



В. А. Романенко<sup>1</sup>, С. Б. Ковалевський<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Український центр підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів лісового господарства, м. Боярка, Україна

<sup>2</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

## ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА РАДІАЛЬНИЙ ПРИРІСТ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) В НАСАДЖЕННЯХ ВП НУБІП УКРАЇНИ "БОЯРСЬКА ЛДС"

Досліджено прогнози стосовно можливої зміни ареалу зростання сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), що пов'язано зі значним звуженням зони оптимального росту. Встановлено, що вказані зміни в обмеженні зростання сосни звичайної ґрунтуються на отриманих даних щодо кліматичних змін, які відбуваються. Поступове підвищення рівня температури, що буде супроводжуватись істотним зменшенням кількості опадів в майбутньому, може призвести до некерованих змін в екосистемах. Трендові зміни основних кліматичних показників, отриманих у межах сучасних та очікуваних значень, менше впливають на ценози порівняно з такими чинниками, як мінливість клімату, суворість та частота екстремальних ситуацій. До основних лімітуючих чинників, що регулюють інтенсивність радіального приросту сосни звичайної, належать опади, вологість ґрунту та його капілярність, а також гідрологічний режим. Одну з основних ролей виконує температурний режим на початку вегетації деревостанів, проте не варто ігнорувати впливом літніх екстремумів температурного режиму, що також може призводити до зміни фенологічних фаз деревно-чагарникової рослинності внаслідок трансформації гідрологічного режиму. Трансформація кліматологічної ситуації може зумовити істотну зміну лісових покривів, зокрема призвести до змінення меж ареалів зростання сосни звичайної. Вивчення механізму ідентифікації зміни типу насаджень, а також чинники стійкості сосни звичайної у перспективі та проведення ретроспективного аналізу задля встановлення ступеня та механізму впливу клімату в контексті прогресуючого поширення депресій та дигресії насаджень дасть змогу успішно протистояти негативному явищу зменшення площ зростання насаджень сосни звичайної на території України. Проаналізовано динаміку радіального приросту дерев сосни звичайної у насадженнях ВП НУБІП України "Боярська ЛДС". Визначено середні показники приросту за десятиріччями, та проаналізовано вплив середніх річних температур, а також середніх річних опадів на інтенсивність радіального приросту відібраних зразків. Встановлено періоди динамічного росту та спаду інтенсивності радіального приросту в окремих деревах.

**Ключові слова:** дендрохронологія; сосна звичайна; радіальний приріст; землі лісового фонду; кліматичні зміни; річна температура; опади.

### Вступ / Introduction

Унаслідок антропогенної діяльності людини вплив парникового ефекту постійно підвищується. Така тенденція спостерігається внаслідок спалювання викопних видів палива, а також зниження поглинання продуктів горіння внаслідок зменшення площі лісів. Зі зменшенням лісистості також виникає проблема у зменшенні біологічного різноманіття, які трапляються в лісистих районах, що впливає на виконання екологічних функцій, в яких вони задіяні.

Сосна звичайна є одним з основних лісотвірних видів в Україні. Основний ареал поширення на території України має на Поліссі та північній частині Лісостепу. Проте явище деградації соснових насаджень набуває великого масштабу на усіх континентах з початку ХХІ ст. Особливо відчутне це явище у лісових біоценозах помірного клімату Північної півкулі. Втрата одного з найголовніших лісотвірних видів для України є непри-

пустимою. Механізми вивчення явища деградації соснових насаджень повинні включати в себе вивчення його перебігу, а також причини та чинники появи у лісових ценозах. Основною з причин виникнення цього явища є вплив антропогенного навантаження, хвороби та шкідники деревних рослин у поєднанні з комплексом еколого-кліматичних чинників [14].

Коливання клімату, які спостерігаються упродовж зіставних періодів часу, які прямо або опосередковано обумовлені діяльністю людей на планеті та зміна кліматичних умов глобальної атмосфери і визначається як зміна клімату. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України середня річна температура з початку ХХ ст. підвищилась на 2 °С, зокрема на 1,2 °С тільки за останні 30 років [13]. Також за даними проведення досліджень Світового банку, встановлено, що кількість опадів щороку буде збільшуватись, проте розподіл отримання опадів ценозами впродовж року бу-

### Інформація про авторів:

**Романенко Віталій Анатолійович**, в.о. завідувача кафедри нової техніки передової технології, комплексного ведення лісового господарства та охорони праці. Email: [romanenko\\_va@ukr.net](mailto:romanenko_va@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0002-0448-3033>

**Ковалевський Сергій Борисович**, д-р с.-г. наук, професор, кафедра ботаніки, дендрології та лісової селекції.

Email: [s.kovalevsky@ukr.net](mailto:s.kovalevsky@ukr.net); <https://orcid.org/0000-0002-0506-6055>

**Цитування за ДСТУ:** Романенко В. А., Ковалевський С. Б. Вплив кліматичних змін на радіальний приріст сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в насадженнях ВП НУБІП України "Боярська ЛДС". Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 5. С. 40–45.

**Citation APA:** Romanenko, V. A., & Kovalevskyi, S. B. (2023). Influence of climate change on the radial growth of Scots pine in Forest Stands of the Boyarka Forest Research Station. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(5), 40–45. <https://doi.org/10.36930/40330505>

де нерівномірним, а основне збільшення кількості отримуваної вологи прогнозується на зимовий період. Водночас під час вегетаційного періоду прогнозують істотне посилення посухи, що матиме негативні наслідки не тільки для розвитку та функціонування лісових біоценозів, але й на значне посилення пірогенної небезпеки та збільшення площ лісових пожеж [12].

Незважаючи на широкий екологічний діапазон поширення сосни звичайної, що однозначно демонструє її здатність адаптуватись до різних середовищ [13], проблематика адаптації лісів, а також їх використання як дієвого засобу пом'якшення глобальних кліматичних змін, зосереджує увагу наукової спільноти на ключовій ролі лісів як одного з найбільш доступних інструментів для досягнення стабілізації клімату та збереження екологічної рівноваги на планеті [15].

Дерева реагують на будь-які коливання зовнішнього середовища, що проявляється в зміні ширини річних кілець – добре виражених і легкодоступних анатомічних ознак. Дерева, які були під впливом різних чинників, мають однаковий порядок чергування широких і вузьких річних кілець, причому вузькі кільця вказують на роки посухи та інші обмежувальні чинники росту, широкі – на сприятливі роки [3].

**Об'єкт дослідження** – соснові насадження відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Боярська лісова дослідна станція".

**Предмет дослідження** – визначення впливу змін клімату на насадження сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) використовуючи загальноприйнятні методи в лісівництві та лісовій таксації, методи порівняльної екології, а також дендрохронологічні та дендрокліматологічні методи.

**Мета роботи** – визначити вплив змін клімату на радіальний приріст сосни звичайної, ідентифікувати зміни типів насаджень та стійкості сосни звичайної для встановлення ступеня та механізму впливу змін клімату в контексті прогресуючого поширення депресій та дигресій насаджень.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

1. Використовуючи отримані зразки під час закладання пробних площ проводити датування річних кілець.
2. Використати методи порівняльної екології для встановлення ступеня зміни кількості опадів і зміни температурного режиму за роками.
3. Зіставити визначений радіальний приріст з кліматичними показниками відповідних періодів для встановлення ступеня впливу кліматичних чинників на ширину річного приросту.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** За результатами дослідження А. І. Гетьманчука, О. В. Кичилока та ін. для встановлення причин гострих усихань сосняків Волинського Полісся визначено дефіцит вологи у другій половині вегетації. Цей період супроводжувався в'яненням та передчасним завершенням вегетування трав'яної рослинності, також спостерігалось дочасне скидання хвої старшого віку [2]. Враховуючи показники, отримані під час дослідження В. А. Романенка, С. Б. Ковалевського, спостережено підвищення температури в середині вегетаційного періоду, а також істотне зменшення кількості опадів, лише 32 % відносно до норми у червні 2021 року [14]. Унаслідок такого погіршення гідрологічного режиму, як одне із явищ також

можуть активізуватися стовбурові шкідники. У лісостеповій зоні особливо швидко підвищувались температура впродовж холодного періоду [9]. Це явище призвело до зменшення радіального приросту сосни внаслідок порушення зимового спокою у дерев, водночас мінімальні значення радіального приросту характеризуються періодами зі значним зменшенням опадів і підвищенням температур на початку вегетаційного періоду, а також у другій його половині. Під час визначення реакції радіального приросту сосни звичайної на зміни клімату в насадженнях лівобережного степу [6] встановлено, що мінімальні радіальні прирости виявлено в роках, що характеризувались високими середньорічними температурами та низькими зимовими. Максимальний приріст спостережено за оптимального співвідношення кількості опадів і температур. Проте, треба зазначити, що підвищення температури за малої кількості отриманої вологи призвело до негативного впливу цих чинників на радіальний приріст. Унаслідок посух у період вегетації, які супроводжуються високими ранньовесняними температурами, призводять до ослаблення деревостанів. Найбільше обмеження радіального приросту спричиняють високі температури в період вегетації, ранньовесняні періоди та взимку, а також збільшення кількості опадів упродовж холодного періоду, що не сприяє вологовмісту ґрунтів [7].

Враховуючи невеликий обсяг щодо досліджень впливу кліматичних чинників на динаміку радіального приросту сосни звичайної, визначено потребу встановлення реакції насаджень Боярської лісової дослідної станції на зміни кліматичних показників.

**Матеріали та методи дослідження.** Вивчити питання зміни середньорічної температури та середньорічної кількості опадів на території лісового фонду Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України "Боярська лісова дослідна станція" (далі – Боярська ЛДС), а також реакцію радіального приросту сосни звичайної на зміни кліматичних чинників.

Район досліджень розташований у межах лісових масивів Боярської ЛДС 50°10' – 50°25' північної широти і 30°05' – 30°30' східної довготи. Лісові масиви розміщено широкою смугою, та обмежені правим берегом р. Ірпінь, простягаються із заходу на схід на 50 км., та з півночі на південь – на 35 км [1]. Ґрунти переважно дерново-слабопідзолисті. Лісові масиви північної, західної та східної частин підприємства відповідно до лісорослинного районування України належить до південної зони Українського Полісся, Києво-Чернігівського поліського лісогосподарського округу. Своєю чергою масиви південної частини – до Лісостепової лісорослинної зони Дністровсько-Дніпровського лісостепового лісогосподарського округу. Іноді трапляються ділянки, які є типовими задровними рівнинами Полісся.

Клімат відносно м'який, середньорічна температура на рівні +7,2 °С супроводжується значною кількістю опадів – в середньому 578 мм за рік. Максимальна температура припадає на липень-серпень, та становить +37 °С, мінімальні – –33 °С на січень. Варто зазначити, що такі низькі температури спостерігаються вкрай рідко. Тривалість вегетаційного періоду становить 202 дні (9 квітня – 25 жовтня).

Для вивчення радіального приросту здійснювали відбір зразків із візуально непошкоджених дерев. Для

дослідження було відібрано 20 дерев та присвоєно кожному з них окремий індивідуальний код: перші два символи коду позначають латинську назву виду (*Pinus sylvestris* L. – Ps), наступні два символи – лісництво (Боярське лісництво – BL, Плесецьке лісництво – PL), останні два символи – номер зразка. При цьому під час відбору проводилось вимірювання висоти дерева, вимір діаметра стовбура на висоті 1,3 м, зазначали географічні координати розташування, а також висоту н.р.м. Під час відбору кернів віковим буравом Преслера проводили забір зразків двох супротивних радіусів для унеможливлення впливу на радіальний приріст випадкових чинників. Отримані зразки після висушування проскановано за допомогою планшетного сканера Epson Perfection V330 Photo за роздільної здатності 3200 dpi. Після

отримання якісного зображення вимірювання ширини кільця проводилось в програмі "AxioVision" фірми Carl Zeiss з точністю до 0,01 мм.

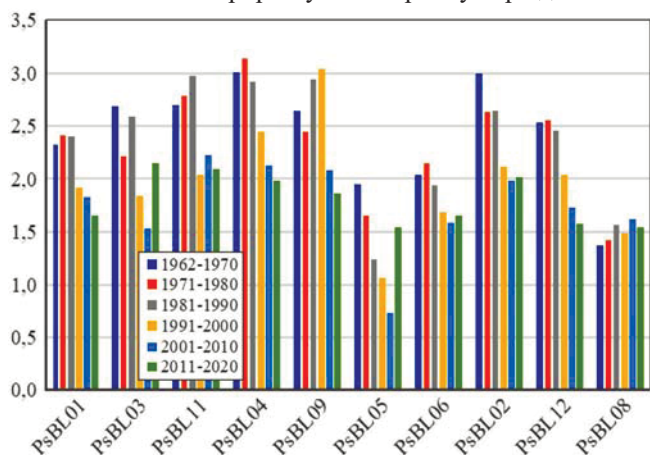
## Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

За результатами виконаних детальних дендрохронологічних досліджень, визначено, що в перший період онтогенезу дерева, відібрані в Боярському лісництві, переважно мали тенденцію до збільшення радіального приросту по кожному періоду. Після періоду 1991-2000 рр. спостерігалось зменшення радіального приросту, проте в останньому періоді (2011-2020 рр.), в деяких випадках спостерігалось збільшення радіального приросту окремих дерев (табл. 1).

**Табл. 1.** Середній радіальний приріст дерев сосни звичайної Боярської ЛДС / Average radial growth of Scots pine trees of the Boyarka Forest Research Station

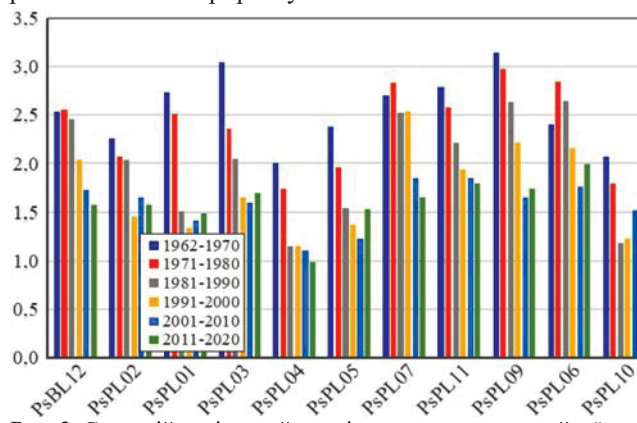
| Номер дерева     | Роки      |           |           |           |           |           | Середнє значення |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------|
|                  | 1962-1970 | 1971-1980 | 1981-1990 | 1991-2000 | 2001-2010 | 2011-2020 |                  |
| PsBL01           | 2,33      | 2,41      | 2,40      | 1,92      | 1,83      | 1,65      | 2,09             |
| PsBL03           | 2,69      | 2,22      | 2,59      | 1,84      | 1,53      | 2,15      | 2,17             |
| PsBL11           | 2,70      | 2,79      | 2,98      | 2,04      | 2,23      | 2,09      | 2,47             |
| PsBL04           | 3,01      | 3,14      | 2,92      | 2,45      | 2,13      | 1,98      | 2,61             |
| PsBL09           | 2,65      | 2,45      | 2,95      | 3,05      | 2,08      | 1,86      | 2,51             |
| PsBL05           | 1,95      | 1,65      | 1,24      | 1,06      | 0,73      | 1,54      | 1,36             |
| PsBL06           | 2,04      | 2,15      | 1,94      | 1,68      | 1,58      | 1,65      | 1,84             |
| PsBL02           | 3,00      | 2,64      | 2,65      | 2,12      | 1,98      | 2,02      | 2,40             |
| PsBL08           | 1,37      | 1,42      | 1,56      | 1,48      | 1,62      | 1,54      | 1,50             |
| PsPL02           | 2,26      | 2,07      | 2,04      | 1,45      | 1,65      | 1,57      | 1,84             |
| PsPL01           | 2,74      | 2,51      | 1,51      | 1,34      | 1,42      | 1,48      | 1,83             |
| PsPL03           | 3,05      | 2,36      | 2,05      | 1,65      | 1,59      | 1,69      | 2,07             |
| PsPL04           | 2,01      | 1,74      | 1,15      | 1,15      | 1,11      | 0,99      | 1,36             |
| PsPL05           | 2,38      | 1,96      | 1,54      | 1,37      | 1,23      | 1,53      | 1,67             |
| PsPL07           | 2,70      | 2,84      | 2,52      | 2,54      | 1,85      | 1,65      | 2,35             |
| PsPL11           | 2,79      | 2,58      | 2,22      | 1,94      | 1,85      | 1,79      | 2,20             |
| PsPL09           | 3,15      | 2,98      | 2,64      | 2,22      | 1,65      | 1,74      | 2,40             |
| PsPL06           | 2,40      | 2,85      | 2,65      | 2,16      | 1,76      | 1,99      | 2,30             |
| PsPL10           | 2,07      | 1,79      | 1,19      | 1,23      | 1,52      | 1,49      | 1,55             |
| Середнє значення | 2,49      | 2,34      | 2,14      | 1,83      | 1,65      | 1,71      | 2,03             |

Отже, спостерігаємо, що середнє значення радіального приросту дерев сосни звичайної Боярського лісництва Боярської ЛДС перебуває в межах 1,54-2,15 мм за визначені періоди (рис. 1). Більшість з відібраних зразків характеризуються поступовим збільшенням рівня радіального приросту в перші три періоди, відзначається також зменшення приросту в четвертому періоді.



**Рис. 1.** Середній радіальний приріст дерев сосни звичайної Боярського лісництва / Average radial growth of Scots pine trees of the Boyarka Forestry

У деяких зразках відзначено збільшення радіального приросту за останній період (рис. 2). Проте, варто відзначити, що в зразках PsBL03, PsBL05, PsBL06 та PsBL02 спостерігається зменшення радіального приросту в періоді 2001-2010, а потім збільшення в періоді 2011-2020 рр. Однак для зразків PsBL01, PsBL04, PsBL09 характерне поступове зменшення величини річного приросту, починаючи з періоду 1991-2000 рр., виявлено різні показники приросту.



**Рис. 2.** Середній радіальний приріст дерев сосни звичайної Плесецького лісництва / Average radial growth of Scots pine trees of the Plesetsk Forestry

У більшості відібраних зразків спостерігається поступове зменшення радіального приросту починаючи з періоду 1981-1990 років. У зразків PsPL01, PsPL03, PsPL05, PsPL09, PsPL06 фіксували збільшення приросту в останньому періоді (2011-2020 рр.) після спаду інтенсивності радіального приросту. Під час росту дерев у насадженнях, на них впливає комплекс чинників, що регулює показники росту окремих дерев. Основними чинниками, що впливають на ростові процеси, є кліматичні, а також ґрунтово-гідрологічні умови [3].

Для визначення впливу середніх річних температур на інтенсивність радіального приросту проаналізовано середні річні температури за десятиріччями починаючи з 1961 р., за даними ЦГО [7] (рис. 3).

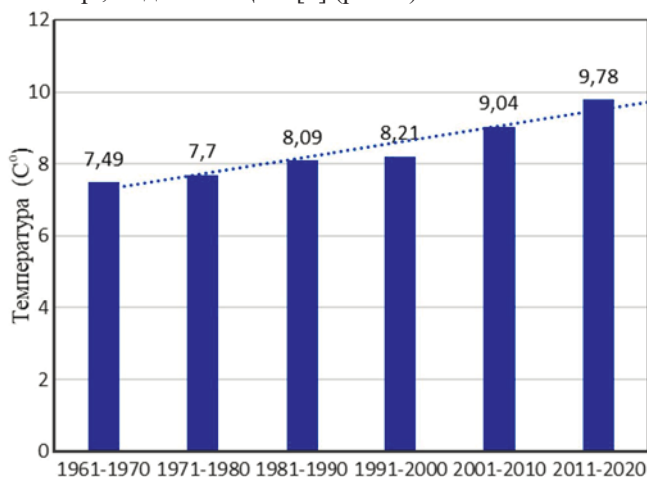


Рис. 3. Середня річна температура повітря за десятиріччями у м. Києві / Average annual temperature by decade in Kyiv (°C)

Відповідно до виконаного аналізу, спостерігаємо, що з 1961 р. відбувається підвищення середньої річної температури за десятиріччями. Використовуючи дані архівних матеріалів, прослідковується лінійний тренд, що зображений на графіку. Отримана інформація дасть змогу впевнитись, що тенденція до підвищення температури навколишнього середовища в майбутньому буде тільки зростати. Зміна середньої річної температури також матиме вплив на інтенсивність зміни радіального приросту дерев сосни звичайної [14].

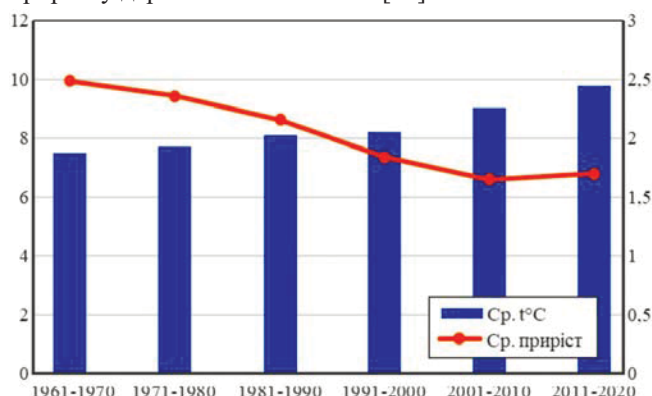


Рис. 4. Порівняння середніх річної температури та радіального приросту за десятиріччями / Comparison of average annual temperature and average radial increase over decades

Для порівняння залежності середніх річної температури та значення радіального приросту за визначеними періодами побудовано графік (рис. 4), на якому показано як, одночасно з підвищенням середньої річної температури, відповідно до графіка, можна спостерігати за зменшенням інтенсивності радіального приросту. Тен-

денцію до зменшення радіального приросту спостережено впродовж періодів 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000 та 2001-2010 років. Проте, незважаючи на підвищення температури, спостерігається тенденція до збільшення приросту в останньому періоді (2011-2020 рр.). Цікаво прослідкувати зміну в інтенсивності радіального приросту в період 1991-2020 рр. для варіативності чинників, які обмежують можливості росту.

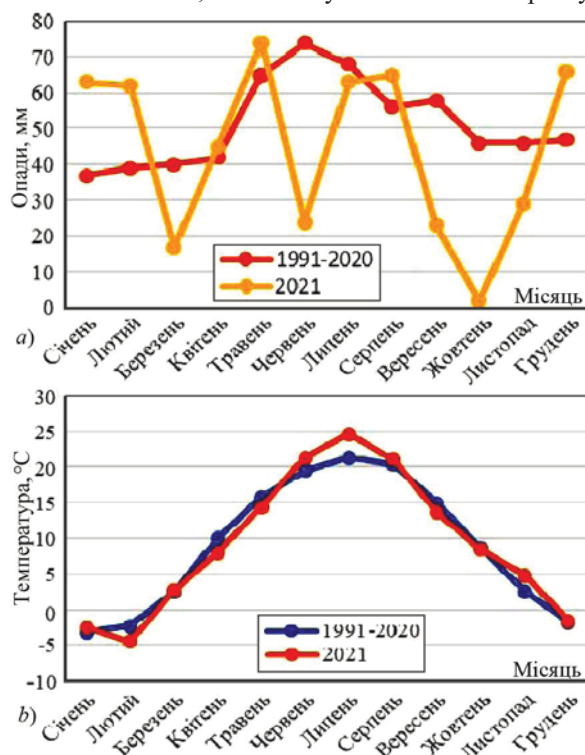


Рис. 5. Порівняння кількості опадів і середніх температур за місяцями періоду норми (1991-2020) та 2021 р. / Changes in precipitation and average temperatures by normal period months (1991-2020) and the year of 2021

Для порівняння кількості надходження опадів, оцінено умови зволоження за сумою опадів 2021 р., використовуючи метод відхилення від норми. Нормою доцільно вважати період 1991-2020 років. У межах твердження, що в Україні основним лімітуючим чинником є гідрологічні умови існування ценозів, будемо вважати, що цьому чиннику потрібно приділяти особливу увагу. Розуміння динаміки зміни кількості опадів потрібно для прогнозування їх впливу на інтенсивність радіального приросту дерев сосни звичайної. Використовуючи графік (рис. 5), можемо спостерігати, що істотну різницю опадів порівняно з нормою зафіксовано в березні, липні, серпні, вересні та жовтні. Ранньою весною, на початку вегетаційного періоду низька кількість опадів, отримана в березні, була нівельована їх зростанням у квітні та травні, та супроводжувалась незначним відхиленням середньої місячної температури від норми. Проте, варто зазначити, що одночасно з підвищенням температури в літній період, яка спостерігалась на вищому рівні ніж період контролю, також насадженнями було отримано значно менше вологи, особливо у червні, тільки 32 % до норми. Дещо схожа ситуація спостерігається в осінній період, наприкінці вегетаційного періоду. В осінній період спостерігається значне зменшення кількості опадів відносно періоду норми. Проте кількість опадів у грудні значно перевищувала норму та становила 140 %.

Отримавши дані, можна вважати, що обмеження кількості отримуваної вологи разом із літніми екстремумами температур, не характерними для попередніх років, мали негативний вплив на радіальний приріст сосни звичайної у відібраних зразках PsBL01, PsBL11, PsBL04, PsBL09 та PsBL12 Боярського лісництва. Регрес радіального приросту в дерев Плесецького лісництва на показники гідрологічного режиму та підвищених температур мав вплив на зразки PsPL12, PsPL07, PsPL11.

**Обговорення результатів дослідження.** Беручи до уваги проведені раніше дослідження [5, 8] наукової спільноти щодо впливу температури та гідрологічного режиму, визначено, що за негативного тренду таких показників, як зменшення кількості опадів, істотно високі температури впродовж вегетаційного періоду та низькі температурні показники взимку та на початку весни мають безпосередній вплив на радіальний приріст деревостанів. Також обмеження радіального приросту сосни в Житомирському Поліссі такими чинниками як опади, відносна вологість за вегетаційний період, а також зимові та ранньовесняні температури. При цьому важливо зазначити, що в різні періоди спостерігалась різна динаміка залежності радіального приросту від опадів. Зі збільшенням кількості опадів відбувалось збільшення радіального приросту за відсутності обмеження у вигляді екстремальних температур за вегетаційний період. Також варто відзначити регрес радіального приросту зі зменшенням кількості опадів і наявності екстремумів температур за вегетаційний період [16].

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

*Наукова новизна отриманих результатів дослідження* – отримано дані радіального приросту дерев сосни звичайної відокремленого підрозділу НУБіП України "Боярська ЛДС" та визначено вплив кліматичних змін, а саме температурного режиму та кількості опадів на ступінь радіального приросту за визначені періоди.

*Практична значущість результатів дослідження* – отримані результати дадуть змогу ідентифікувати зміни типів насаджень і стійкості сосни звичайної для встановлення ступеня та механізму впливу клімату на радіальний приріст, а також регіональну чутливість до змін клімату.

## Висновки / Conclusions

Визначено вплив змін клімату на радіальний приріст сосни звичайної, ідентифіковано зміни типів насаджень та стійкості сосни звичайної, що дало змогу встановити ступінь та механізми впливу змін клімату в контексті прогресуючого поширення депресій та дигресій лісових насаджень. За результатами проведеного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Визначено, що основними чинниками, що впливають на обмеження радіального приросту дерев сосни звичайної в насадженнях ВП НУБіП України "Боярська ЛДС", можна вважати зміну кліматичних чинників, а саме наявності екстремумів мінімумів і максимумів температурного режиму. Особливо такий сигнал прослідковується за наявності зазначених негативних чинників під час вегетаційного періоду.

2. Встановлено, що одним з основних чинників, які регулюють процес росту, також можна вважати гідро-

логічний режим, який останнім часом характеризується нетиповими відносно норми показниками отримуваних опадів для насаджень. Спостережено екстремальні відхилення, наприклад, кількість отриманих опадів в жовтні 2021 р. становить лише 4,3 % від норми.

3. Відзначено зменшення кількості опадів під час вегетаційного періоду у червні – тільки 32 %, та у вересні – 40 % норми. Також виявлено, що активність радіального приросту спостерігалась в першій половині онтогенезу досліджених дерев сосни звичайної. Починаючи з четвертого (1991-2000) та п'ятого (2001-2010) періодів виявлено зменшення ростової активності, а в шостому (2011-2020) періоді спостерігалось збільшення радіального приросту у деяких відібраних зразків.

4. Проаналізувавши отримані дані під час дослідження, можна вважати, що реакція радіального приросту в насадженнях сосни звичайної ВП НУБіП України "Боярська лісова дослідна станція" залежить від зміни температурних режимів і рівня гідрологічного оптимуму.

## References

1. Fuchylo, Y., Irklienko, S., Sbytna, M., & Ivanchenko, V. (2009). Scots pine forest crops in the south of Kyiv Polissia: Features of creation and cultivation. Kyiv: Logos. [In Ukrainian].
2. Getmanchuk, A., Kychylyuk, O., Voytyuk, V., & Borodavka, V. (2017). The regional changes of climate as primary causes of strong withering of pine stands in Volyn Polissya. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(1), 120–124. <https://doi.org/10.15421/40270127>
3. Gout, R. (2011). Radial growth of Scots pine in cenopopulation of Western Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(4), 9–17. [In Ukrainian].
4. Holiaka, D. M., Kashparov, V. O., Levchuk, S. Y., Protsak, V. P., Lazarev, M. M., Pavliuchenko, V. V., Holiaka, M. A., & Yoshchenko, L. V. (2018). The dynamics of litterfall, throughfall and stemflow in radioactively contaminated pine stands. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(10), 77–80. <https://doi.org/10.15421/40271013>
5. Koval, I. M. (2011). Response of pine radial growth to change of climate and recreational load in forest-steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 21(2), 63–70.
6. Koval, I. M., & Voronin, V. O. (2019). Response of *Pinus sylvestris* L. radial growth to climate change in stands in Left-Bank Forest-Steppe. *Forestry and Forest Melioration*, 135, 140–148. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.140>
7. Koval, I. M., Bologov, O. V., Nusbaum, S. A., & Juzvinsky, G. A. (2018). Radial increment of Oak and Ash trees as indicator of forest ecosystems condition in Novograd-Volynsky physiographic region. *Forestry and Forest Melioration*, 126, 202–211. URL: <https://forestry-forestmelioration.org.ua/index.php/journal/article/view/197>
8. Koval, I. M., Bräuning, A., Melnik, E., & Voronin, V. O. (2017). Dendroclimatological research of Scots pine in stand of the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Man and Environment. Issue of Neoecology*, 28(3-4), 66–73. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2017-28-07>
9. Koval, I., & Sydorenko, S. (2019). The influence of surface fire on radial and height growth of *Pinus sylvestris* L. in forest-steppe in Ukraine. *Folia Forestalia Polonica*, 61(2), 123–134. <https://doi.org/10.2478/ffp-2019-0012>
10. Kovalevskii, S., Krol, A., Myroniuk, V., Kovalevskiy, S., Vysotska, N., Khromulyak, O., & Yurchenko, V. (2022). Growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands on soils with close bedding of crystalline parent rocks in Central Polissya, Ukraine. *Central European Forestry Journal*, 68(2), 72–77. <https://doi.org/10.2478/forj-2021-0026>
11. Kutsyi, A. (Ed.). (2022). Proceedings of the Central geophysical observatory named after Borys Sreznovsky (18<sup>th</sup> ed.). Kyiv: Businesspolygraph. [In Ukrainian].

12. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. How the climate is changing in Ukraine. (2020). URL: <https://mepr.gov.ua/news/35246.html>. [In Ukrainian].
13. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. Results of the research of The World Bank, Ukraine. (2021). Building climate resilience in agricultural and forestry. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38732.html>. [In Ukrainian].
14. Romanenko, V., & Kovalevskyi, S. (2022). Analysis of climate changes in the forest fund lands of Boyarka Forest Research Station. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 13(3), 69–75. [https://doi.org/10.31545/forest.13\(3\).2022.69-75](https://doi.org/10.31545/forest.13(3).2022.69-75)
15. Shvidenko, A., Lakyda, P., Schepaschenko, D., Vasylyshyn, R., & Marchuk, Y. (2014). Carbon, climate, and land-use in Ukraine: Forest sector. Korsun-Shevchenkyvskiy: NULES. [In Ukrainian].
16. Zhukovskiy, O. V., & Zborovska, O. V. (2015). Annual increment of pine plantations on the different mother rocks in Zhytomyr. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/123456789/741>

**V. A. Romanenko<sup>1</sup>, S. B. Kovalevskyi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Ukrainian Center for Training, Retraining and Advanced Training of Forestry Personnel, Boyarka, Ukraine

<sup>2</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

## INFLUENCE OF CLIMATE CHANGE ON THE RADIAL GROWTH OF SCOTS PINE IN FOREST STANDS OF THE BOYARKA FOREST RESEARCH STATION

The relevance of the study is due to forecasts regarding a possible change in the growing area of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), as well as a significant narrowing of the zone of optimal growth. These changes are established in the growth limitation of Scots pine to be based on the data obtained on ongoing climate changes. A gradual increase in temperature, which will be accompanied by a significant decrease in precipitation in the future, may lead to uncontrolled changes in ecological systems. Trend changes in the main climate indicators obtained within the framework of current and expected values influence cenoses to a lesser extent than such factors as climate variability, severity and frequency of extreme situations. The main limiting factors regulating the intensity of radial growth of Scots pine include precipitation, soil moisture and capillarity, as well as hydrological regime. The temperature regime at the beginning of the growing season of tree stands is supposed to be of crucial importance, but one should not exclude the influence of summer temperature extremes, which in turn can also lead to changes in the phenological phases of trees and shrubs due to transformation of the hydrological regime. Transformation of the climatological situation can lead to a significant change in forest cover, in particular, this can lead to a change in the boundaries of the growth areas of Scots pine. Studying the mechanism for identifying changes in the type of plantings, as well as the factors of stability of Scots pine in the future and conducting a retrospective analysis to establish the stage and mechanism of climate influence in the context of the progressive spread of depressions and digressions of plantings will enable successful counting the negative phenomenon of reducing the areas of plantation growth. The dynamics of the radial growth of Scots pine trees in the forest stands of the Boyarka Forest Research Station has been analyzed. Average growth rates over decades were determined, the influence of average annual temperatures, as well as average annual precipitation on the intensity of radial growth of selected samples was analyzed. The periods of dynamic growth and decline in the intensity of radial growth of individual trees have been established.

**Keywords:** dendrochronology; Scots pine; radial growth; forest fund lands; climate changes; annual temperature; precipitation.