

В. Б. Левченко¹, І. Д. Іванюк², Я. Д. Фучило³, Я. І. Макаrchук⁴

¹Малинський фаховий коледж, Малин, Україна, orcid.org/0000-0002-3638-1015;

²Малинський фаховий коледж, Малин, Україна, orcid.org/0000-0003-1989-7906;

³Малинський фаховий коледж, Малин, Україна, orcid.org/0000-0002-2669-5176;

⁴Малинський фаховий коледж, Малин, Україна, orcid.org/0009-0009-3190-3126.

ДЕНДРОХРОНОІНДИКАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ І ПАТОГЕНЕЗ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ПОЛІСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

В статті викладено результати багаторічних досліджень патологічного стану сосни звичайної в умовах природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника з використанням деревинно-кільцевих хронологій. Інновація досліджень полягає в проведенні лісопатологічної експертизи пристигаючих, стиглих та перестійних соснових деревостанів з використаннями методу хронологічної індикації деревинних кернів сосни звичайної, а також формуванні перспективного прогнозу імунологічної стійкості соснових деревостанів до хвороб та шкідників в умовах об'єктів природозаповідного фонду. Проаналізовано результати дендроіндикаційної реконструкції приростів сосни звичайної на здорових та уражених збудниками кореневої, соснової губки соснових деревостанах. Наведено результати поточного річного радіального приросту в розрізі пробних та контрольних площ сосни звичайної з різним ступенем патогенезу.

Ключові слова: сосна звичайна, моніторинг, дендрохроноіндикація, патогенез, заповідник.

Вступ. Протягом останніх десятиліть у світі ведуться інтенсивні науково-дослідні роботи щодо розробки уніфікованих довгих та наддовгих дендрохронологічних шкал, що використовуються для реконструкції клімату, патологічних процесів в природних лісових екосистемах, гідрологічних параметрів, зміни меж лісових масивів під впливом погоднокліматичних та антропогенних факторів, а також хронологічного датування стійкості природних лісових екосистем до комплексного впливу несприятливих факторів навколишнього середовища [1]. Для окремих регіонів Східної, Центральної та Західної Європи розроблено та апробовано наддовгі деревинно-кільцеві хронології протяжністю до 6 тис. років для сосни звичайної [2], та до 8 тис. років - для дуба звичайного [3]. Слід зазначити, що географія дендрохронологічних шкал постійно розширюється, що в свою чергу дозволяє реконструювати умови зростання та патологічний стан дерев на великих площах [4]. В умовах Європейської частини, матеріалом для розробки довгих хронологічних шкал приростів сосни звичайної є живі дерева, віком до 150-200 років), деревина історичних та археологічних об'єктів віком до 500 років, а також копалини деревини під час різномітних археологічних знахідок [5]. На сьогодні виняток складають дерева сосни звичайної (*Pinus sylvestris*. L.), що ростуть на верхових болотах Поліського природного заповідника, а також окремі дерева дуба черешчатого (*Quercus robur*. L.), що до сьогодні збереглися в заповідних зонах природних територій які особливо охороняються [6]. На сучасний момент деревно-кільцеві хронології, що побудовані за живими приростами деревостанів на території Поліського природного заповідника, що географічно входить у зону Центрального Полісся України, датовані лише до 300 років [7]. Тому для розробки довгих дерево-кільцевих хронологій у різних частинах зони Центрального Полісся України доводиться використовувати деревину історичних та археологічних об'єктів як порівняння [8]. Певну проблему при розробці довгих деревно-кільцевих хронологій з використанням деревини з історичних споруд викликає те, що зі збільшенням відстані, синхронність між приростом дерев однієї породи з подібних лісорослинних умов зменшується по експоненті та

вже на відстані в 400 км практично повністю відсутня, а значний зв'язок зберігається на відстані тільки до 200-300 км [9]. Це суттєво обмежує використання для датування Української археологічної деревини хронологій та дендрохронологічних шкал, що побудовані на суміжних з досліджуваними територіях [10, 17, 18]. Слід зазначити, що з 2002 по 2016 роки роботи з розробки довгих деревинно-кільцевих хронологічних шкал по визначенню стійкості деревостанів сосни звичайної до несприятливих погодно-кліматичних, антропогенних, біотичних факторів проводились на базі УкрНДІЛГА ім. В. Г. Висоцького [11, 18, 19]. Проведені раніше дослідження показали, що деревина з історичних споруд та різноманітних археологічних розкопок придатна для розробки довгих хронологічних дендроіндикаційних шкал та реконструкції кліматичних змін, а також абсолютного датування змін клімату, лісових пожеж, патогенезу лісових деревостанів, але зважаючи на суттєву строкатість лісорослинних умов та неможливість детрендингу цієї деревини, вони на жаль не можуть розкрити сутності прогнозу стійкості соснових деревостанів до можливих тенденцій ураження збудниками хвороб та пошкодження шкідниками [12, 19]. В 2010 році за участі провідних лісопатологів та дендрохронологів України, вперше була побудована деревинно-кільцева хронологія по сосні звичайній довжиною з 1608 до 1829 рр., з використанням зразків деревини, зібраних у Терещинківському маєтку на Житомирщині, проте вона не мала прив'язки до живих дерев [13, 20, 21]. Тому роботи з пошуку та збору дендрохронологічного матеріалу з історичних будівель та археологічних розкопок тривали у 2011-2012 роках [14, 17]. В даний час є приклади ефективного використання дендрохронологічної інформації для оцінки лісопатологічних, екологічних та лісгосподарських ефектів щодо моніторингу соснових деревостанів пристигаючого, стиглого та перестійного віку [15, 18]. Зважаючи на інтенсивний вплив погодно-кліматичних змін на ріст, розвиток, продуктивність, а також стійкість соснових деревостанів до комплексу несприятливих факторів як антропогенного, так і патологічного характеру, в останні десятиліття 20-го сторіччя, а також в першій половині 21-го сторіччя, гостро виникла проблема щодо уніфікації та розширення прикладної ролі дендрохронологічних шкал в контексті моніторингу та індикації саме патологічних процесів в лісах України [16].

Матеріали і методи. Закладку пробних площ (ПП) та визначення лісотаксаційних показників деревостанів проводили відповідно до загальноприйнятих у лісівництві методик [3, 10, 12]. У кожного дерева на висоті 1,3 м вимірювався діаметр у двох напрямках (з точністю до 0,1 см) за допомогою лісової мірної вилки. Середній діаметр деревостану на ПП обчислювали як середнє квадратичне через суму площ перерізів. Висота дерев визначалася базовим висотоміром (Suunto PM-5/1250) з точністю до 0,1 м, кількість вимірюваних дерев становила 50% від загальної кількості дерев на ПП. Структуру лісових насаджень за участі сони звичайної за повнотою, бонітетом, віком, складом і продуктивністю визначали шляхом аналізу таксаційної бази «Лісовий фонд України» ВО «Укрдержліспроект» станом на 01.01.2022 р. стосовно природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника. Під час роботи з базою даних лісовпорядкування використовували комп'ютерні програми NewUnPackОНОТА, MS Access та MS Excel. У камеральних умовах річні кільця сосни вимірювали із застосуванням оптично-вимірювального комплексу LINTAB 5 з точністю до 0,01 мм. Знаючи календарну дату формування периферійного кільця, зворотним перерахунком отримували дати формування центрального кільця більшості відібраних кернів. Керни були перехреснопродатовані з використанням програм TSAP 3.0 [4] та COFESHA [8]. Для усунення впливу віку дерев та інших сигналів не кліматичного характеру на динаміку радіального приросту сосни звичайної була проведена стандартизація індивідуальних серій приросту, виконана у програмі ARSTAN від'ємною експонентною функцією [6]. Для розрахунку зв'язків кліматичних факторів з індексами ширини річного кільця використано метеорологічні дані метеостанції міст Житомир, Коростень, Овруч. Кореляційний аналіз між індексами ширини річного кільця та кліматичними факторами (температура та опади, пірогенез) був виконаний у програмі Dendroclim 2002. Під час проведення дендрохронологічних досліджень використано

порівняльно-екологічні, таксаційні, стандартні дендрохронологічні та статистичні методи [3, 11, 14]. Керни (від 10 до 30 на окремих пробних площах) відібрано буравом Пресслера у дерев сони звичайної на висоті 1,3 м від рівня землі. Після відбору керни висушили на повітрі при температурі 2-25°C. Перед вимірюванням керни вміщували у воду, внаслідок чого вони ставали довші на 1–2% зразків, які мали природну вологість. Зміна довжини керна в таких межах не впливає на точність результатів вимірювань. Вологі зразки яскравіше забарвлені, а їхню поверхню легше зачищати. При проведенні досліджень знімали верхній (1–2 мм) шар деревини лезом ланцетника впоперек волокон і за необхідності для покращення чіткості між ранньою та пізньою деревиною обробляли поверхню зразка крейдою [5]. Шари ранньої та пізньої деревини вимірювали з точністю 0,01 мм за допомогою приладу «HENSON» та бінокулярного мікроскопа МБС-9. Перехресним датуванням встановили рік утворення кожного шару деревини, а потім якість вибірки перевірили програмою COFESHA [3, 5]. Для вибірок із кожної постійної пробної площі побудовано деревно-кільцеві хронології шляхом визначення середнього значення радіального приросту дерев. Індеси деревно-кільцевих хронологій річної, ранньої та пізньої деревини обчислювали методом 3-річної варіаційної кривої [2, 4, 6].

Результати. Деревно-кільцева хронологія, що була відібрана з пробної площі №2 Перганського ПНДВ дозволила з'ясувати період початку патологічного процесу в стиглому деревостані сосни звичайної, а також фактори які призвели до ослаблення його імунітету через динамічну зміну погодно-кліматичних умов. В узагальнену майстер хронологію з Перганського ПНДВ Поліського природного заповідника увійшло 110 зразків (кernів) деревини. Кількість річних кілець окремих зразків коливається від 47 до 137 років (в середньому цей показник склав 90-94 роки). Хронологія перекриває період в 94 роки, а саме з 1930 по 2024 рік (рис. 1).

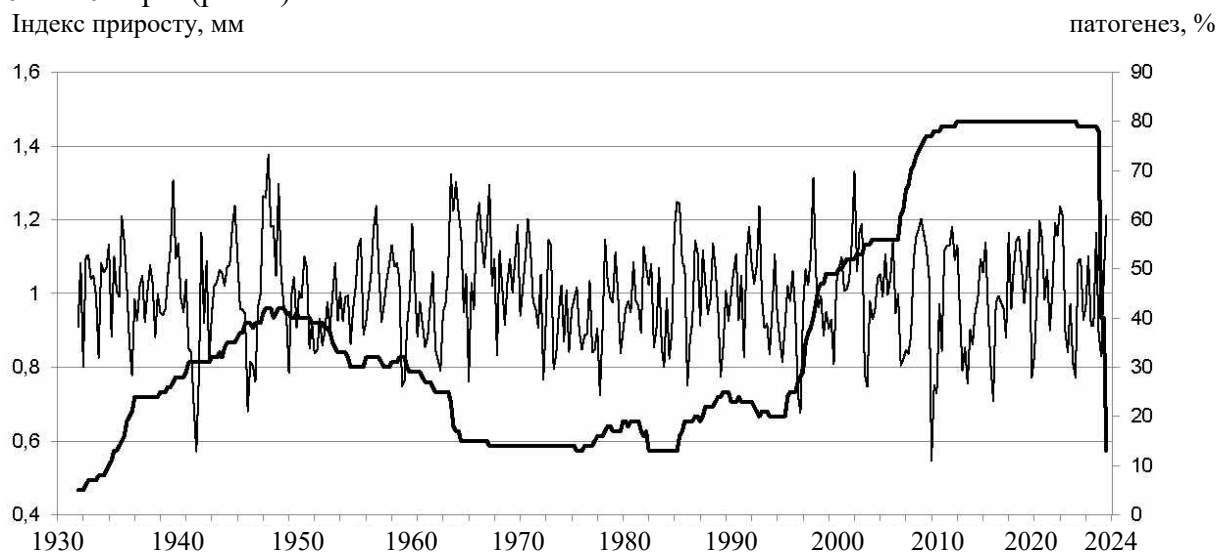


Рис. 1. Деревинно-кільцева майстер хронологія індексів радіального приросту та динаміки патогенезу сосни звичайної в умовах Перганського ПНДВ.

Ми встановили, що починаючи з 1990 року деревостани сосни звичайної в умовах Перганського ПНДВ систематично уражувались патологіями кореневої, соснової губки. Причинами тому були досить не сприятливі погодно-кліматичні умови. Підтвердженням цьому є коефіцієнт кореляції, що становить 0,524, а коефіцієнт чутливості - 0,11 (стандартизований). Наведена майстер хронологія має високу кореляцію з хронологіями із інших природоохоронних науково-дослідних відділень Поліського природного заповідника, зокрема Копищанського та Селезівського (таблиця 1), а особливо з найближчою з них, побудованою для регіону Копищанського ПНДВ. Водночас відзначено дуже низький кореляційний зв'язок з Селезівською хронологією (t-критерій - 2,9), що обумовлено побудовою цієї хронології за зразками деревини після пожеж 1970 – 1980 років.

Таблиця 1

Кореляція (по t – критерію) між майстер хронологією Перганського ПНДВ та хронологією ми з окремих сусідніх досліджуваних районів (середнє за 2021 – 2024 роки)

Перганське ПНДВ Поліського природного заповідника	Філія «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство» ДП «Ліси України»	Філія «Олевське лісове господарство» ДП «Ліси України»	Філія «Народицьке спеціалізоване лісове господарство» ДП «Ліси України»	Філія «Коростенське лісомисливське господарство» ДП «Ліси України»
0,524	14,6	7,0	2,9	8,5
НІР ₀₀₅	0,24	0,21	0,19	0,22

Таким чином, майстер хронологія Перганського ПНДВ наочно показує високий погодно-кліматичний та патологічний сигнал, і може бути використана для датування зразків деревини з регіонів зони Центрального Полісся України. Зазначаємо, що в приведеній майстер хронології Перганського ПНДВ за період з 1930 – 2024 роки виявлено 19 реперних років, що призвели до падіння приросту і суттєвого імунологічного ослаблення соснового деревостану (табл. 2).

Таблиця 2

Несприятливі роки для формування деревинно-кільцевих приростів сосни звичайної в умовах Житомирської області (за даними метеостанцій Житомир та Коростень)

№ п/п	Несприятливий для формування приросту рік	Причина зниження приросту та стійкості сосни звичайної
1.	1940	аномально засушливий рік
2.	1947	надмірно вологий рік
3.	1953	надзвичайно холодна зима
4.	1960	холодне і мокре літо
5.	1971	надзвичайне потепління в січні – лютому (+2,3°C)
6.	1978	надзвичайно холодна та багатосніжна зима. Повінь.
7.	1980	рання і холодна весна
8.	1983	рання весна і повернення холодів у квітні
9.	1989	надзвичайно сильні морози в січні
10.	1991	сувора зима й повінь
11.	1993	сувора зима й холодна весна
12.	1999	сувора багатосніжна зима й повінь
13.	2008	висока температура повітря в квітні – травні. посуха
14.	2012	засушлива весна, лісові пожежі
15.	2014	тепла зима (середня температура лютого +0,9°C), рання весна, посуха в травні - червні
16.	2018	тепла зима, рання весна і тривала літня посуха з червня по серпень (за цей період випало всього 36 % від багаторічної норми опадів при середніх температурах липня та серпня на 1,7°C та 3,5°C вищих за середню багаторічну)
17.	2020	пізній початок весни, нестача вологи, тривала посуха, суха весна, лісові пожежі
18.	2022	тепла зима (середня температура лютого +1,4°C), посушлива весна і жарке літо. Вторгнення російського агресора, що призводило до бойових дій і виникнення осередків лісових пожеж
19.	2024	тепла зима (середня температура лютого +2,4°C), посушлива весна і жарке бездощове літо. Природні лісові пожежі. Тління торф'яників.

Серед несприятливих років відзначені й роки із теплою зимою та ранньою весною (1971, 2024, 2018, 2022, 2024). Тривалі зимові відлиги можуть призводити до активізації апікальних та бічних меристем, які ушкоджуються наступними морозами, що призводить до зниження річного приросту. Спектральний аналіз (рис. 2) дозволив виявити цикли різної протяжності у наведеній майстер хронології Перганського ПНДВ. Більшість виявлених циклів добре узгоджуються зі циклами представленими в сонячній активності та циркуляції атмосферних процесів, а саме: 3-4-річний та 7-річний цикл відзначаються у показниках

геомагнітної активності, у коливаннях повторюваності форм атмосферної циркуляції [3, 6]; 12-річний цикл у геофізичних та біологічних об'єктах зазвичай пов'язують із відповідними циклами сонячної активності, і безпосередньо, головним чином, опосередковано через радіаційно-детерміновану циклічну динаміку погодно-кліматичних умов виявляються в динаміці живих організмів та біологічних систем.

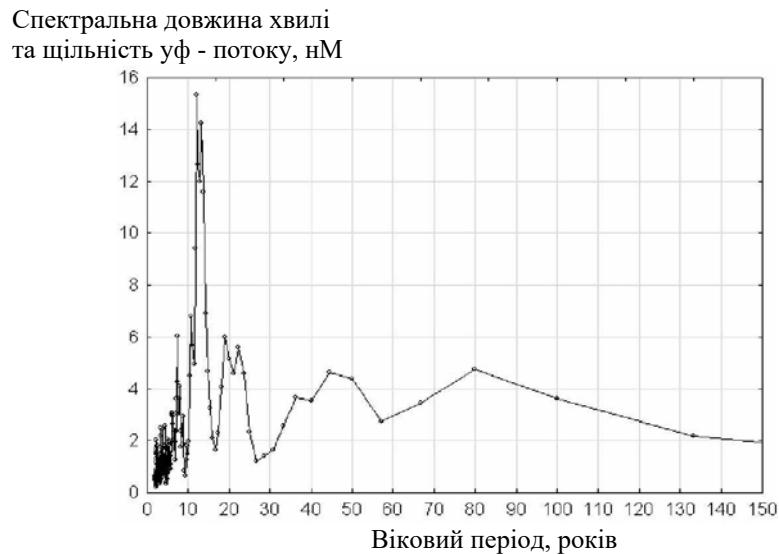


Рис. 2. Спектрометрична періодограма деревинно-кільцевої майстер хронології стійкості деревостанів сосни звичайної до збудників кореневої, соснової губки та несприятливих погодно-кліматичних умов деревостанів Перганського ПНДВ Поліського природного заповідника.

Цими причинами обумовлений і 22 річний цикл [4, 8]. 80-річний цикл вперше виявлено у радіальному прирості дерев на території Поліського природного заповідника, оскільки дотеперішнього часу тривалих хронологій, у яких цикл міг би повторитися щонайменше 3 рази, не існувало. Ми встановили, що дендрохронологічна індикація дає змогу чітко визначити цикли схожої тривалості, що також виявляються під час сонячної активності. Прояв циклів різної тривалості в тривалій майстер хронології на прикладі Перганського ПНДВ Поліського природного заповідника, побудованої з використанням різноманітного дендрохронологічного матеріалу підтверджує можливість використання такого роду хронологій для реконструкції та прогнозу кліматичних змін, резистентності деревостанів сосни звичайної до патологічного впливу кореневої, соснової губки, активності вершинного, шести зубчатого короїдів та вікових коливань клімату не лише в умовах Поліського природного заповідника, а й в розрізі всієї зони Центрального Полісся України.

Обговорення. Реконструкція та прогноз кліматичних змін у зонах з помірним кліматом із використанням дендрохронологічних керованих матеріалів завжди пов'язане з певними труднощами оцінки репрезентативності отриманих даних. Висока антропогенна навантаження на лісові екосистеми протягом останніх століть призвела до того, що для побудови тривалих деревинно-кільцевих хронологій в умовах зміни клімату, а також патогенезу кореневої, соснової губки, як це відбулось в лісорослинних умовах Перганського ПНДВ Поліського природного заповідника, необхідно використовувати керований матеріал з стаціонарних, постійно закладених пробних площ, а також раніше відібрані архівні дендрохронології. В той же час, відсутність будь-якого одного фактора, що лімітує процес приросту сосни звичайної призводить до невисокої синхронності в ранньому та пізньому прирості, і суттєво ускладнює цифрове датування окремих хронологічних серій тривалістю від 80 до 150 років. Проте результати проведеної нами роботи показали, що розробка тривалих еталонних деревинно-кільцевих хронологій в зоні Центрального Полісся України, на прикладі деревинно-кільцевих хронологій Перганського ПНДВ можлива, причому в окремих випадках можна достовірно датувати серії тривалістю від 50 до 170 років. Це в подальшому

узгодить заходи щодо прогнозу поширення шкідників та хвороб з 3, 4, 7, 12, 22, 80-ти річними циклами.

Висновки.

1. Дослідженнями встановлено, що побудована за матеріалами дендрохроноіндикаційного моніторингу деревостанів сосни звичайної в умовах Перганського ПНДВ Поліського природного заповідника майстер хронологія довжиною в 94 роки (з 1930 по 2024 роки) показує високу синхронність із хронологіями сусідніх районів проведення досліджень, і вона може бути використана для подальшого модельного датування деревинно-кільцевих хронологій деревостанів зони Центрального Полісся України.

2. Встановлено, що різке зниження радіального приросту дерев сосни (за результатами аналізу погодно-кліматичних та пірологічних чинників несприятливих років), пов'язано з суворими зимами, холодною весною, тривалими посухами, лісовими пожежами у період із травня по липень., а з 2022 року і вторгненням агресора на територію України.

3. Досліджено, що в радіальному прирості виявлено цикли різної тривалості (3-4, 7, 12, 22, 80 років), що дозволить надалі використовувати розроблену майстер хронологію в дендрокліматичних реконструкціях як погодних умов, так і проведенні лісопатологічного прогнозу.

4. Доведено, що вирішити завдання детальної хронологічної реконструкції та прогнозу кліматичних змін, а також патологій сосни звичайної як в умовах природно-заповідного фонду Поліського природного заповідника, так і в умовах зони Центрального Полісся України в цілому, можливо лише на основі моніторингу дендрохронологічних матеріалів із залученням зразків з різних лісорослинних умов.

5. Визначено, що кожна з таких хронологій міститиме різні складові кліматичного та лісопатологічного сигналу, зіставивши які можна буде виконати достовірні реконструкції клімату і провести детальне моделювання та прогнозування поширення хвороб та шкідників.

Інформація про авторів.

1. Левченко Валерій Борисович, кандидат с.-г. наук, доцент, Малинський фаховий коледж, waleriy07@ukr.net; 096-827-94-43.

2. Іванюк Ігор Дмитрович, доктор с.-г. наук, професор, директор, Малинський фаховий коледж, mltk-1927@ukr.net; 093-034-04-15.

3. Фучило Ярослав Дмитрович, доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри лісівництва та захисту лісу, Малинський фаховий коледж, fuchylo_yar@ukr.net; 067-605-91-41.

4. Макарчук Ярослав Іванович, кандидат с.-г. наук, викладач кафедри лісівництва та захисту лісу, Малинський фаховий коледж, iaroslav74@icloud.com; 067-410-31-74.

Список використаних джерел:

1. Базилевич Н. І., Титлянова А. А. (2023). *Методи вивчення біологічного кругообігу в різних природних зонах*. Київ, Либідь, 185 с.

2. Бобкова К. С., Ситник В. В. (2022). *Вміст вуглецю і калорійність органічної речовини в лісових екосистемах зони Центрального Полісся України*. Екологія. № 1. С. 69–71.

3. Брянський С. В., Прокопчук В. Ф. (2023). *Формування лісових підстилок в суборових лісах Полісся України*. Збірник наукових праць УкрНДІЛГА України. № 2. С. 100–107.

4. Ведрова О. Ф. (2022). *Інтенсивність деструкції органічної речовини лісових ґрунтів в природних лісових екосистемах Центрального Полісся України*. Ґрунтознавство. № 8. С. 173–182.

5. Ведрова О. Ф. (2022). *Біогенні шляхи вуглецю в бореальних лісах природно-заповідного фонду України*. Біологічний журнал. № 1. С. 77–89.

6. Волокітіна А. В. (2023). Методичні аспекти характеристики лісових ділянок після пожеж. *Агроекологія*. № 3 (31). С. 84–98.
7. Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., Wisniewski J. (2020). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*. V. 263. P. 185–190.
8. Евдокіменко М. Д. (2021). Запаси вуглецю в органічній речовині постпірогенних сосняків Полісся України. *Збірник наукових праць УкрНДІЛГА України*. Вип. №5. С. 3–13.
9. Жила С. В., Іванова Г. А., Кукавська Е. А. (2020). Трансформація біомаси надґрунтового покриву під впливом пожеж в соснових лісах Полісся України. *Вісник ДБУ*. № 3. С. 33–38.
10. Конард С. Г. (2020). Оцінка та моніторинг впливу пожеж на емісію вуглецю та компоненти лісових екосистем природно-заповідного фонду України. *Нак. прац. УкрНДІЛГА України*. 687 с.
11. Куделя Г. А., Заварзін С. А., Благодатський В. Н. (2021). Шляхи вуглецю в надземних екосистемах України. *Київ. Наука*, 315 с.
12. Levchenko V. B., Shulga I. V., Zalevsky R. A., Bezverkha L. M. (2021). Influence of climatic conditions on the state of fire hazard in forest edatopas of Zhytomyr Oblast Department of Forestry and Hunting and forecast of changes in climatic conditions for the period up to 2050. *Innovative solutions in modern science*. № 8 (27). Dubai-2018. p. 27 – 53.
13. Levchenko V. B., Shulga I. V., Ivanyk I. D., Romanyuk A. A., Rusetskaya N. M. (2022). Innovative forest and biologikalmetods of entomological monitoring of trumpet pest in the conditions of the Pergan nature cnservation research department of Poliska nature reserve. S. 76-94. <https://doi.org/10.26886/2520-7474>. [in English].
14. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Karpovych M. S., Romanyuk A. A., Belska O. V. Forest pathological monitoring of pine stands in the conditions of the Pergans scientific and research nature protection department Polissky nature reserve. *Innovative Solutions In Modern Science* № 3(55), 2022. DOI 10.26886/2414-634X.3(55)2022.2. P. 18-62. [in Ukrainian].
15. Lai R. (2021). Forest soils and carbon sequestration. *Biological*. V. 220. P. 242–258.
16. Пачаури Р. К., Райзінгер А. (2021). Вивчення клімату. Узагальнююча доповідь. Внесок робочої групи I, II, III в Четверту доповідь про оцінку Міжурядової групи експертів по вивченню клімату. *Київ. Нукова думка*, 104 с.
17. Родін Л. Е., Ремезов М. П., Базілевич М. І. (2022). Методичні вказівки щодо проведення досліджень динаміки та біологічного кругообігу азоту у фітоценозах. *Київ. Наука*, 143 с.
18. Santin C., Doerr S. H., Preston C. M., Gonzalez-Rodriguez G. (2022). Pyrogenic organic matter production from wildfires: A missing sink in the global carbon cycle. *Glob. Ch. Biol*. V. 21. P. 161–173.
19. Schonhar S. (2021). Bekämpfung der Rotfaule bei Fichte. *Dortmund, AFZ/Wald*, 100. [in English].
20. Wang W., Zhang X., Tao N., Ao D., Zeng W., Qian Y., Zeng H. (2020). Effects of litter types, microsite and root diameters on litter decomposition in *Pinus sylvestris* plantations of northern China. *Plant Soil*. V. 374. P. 677–688. [in English].
21. Zibitsev S. (2010). Ukraine forest fire report. *International Forest Fire News (IFFN)*, 40, P. 61–75. [in English].

References:

1. Bazylevych N. I., Tytlianova A. A. (2023). *Metody vyvchennia biolohichnoho kruhoobihu v riznykh pryrodnykh zonakh*. Kyiv, Lybid, 185 s. [in Ukrainian].
2. Bobkova K. S., Sytnyk V. V. (2022). Vmist vuhletsu i kaloriinost orhanichnoi rehovyny v lisovykh ekosystemakh zony Tsentralnoho Polissia Ukrainy. *Ekolohiya*. № 1. S. 69–71. [in Ukrainian].
3. Brianskyi S. V., Prokopchuk V. F. (2023). *Formuvannia lisovykh pidstylok v suborovykh lisakh Polissia Ukrainy*. Zbirnyk naukovykh prats UkrNDILHA Ukrainy. № 2. S. 100–107. [in Ukrainian].

4. Vedrova O. F. (2022). *Intensyvni destruktivni orhanichnoi rechovyiny lisovykh hruntiv v pryrodnykh lisovykh ekosystemakh Tsentralnoho Polissia Ukrainy*. *Hruntознавство*. № 8. S. 173–182. [in Ukrainian].
5. Vedrova O. F. (2022). *Biogennii shliakhy vuhletsu v borealnykh lisakh pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy*. *Biologichnyi zhurnal*. № 1. S. 77–89. [in Ukrainian].
6. Volokitina A. V. (2023). *Metodychni aspekty kharakterystyky lisovykh dilianok pislia pozhezh*. *Ahroekologiya*. № 3 (31). S. 84–98. [in Ukrainian].
7. Dixon R. K., Brown S., Houghton R. A., Solomon A. M., Trexler M. C., Wisniewski J. (2020). *Carbon pools and flux of global forest ecosystems*. *Science*. V. 263. P. 185–190. [in English].
8. Evdokimenko M. D. (2021). *Zapasy vuhletsu v orhanichnii rechovyini postpirohennykh sosniakiv Polissia Ukrainy*. *Zbirnyk naukovykh prats UkrNDILHA Ukrainy*. Vyp. №5. S. 3–13. [in Ukrainian].
9. Zhyla S. V., Ivanova H. A., Kukavska E. A. (2020). *Transformatsiia biomasy nadgruntovoho pokryvu pid vplyvom pozhezh v sosnovykh lisakh Polissia Ukrainy*. *Visnyk DBU*. № 3. S. 33–38. [in Ukrainian].
10. Konard S. H. (2020). *Otsinka ta monitorynh vplyvu pozhezh na emisiyu vuhletsu ta komponenty lisovykh ekosystem pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy*. *Nak. prats. UkrNDILHA Ukrainy*. 687 s. [in Ukrainian].
11. Kudelia H. A., Zavarzin S. A., Blahodatskyi V. N. (2021). *Shliakhy vuhletsu v nadzemnykh ekosystemakh Ukrainy*. Kyiv. Nauka, 315 s. [in Ukrainian].
12. Levchenko V. B., Shulga I. V., Zalevsky R. A., Bezverkha L. M. (2021). *Influence of climatic conditions on the state of fire hazard in forest edatopas of Zhytomyr Oblast Department of Forestry and Hunting and forecast of changes in climatic conditions for the period up to 2050*. *Innovative solutions in modern science*. № 8 (27). Dubai-2018. r. 27 – 53. [in English].
13. Levchenko V. B., Shulga I. V., Ivanyk I. D., Romanyuk A. A., Rusetskaya N. M. (2022). *Innovative forest and biologikalmethods of entomological monitoring of trumpet pest in the conditions of the Pergan nature cnservation research department of Poliska nature reserve*. S. 76–94. <https://doi.org/10.26886/2520-7474>. [in English].
14. Levchenko V. B., Shulga I. V., Fuchilo Y. D., Karpovych M. S., Romanyuk A. A., Belska O. V. *Forest pathological monitoring of pine stands in the conditions of the Pergans scientific and research nature protection department Polissky nature reserve*. *Innovative Solutions In Modern Science* № 3(55), 2022. DOI 10.26886/2414-634X.3(55)2022.2. P. 18–62. [in Ukrainian].
15. Lai R. (2021). *Forest soils and carbon sequestration*. *Biological*. V. 220. P. 242–258. [in English].
16. Pachauri R. K., Raizinher A. (2021). *Vyvchennia klimatu. Uzahaliuniuiucha dopovid. Vnesok robochoi hrupy I, II, III v Chetvertu dopovid pro otsinku Mizhuriadovoi hrupy ekspertiv po vyvchenni klimatu*. Kyiv. Nukova dumka, 104 s. [in Ukrainian].
17. Rodin L. E., Remezov M. P., Bazilevych M. I. (2022). *Metodychni vkazivky shchodo provedennia doslidzhen dynamiky ta biologichnoho kruhoobihu azotu u fitotsenozakh*. Kyiv. Nauka, 143 s. [in Ukrainian].
18. Santin C., Doerr S. H., Preston C. M., Gonzalez-Rodriguez G. (2022). *Pyrogenic organic matter production from wildfires: A missing sink in the global carbon cycle*. *Glob. Ch. Biol*. V. 21. P. 161–173. [in English].
19. Schonhar S. (2021). *Bekämpfung der Rotfäule bei Fichte*. Dortmund, AFZ/Wald, 100. [in English].
20. Wang W., Zhang X., Tao N., Ao D., Zeng W., Qian Y., Zeng H. (2020). *Effects of litter types, microsite and root diameters on litter decomposition in Pinus sylvestris plantations of northern China*. *Plant Soil*. V. 374. P. 677–688. [in English].
21. Zibtsev S. (2010). *Ukraine forest fire report*. *International Forest Fire News (IFFN)*, 40, P. 61–75. [in English].