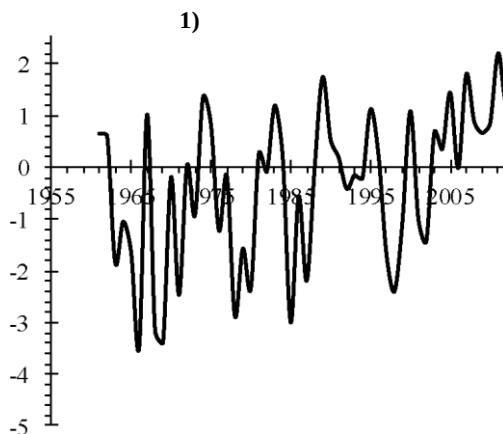
досить тривалий характер, і тому на перший погляд створюється хибне уявлення про досить суттєву стійкість дерев до різноманітних впливів [19]. Характерні зовнішні ознаки порушення життєдіяльності соснових деревостанів в умовах лісочористувань природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника обґрунтовано статистично-достовірними змінами таксаційних показників, що з'являються лише за руйнівного впливу антропогенних факторів, коли найчастіше зміни в екосистемі вже незворотні [20, 23]. Вивченню кліматичної динаміки лісової рослинності приділяється велика увага у зв'язку з необхідністю оцінки змін у складі та структурі соснових, сосново-березових, соново-дубових, сосново-вільхових деревостанів, що можуть відбутись у найближчих 2025-2029 роках під впливом сучасного потепління клімату [21]. При цьому в основному вивчаються лісові, лісо-болотні та лісо-аграрні угруповання які сформувались і ростуть в екстремальних кліматичних та ґрунтових умовах. В цих лісових угруповань кліматичні зміни у продуктивності і органогенезі виражені найбільш чітко [22].

Мета дослідження - оцінка впливу погодно-кліматичних факторів на ріст, продуктивність, патологічний стан сосни звичайної в контексті деревинно-кільцевих індикацій в умовах природоохоронних, науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника.

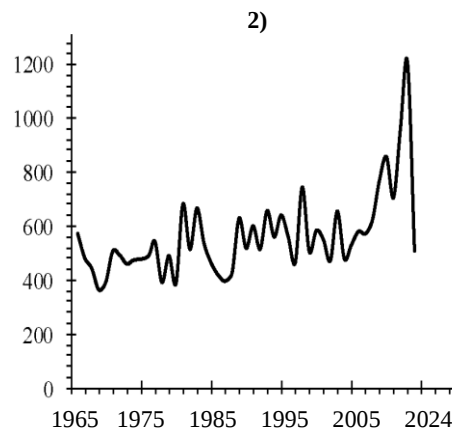
Виклад основного матеріалу. Аналіз температурних даних (1961-2024 рр.) та кількості опадів (1966-2024 рр.) за багаторічними даними метеостанцій Коростень, Житомир, а також встановленої автоматичної метеостанції на території Поліського природного заповідника показав тренд на збільшення цих параметрів (рисунок 1). За період з 2000 по 2024 роки середньодобова температура повітря в умовах Поліського природного заповідника склала - 0,28 °С.

Рисунок – 1 Середня багаторічна температура повітря (1) і кількість опадів (2) за даними метеостанцій Коростень, Житомир, автоматичної метеостанції Поліського природного заповідника

Середньорічна температура повітря, (°С)



Кількість опадів, (мм)



Джерело: результати власних наукових досліджень авторів.

В рамках дендрохроноіндикаційного моніторингу були отримані середні значення абсолютної величини та індексу приросту (таблиця 1).

Таблиця 1 – Мінливість середнього значення радіального приросту сосни звичайної в умовах пробних площ Поліського природного заповідника (середнє за 2022 – 2024 рр.)

Абсолютна величина радіального приросту, мм	$X \pm 8$	0,22±0,01
	min-max	0,06-0,49
	C. V., %	47
Індекс приросту (I, %)	X	102
	min-max	71-167
	C. V., %	10
K_s	X	24
	min-max	14-31
Індекс стреса	$ X - S_x $	0,25±0,01
	min-max величина інтервалу	-0,09... +0,13 (0,04)
EPS	радіальний приріст	0,94

Джерело: результати власних наукових досліджень авторів.

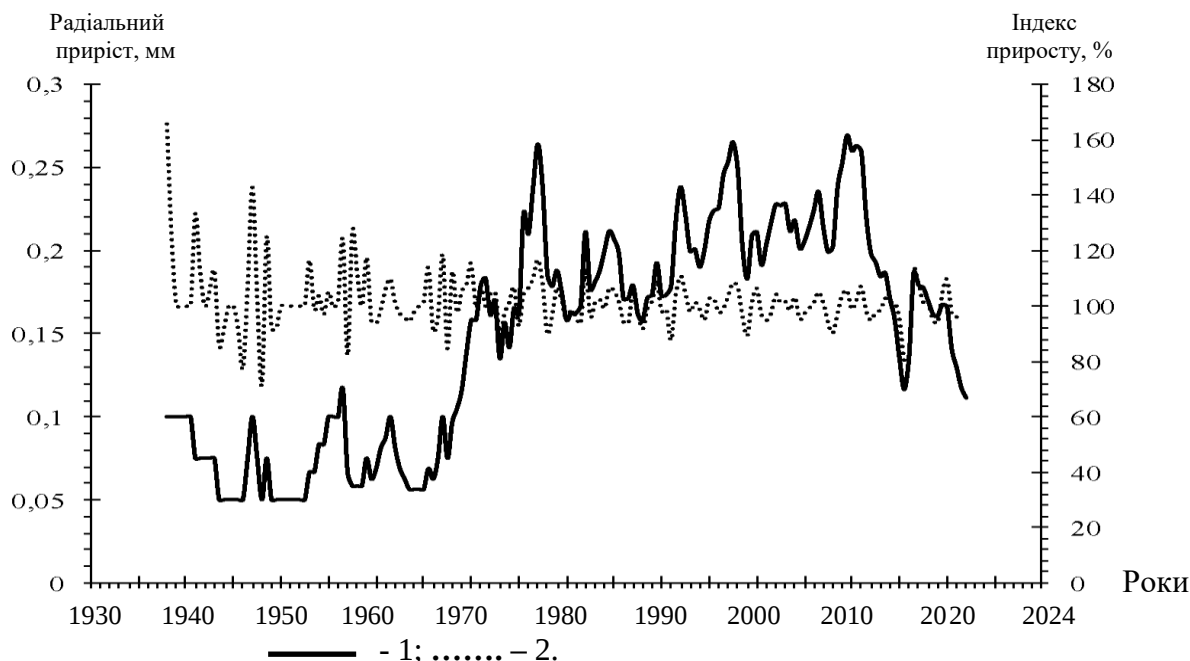
Примітка: X - середнє арифметичне значення; S_x - помилка середнього арифметичного значення; min-max – мінімальне та максимальне значення; C.V. – коефіцієнт варіації; K_s – показник чутливості дерев; EPS – критерій оцінки надійності індикації деревних хронологій.

Оцінка надійності хронологій сосни звичайної для дендроіндикаційних досліджень показала високі значення ($EPS > 0,85$). В часових рядах до 70 років відзначаються невисокі значення за радіальним приростом, далі спостерігається збільшення його величини, а з 80-річного віку, його суттєве зниження (рисунок 2).

Індекси приросту характеризують мінливість значень радіального приросту в тимчасовому аспекті. Рівень мінливості індексу приросту за роками досить низький (10%). Індекси приросту усувають вікові відмінності в темпах зростання дерев, а висока амплітуда коливань в молодому віці вказує на адаптаційний період сосни звичайної в лісорослинних умовах А₂₋₃, В₂₋₃ Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника.

Очевидно, що на ранніх стадіях онтогенезу, деревам властива більш висока чутливість до дії погодно-кліматичних факторів, що впливають на камбіальну активність.

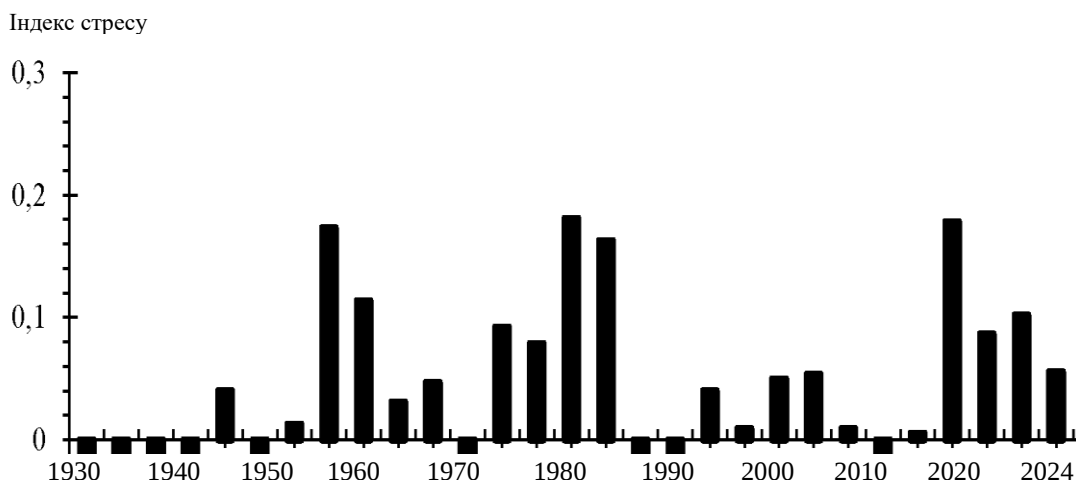
Рисунок – 2 Динаміка абсолютного (1) та відносного (2) значення радіального приросту сосни звичайної в умовах пробних площ Поліського природного заповідника



Джерело: результати власних наукових досліджень авторів.

Показник чутливості індивідуальних серій сосни звичайної до впливу погодно-кліматичних та патологічних впливів в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника становить 23,6% (мінімум – 10%, максимум – 44%). При невисоких значеннях показника чутливості, нами додатково був розрахований «індекс стресу» (рисунок 3).

Рисунок 3 – Індекс стресу сосни звичайної під впливом погодно-кліматичних змін та патологічного впливу збудників хвороб в лісорослинних умовах Перганського, Копищанського, Селезівського ПНДВ Поліського природного заповідника



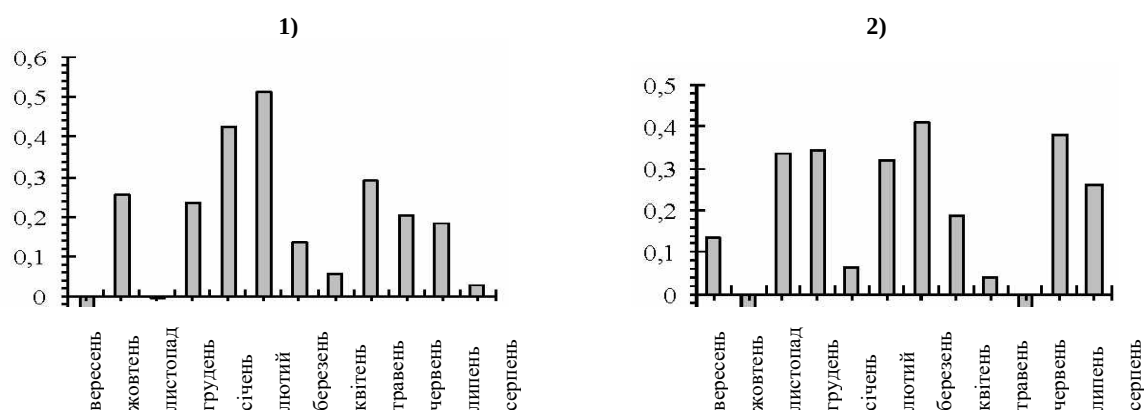
Джерело: результати власних наукових досліджень авторів.

Слід зазначити, що цей показник є найбільш знаковим та об'єктивним, так як він фіксує аномальні реакції деревостану на вплив погодно-кліматичних факторів, а також вплив хвороб на фізіологічні процеси, які відбуваються під час проходження процесу онтогенезу в сосновому деревостані. Ми встановили, що індекс стресу близький до нуля при стійкому стані дерева, та суттєво зростає по модулю – при нестійкому. За останні 35 років відзначається позитивна динаміка індексу стресу, середнє значення за модулем відповідає середньому рівню, як було вже попередньо зазначено в таблиці 2.

За останні 50 років відзначається зниження радіального приросту в 1967, 1973, 1980, 1986, 2003, 2014 та 2024 рр., що зумовлено середнім показником температури повітря в межах до -3°C , та збільшення радіального приросту в 1993 та 1999 рр., що пов'язано з її збільшенням до $+2^{\circ}\text{C}$. Спостерігаються зрушення та асинхронність у тимчасових рядах радіального приросту та температури повітря. З підвищення або зниження температури повітря може відбуватись й збільшення або зменшення приросту через певний проміжок часу. Ростові реакції сосни звичайної на вплив температури повітря в умовах Поліського природного заповідника запізнюються в часі. Достовірних кореляційних зв'язків між радіальним приростом (у відносних індексах) середньомісячної температури повітря ($r = -0,20 - 0,24$), і радіальним приростом та місячної кількості опадів ($r = -0,39 - 0,22$) попереднього та поточного року не виявлено.

Нами було проведено кореляційний аналіз індексів приросту сосни за середньою температурою повітря протягом вегетаційного періоду (рисунок 4).

Рисунок 4 – Кореляція індексу приросту сосни звичайної за температурою повітря (1) та кількістю опадів (2) в різні проміжки часу в умовах Поліського природного заповідника



За періоди з 1950-1980 та 1990-2024 рр. встановлено кореляції індексів приросту із середньомісячною температурою серпня ($r = 0,31 - 0,49$, $t_r > t_{0,05}$). Температура літніх місяців виявляє прямий позитивний вплив, підсилюючи тим самим процес фотосинтезу, а відповідно й ростові процеси. Ми встановили, що вплив температури повітря на приріст сосни звичайної

змінюється в часу і проявляється сильніше у вегетаційний період. Виявлено позитивний кореляційний зв'язок між радіальним приростом (у відносних індексах) та кількістю опадів травня за різні часові проміжки ($r = 0,41 - 0,58$, $t_r > t_{0,05}$). Ми встановили, що у випадку надмірного зволоження ґрунтів в соснових деревостанах, які ослаблені патологічним впливом збудників хвороб часто проявляється коренева гіпоксія та гіпотермія. Це спостерігається особливо у весняний і ранньо - літній період. Очевидно, щодо невелика кількість опадів у весняні місяці може позитивно впливати на величину радіального приросту сосни звичайної в несприятливих умовах Поліського природного заповідника.

Висновки та перспективи подальших наукових пошуків.

1. Встановлено, що відносно не високі значення коефіцієнта чутливості радіального приросту сосни звичайної вказують на реакцію у відповідь дерев на стресові погодно-кліматичні умови Поліського природного заповідника.

2. Досліджено, що коливання температури повітря і кількості опадів попереднього та поточного року не вносять значний внесок у формування величини радіального приросту сосни звичайної в лісорослинних умовах Поліського природного заповідника.

3. Підтверджено гіпотезу, що за різні часові періоди виявлено кліматичний відгук радіального приросту сосни звичайної на температуру повітря, що динамічно змінюється по роках.

4. Встановлені достовірні позитивні зв'язки раннього та пізнього приросту сосни звичайної (у відносних індексах) із середньомісячною температурою повітря серпня та кількістю опадів в березні – травні.

5. Доведено, що вплив метеорологічних параметрів на формування радіального приросту сосни звичайної є неоднорідним, проте кліматичні параметри - (температура повітря та кількість опадів), визначають багаторічну динаміку камбіального приросту сосни звичайної, що на сьогоднішній день є перспективою для подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Билай В. И., Гвоздяк Р. И., Скрипаль И. Г. (2008). Микроорганизмы-возбудители болезней растений. Киев: Наукова думка, 2008 552 с.
2. Бондарцев А. С. (2013). Основные вредители лесов зоны Полесья Украины. Киев: Либидь, 106 с.;
3. Вакин А. Т., Полубояринов О. И., Соловьев В. А. (2006). Пороки древесины. -2-е изд., перераб. и доп. Чернигов, Лесная промышленность, 112 с.

4. Гойчук А. Ф., Решетник Л. Л. (2016). Лісова фітопатологія у визначеннях, рисунках, схемах. Вид. 2-е, перероб. і доповн. Житомир, Полісся, 186 с.
5. Гойчук А. Ф., Решетник Л. Л. (2019). Довідник-визначник базидіом головних дереворуйнівних грибів. Житомир, Полісся, 48 с.
6. Евдокимов В. Н. (2020). Особенности радиального прироста ели и влияние на него корневой губки. Киев, Наукова думка, 256 с.
7. Лебедев А. В. (2019). Патология деревьев в разных типах леса. Харьков, Кальвария, 190 с.
8. Лебедев А. В. (2019). Патология деревьев сосны обыкновенной в древостоях разного возраста. Полтава, Знання, 169 с.
9. Levchenko V. B., Shulga I. V., Nemerytska L. V., Zhuravska I. A., Romanyuk A. A. (2021). Organization and monitoring of forest pests with the use of pheromones in the conditions of the state enterprise «ZARICHANSKE FORESTRY», S. 34-87. <https://doi.org/10.26886/2414-634>.
10. Levchenko V. B., Shulga I. V., Ivanyk I. D., Budnik I. P., Korkulenko A. M., Ganzhalyuk T. S. (2021). Restoration of forests in the territories passed by large-forest forest fire in conditions of the state enterprise «Ovrutske Forestry». S. 45-84. <https://doi.org/10.26886/2414-634>.
11. Levchenko V. B., Shulga I. V., Ivanyk I. D., Romanyuk A. A., Rusetskaya N. M. (2022). Innovative forest and biological methods of entomological monitoring of trumpet pest in the conditions of the Pargan nature conservation research department of Poliska nature reserve. S. 76-94. <https://doi.org/10.26886/2520-7474>.
12. Манаенков А. С. (2019). Проблемы защиты сосняков Севера Украины. Умань, Лесохозяйственная информация, 140 с.
13. Павлов И. Н. (2020). Закономерности образования очагов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s. str. в географических культурах сосны обыкновенной в северных районах Украины. Винница, Лесная промышленность, 136 с.
14. Романовский М. Г. Продуктивность, устойчивость и биоразнообразие равнинных лесов Украины. Киев, МГУЛ, 197 с.
15. Cherubini P. (2022). Treelife history prior to death: Two fungal root pathogens affect tree-ring growth differently. Hanofer, Ecol, 850 s.
16. Erbilgin N. (2020). Spatial analysis of forest gaps resulting from bark beetle colonization of red pines experiencing belowground herbivory and infection. Ren, Forest, 153 s.
17. Heinsdorf D. (2021). *Heterobasidion annosum*. Schaden in Kiefernstangenholzern auf Kippsubstraten durch den Pilz *Heterobasidion annosum*. Bremen, AFZ/Wald, 699 s.
18. Heydeck P. (2000). Bedeutung des Wurzelschwammes im nordost-deutschen Tiefland, AFZ/Wald, 744 s.

19. Kozłowski T. (2021). Growth Control in Woody Plants. Bonn, Academic Press, 644 s.
20. Linderholm H.W. Climatic influence on scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring widths. Silva, Fenn, 424 s.
21. Nobles M. K. (2021). Identification of cultures of wood – in habiting Hymenomycetes. Frankfurt, Rill, 139 s.
22. Schonhar S. (2021). Bekämpfung der Rotfaule bei Fichte. Dortmund, AFZ/Wald, 100 s.
23. Shtukin S. S. (2021). Changes in proportion of pine trees affected by root rots in cultivated stands. Munhen, ARTF, 112 s.