

УДК 630.43:630.561.24

В. П. ВОРОН¹, І. М. КОВАЛЬ¹, О. М. ТКАЧ², С. Г. СИДОРЕНКО^{1*}
ПОСТПІРОГЕННА ДИНАМІКА РАДІАЛЬНОГО ПРИРОСТУ
В СЕРЕДНЬОВІКОВОМУ СОСНЯКУ РІВНЕНСЬКОГО ПОЛІССЯ

1. Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького
2. Рівненське обласне управління лісового і мисливського господарства

Проблема пожеж у лісах Полісся пов'язана з аномальною в окремі періоди кількістю спекотних і посушливих днів. При цьому невивченими залишаються особливості постпірогенного формування радіального приросту насаджень. Порівняння наслідків пожежі проведено на двох постійних пробних площах у непошкодженій і пошкодженій частинах 70-річного чистого сосняку. Виявлено, що в пошкоджених пожежею насадженнях відбуваються погіршення стану сосни та депресії радіального приросту дерев, які посилюються в аномально сухі періоди. На основі середнього квадратичного відхилення від багаторічного рівня температури та опадів (за період від 1945 до 2015 рр.) розраховано критерії, за якими визначається аномальність погодних умов. Відновлення радіального приросту дерев не відбулося протягом 4 років після пожежі. Виявлено особливості формування шарів ранньої, пізньої та річної деревини в пошкодженому пожежею сосняку. Проаналізовано динаміку радіального приросту за класами росту та категоріями стану. Побудовано регресійну модель залежності індексів радіального приросту сосни від висоти мінімального нагару на стовбурах.

Ключові слова: низові пожежі, сосняки, радіальний приріст, рання деревина, пізня деревина.

Вступ. Пожежі є одним із найбільш небезпечних екологічних факторів, що призводять до суттєвих екологічних та економічних втрат (Usenya et al. 2011, Voron 2011, Zibtsev & Borsuk 2012). У зв'язку з глобальним потеплінням та зростанням посушливості клімату прогнозується подальше збільшення частоти та площі пожеж (Rusalenko, 1986, Zibtsev & Borsuk 2012).

Ситуація з лісовими пожежами є напруженою й в Україні (Zibtsev & Borsuk 2012). За період 2003–2015 рр. в Україні сталося 44,6 тис. лісових пожеж, площа пошкодження лісів становила 69,9 тис. га, а загальна вартість заподіяних збитків – 455 млн. грн. (Natsional'ni dopovidi 2004–2015).

Проблема пожеж у лісах Полісся пов'язана з аномальним підвищенням температури повітря в окремі роки зі значною кількістю спекотних і посушливих днів. Тенденціям виникнення пожеж та негативним наслідкам їхнього впливу на стан сосняків присвячено низку публікацій (Voron et al. 2012, Voron et al. 2013; Voron et al. 2014, Voron et al. 2016).

Виявлено, що в роки з великою кількістю опадів під час низових пожеж у сосняках Полісся пошкоджуються як стовбури дерев, так і кореневі системи з кореневими лапами. В аномально сухі роки внаслідок горіння значних запасів підстилки утворюються конвективні гарячі потоки повітря, що сильно пошкоджують хвою в кроні дерев (Voron et al. 2016). При цьому майже невивченими залишаються особливості постпірогенного формування радіального приросту як інтегрального показника стану та продуктивності насаджень.

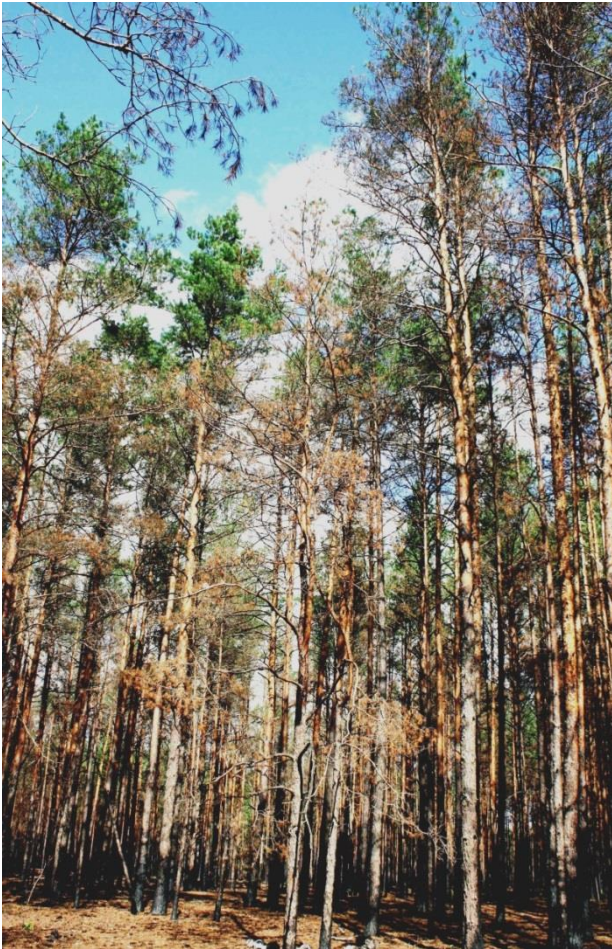
Метою дослідження є вивчення динаміки радіального приросту сосни в насадженні, пошкодженому низовою пожежею в Рівненському Поліссі

Матеріали й методи. Оцінювання впливу пожежі на санітарний стан і радіальний приріст соснового деревостану проведено на двох постійних пробних площах (ППП) у непошкодженій і пошкодженій частинах 70-річного чистого сосняку в кв. 21, вид. 42 Рокитнівського лісництва ДП «Рокитнівське ЛГ» (рис. 1). Пожежа сталася на початку травня 2013 р. Дослідження проводили протягом 2013–2016 рр. Контроль закладали в непошкодженій пожежею частині виділу. Таксаційні показники для обох ППП: тип лісу – В₃ДС, середня висота насадження – 20 м, середній діаметр – 24 см, запас – 300 м³·га⁻¹. ППП закладено за загальноприйнятими у лісівництві та лісовій таксації методиками (Vorobyov 1967, Hrom 2010). Під час подеревного переліку визначали діаметр, висоту кожного дерева,

* © В. П. Ворон, І. М. Коваль, О. М. Ткач, С. Г. Сидоренко, 2017

клас Крафта, санітарний стан, мінімальну та максимальну висоту нагару на стовбурах, рівень дехромації крони, пошкодження кореневих лап (Voron 2011).

Під час вивчення радіального приросту сосняків, пошкоджених низовими пожежами, використано загальноприйняті в дендрохронології методи (Lovelius 1998). Керни відібрано буравом Преслера на висоті 1,3 м з 20–25 дерев у кожному насадженні. Товщину шарів ранньої, пізньої та річної деревини виміряно приладом HENSON з точністю до 0,01 мм. Перехресне датування проведено з метою встановлення дати формування річного кільця. Пірогенні зміни радіального приросту дерев на пошкодженій ППП було порівняно з контролем. Проведено статистичний, кореляційний та регресійний аналізи (Dospkhev 1985).



а



б

Рис. 1 – Пошкоджена (а) та контрольна (б) ділянки в сосняку кв. 21, вид. 42 Рокитнівського лісництва

Розраховано показники аномальності погодних умов на основі середнього квадратичного відхилення від багаторічного рівня. Встановлено, що в Західному Поліссі середня кількість опадів за вегетаційний період 1945–2016 рр. становить 414 мм в рік. Водночас загальна кількість опадів за вегетаційні періоди в окремі роки коливається від 209 до 664 мм, тобто в окремі роки виявляється дефіцит опадів (сухі роки), а в інші, навпаки, надлишок (мокрі роки). Узявши за критерій аномальності середнє квадратичне відхилення (σ) (Babychenko et al. 1987, Voron et al. 2011) від середнього багаторічного рівня температури та опадів, за період із 1945 до 2015 р. розраховано діапазони норми погодних умов на Рівненщині, а також відхилення від норми (табл. 1). Використано метеорологічні дані Рівненської метеостанції.

Таблиця 1

Класифікація погодних умов вегетаційного періоду на Рівненщині

| Відхилення від багаторічного рівня | За опадами | | За температурою | |
|------------------------------------|------------------|---------------|--------------------|-------------|
| | Оцінка | Кількість, мм | Оцінка | °С |
| > +2σ | Аномально мокрий | > 575 | Аномально теплий | > 15,6 |
| +1,01σ...+1,99σ | Мокрий | 495–574 | Теплий | 14,7 – 15,6 |
| -1σ...+1σ | Нормальний | 333–495 | Нормальний | 12,9 – 14,7 |
| -1,01σ...-1,99σ | Сухий | 254–332 | Холодний | 12,0 – 12,9 |
| < -2σ | Аномально сухий | < 253 | Аномально холодний | < 12,0 |

Примітка. σ – середньоквадратичне відхилення

Результати та обговорення. У пошкодженій частині сосняку висота нагару на стовбурі становила від 0,85 до 4,0 м (середня висота 2,2 м). Уже через два місяці після пожежі за станом сосняк оцінювали як усихаючий (табл. 2). Частка свіжого сухостою становила 20–25 %, а всихаючих дерев – 50 %. Стан насадження погіршився за рахунок збільшення частки сухостою. Контрольний деревостан за станом за період досліджень оцінювали як ослаблений.

Таблиця 2

Динаміка розподілу дерев за категоріями стану в сосняку для постпірогенного періоду

| ППП | Середня висота, м | | Період після пожежі, місяців | Розподіл дерев за категоріями стану, % | | | | | | I _c |
|------------|-------------------|--------|------------------------------|--|----|----|----|----|----|----------------|
| | грубої кори | нагару | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| | | | | | | | | | | |
| Пошкоджена | 3,3 | 1,5 | 2 | 0 | 0 | 19 | 56 | 25 | 0 | 4,1 |
| | | | 12 | 0 | 0 | 23 | 48 | 9 | 18 | 4,3 |
| | | | 24 | 0 | 0 | 19 | 50 | 3 | 28 | 4,4 |
| | | | 36 | 0 | 0 | 22 | 46 | 1 | 31 | 4,5 |
| Контроль | 3,5 | – | 0 | 26 | 42 | 21 | 6 | 1 | 4 | 2,3 |

Як видно із рис. 2, у період з 2008 до 2012 р., тобто до пожежі в насадженні, на пошкодженій ППП радіальний приріст становив від 1,23 до 0,91 мм, або в середньому 1,01 мм на рік. На контролі він був незначно вищим – прирости шарів деревини сягали 0,97–1,26 і 1,10 мм/рік. Для 2013 р. різниця між шарами річної деревини в пошкодженому вогнем і контрольному деревостанах становила 26 %.

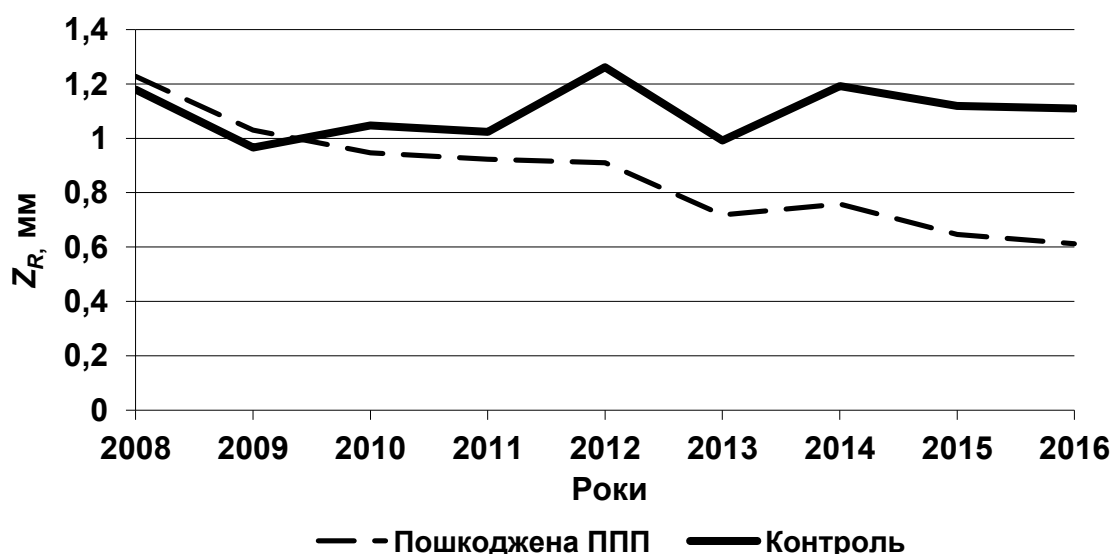


Рис. 2 – Динаміка радіального приросту Z_R у сосняку, пошкодженому пожежею, та на контролі. Максимальні значення радіального приросту деревини відзначено в 2008 р. Мінімальні значення приросту зафіксовано в 2009 і 2011 рр. (див. рис. 2). Ці роки за кількістю опадів

протягом вегетаційного періоду було визначено як «сухі» (табл. 3), гідротермічний коефіцієнт Селянінова для цих років становив 0,9 і 0,8 відповідно (табл. 4).

Таблиця 3

Класифікація погодних умов вегетаційного періоду в 2008–2016 рр.

| Рік | Температура | | Опади | |
|------|-------------|------------------|----------|------------------|
| | Середня, °С | Аномальність | Сума, мм | Аномальність |
| 2008 | 15,1 | Аномально теплий | 609 | Аномально мокрий |
| 2009 | 15,2 | Аномально теплий | 316 | Сухий |
| 2010 | 15,3 | Аномально теплий | 593 | Аномально мокрий |
| 2011 | 15,4 | Аномально теплий | 265 | Сухий |
| 2012 | 16,1 | Аномально теплий | 510 | Мокрий |
| 2013 | 15,4 | Аномально теплий | 389 | Нормальний |
| 2014 | 15,4 | Аномально теплий | 471 | Нормальний |
| 2015 | 15,1 | Аномально теплий | 247 | Аномально сухий |
| 2016 | 14,9 | Аномально теплий | 287 | Сухий |

Розподіл опадів за вегетаційний період 2013 р. був нерівномірним. Так, у квітні випало лише 30 мм опадів, що створило пожежонебезпечну ситуацію на початку травня, коли й виникла пожежа. Протягом травня випало 93,2 мм, у вересні – 110 мм опадів. Завдяки цим місяцям вегетаційний період за кількістю опадів і ГТК (1,5) можна вважати нормальним. Водночас для літніх місяців були характерні посушливі умови. Так, ГТК протягом літніх місяців становив 0,6–0,9. Унаслідок цього на контролі радіальний приріст також знизився із 0,98 у 2012 р. до 0,88 мм у 2013 р., тобто на 26 %.

Таблиця 4

Гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) вегетаційного періоду в 2007–2016 рр.

| Рік | ГТК | Місяць | | | | | | | |
|------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 2008 | 1,7 | 3,8 | 1,6 | 0,6 | 2,3 | 1,0 | 2,8 | 2,5 | |
| 2009 | 0,9 | 0,1 | 1,6 | 1,5 | 0,7 | 0,3 | 0,2 | 3,6 | |
| 2010 | 1,8 | 1,1 | 2,2 | 2,4 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 2,3 | |
| 2011 | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 1,2 | 1,3 | 0,7 | 0,2 | 0,8 | |
| 2012 | 1,4 | 1,7 | 0,6 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 2,6 | |
| 2013 | 1,2 | 1,0 | 1,8 | 0,9 | 0,9 | 0,6 | 3,0 | 0,3 | |
| 2014 | 1,5 | 0,6 | 3,1 | 1,7 | 0,9 | 2,2 | 0,5 | 0,2 | |
| 2015 | 0,8 | 0,8 | 1,5 | 0,3 | 0,9 | 0,1 | 1,5 | 0,7 | |
| 2016 | 0,7 | 1,1 | 1,0 | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 0,2 | 5,3 | |

Погодні умови вегетаційного періоду 2014 р. були сприятливими для приросту (табл. 3) За цей період випало 471 мм опадів, завдяки чому на контролі приріст підвищився до 1,08 мм/рік, тобто на 23 %, якщо порівняти з 2013 р. Менш відчутними були позитивні зміни в пошкодженому пожежею деревостані (4 %).

Ситуація різко погіршилася у 2015–2016 рр. Вегетаційний період 2015 р. за кількістю опадів був аномально сухим, а 2016 – сухим. ГТК становив 0,7–0,8, що свідчить про посуху протягом вегетаційних періодів цих років. Особливо посушливим був серпень 2015 р., коли випало лише 5,9 мм опадів. Унаслідок такої аномальності погодних умов радіальний приріст на контролі у 2015 і 2016 рр. знизився до 1,05 мм на рік, або на 3 %. Особливо відчутне падіння приросту визначено в пошкодженому сосняку: у 2015 р. – на 17 %, а у 2016 р. – на 25 %, якщо порівнювати з 2014 р.

Загалом, у пошкодженому пожежею сосняку радіальний приріст після пожежі (протягом 2013–2016 рр.) проти періоду до пожежі (2008–2012 рр.) зменшився на 32 %. Водночас на контролі, навпаки, приріст збільшився на 5 % (див. табл. 4).

Важливим моментом у вивченні пірогенних змін радіального приросту є визначення особливостей формування ранньої та пізньої деревини. Період формування приросту умовно можна розподілити на дві стадії. Внутрішня стадія росту починається з моменту закладання бруньок (червень попереднього року) (Odynak & Shevchuk 1980, Filatova 1984, Rusalenko 1986) і триває до початку росту пагонів (кінець березня – початок квітня). Умови літа, осені та зими попереднього року впливають на розвиток закладених бруньок, вхід у стан спокою і вихід із нього. Діяльність камбію стовбура сосни звичайної починається за середньої позитивної температури повітря 14–15°C і верхніх горизонтів ґрунту – вище 10°C. Початком активного росту вважається розкриття верхівкової бруньки. Це третя декада квітня – перша половина травня. Формування ранньої деревини завершується наприкінці червня – липня, а пізньої деревини – до початку вересня (Rusalenko 1986). Тобто формування всього річного шару деревини починається в травні – червні минулого року і закінчується в серпні – вересні поточного року.

Посушливим вважається вегетаційний період із гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) Г. Т. Селянінова, меншим від 0,7 (Geographical encyclopaedia Ukrainy 1989). Для району досліджень обчислено відповідні дані (див. табл. 4).

На контролі приріст ранньої деревини за період 2008–2012 рр. коливався від 0,51 до 0,68, а пізньої – від 0,33 до 0,48 мм/рік. У пошкодженому сосняку діапазони коливання значень товщини шарів різних видів деревини були такими: для ранньої деревини – 0,51–0,71, пізньої – 0,34–0,54 мм/рік. Середні значення товщини шарів ранньої деревини за цей період в обох сосняках були однаковими, а пізньої – дещо більшими на контролі. Мінімальні значення зареєстровано в сухі 2009 та 2011 рр.

Виявлено, що до пожежі (2009–2012 рр.) різниця між середніми величинами річного приросту деревини пошкодженого та контрольного насаджень є незначущою ($t_{\text{факт.}} = 0,71$, $t_{0,05} = 2,06$). Для 2013–2016 рр. відповідні величини стали значущими ($t_{\text{факт.}} = 8,03$, $t_{0,05} = 2,06$).

Порівняння величини шарів ранньої та пізньої деревини на контролі у постпірогенний період (2013–2016 рр.) і період до пожежі (2009–2012 рр.) виявляє невелике (від 2 до 9 %) збільшення. Водночас у пошкодженому пожежею сосняку відбулося зменшення приростів шарів ранньої деревини на 21 % та пізньої деревини на 49 % (табл. 5).

Таблиця 5

Середньорічний радіальний приріст у пошкодженому сосняку та на контролі

| ППП | Вид деревини | Радіальний приріст, мм | | Достовірність різниці між середніми величинами шарів деревини до пожежі (2009–2012 рр.) та після пожежі (2013–2016 рр.) | | Зміна приросту 2013–2016 проти 2009–2012, % |
|------------|--------------|--------------------------|-----------------------------|---|--------------------|---|
| | | до пожежі, 2009–2012 рр. | після пожежі, 2013–2016 рр. | $t_{\text{факт.}}$ | $t_{\text{теор.}}$ | |
| Пошкоджена | Річна | 0,93 | 0,63 | 2,39* | 2,06 | -32 |
| | Пізня | 0,37 | 0,19 | 2,36* | 2,06 | -49 |
| | Рання | 0,56 | 0,44 | 1,59 | 2,06 | -21 |
| Контроль | Річна | 0,96 | 1,01 | 0,05 | 2,15 | +5 |
| | Пізня | 0,40 | 0,42 | 0,08 | 2,10 | +5 |
| | Рання | 0,56 | 0,60 | 0,12 | 2,12 | +7 |

*Достовірна різниця на рівні 0,05 значущості.

Унаслідок пожежі, яка сталася на початку травня 2013 р., величина приросту ранньої деревини знизилася в порівнянні з 2012 р. з 0,51 до 0,47 мм/рік, тобто на 8 % (рис. 3). Водночас відбулося суттєве зменшення товщини пізньої деревини до 0,17 мм/рік, що є в 2,1 разу меншим від 2012 р. (рис. 4). Цьому сприяло також те, що липень і серпень були

посушливими (ГТК становив 0,6 і 0,9 відповідно), і випало 62 і 57 % опадів від багаторічної норми відповідно. Про значення цієї погодної аномалії свідчить також падіння приросту пізньої деревини на контролі. Приріст пізньої деревини у пошкодженому вогнем сосняку в 1,9 разу поступався контролю.

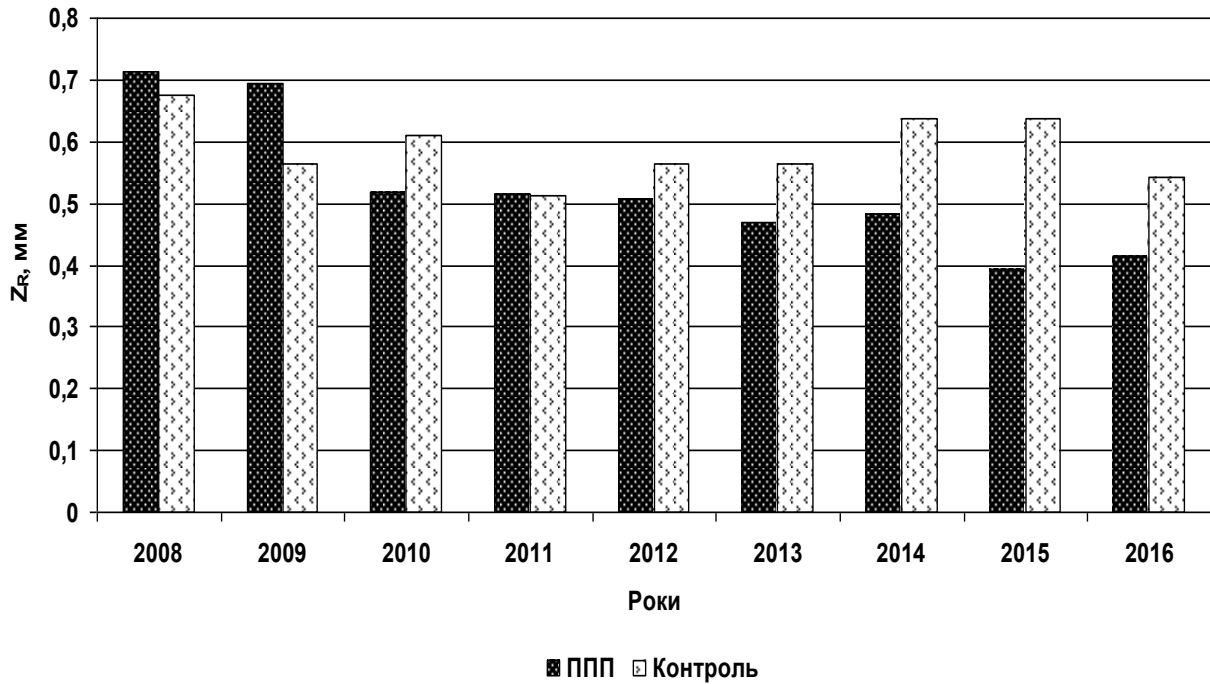


Рис. 3 – Динаміка товщини ранньої деревини Z_R у сосновому деревостані, пошкодженому пожежею, та на контролі

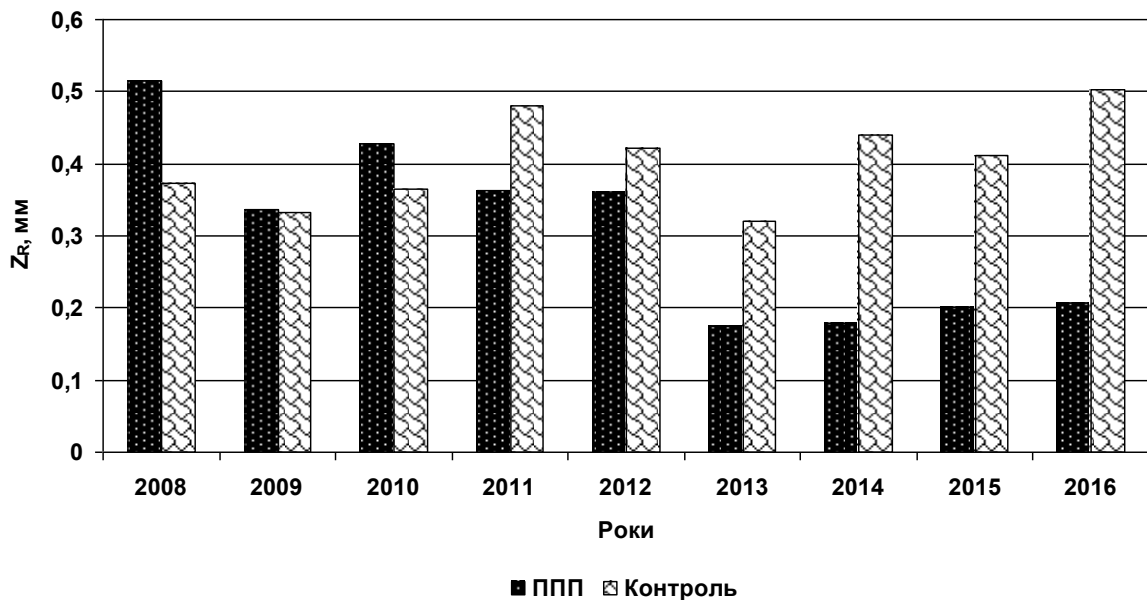


Рис. 4 – Динаміка товщини пізньої деревини Z_R у сосновому деревостані, пошкодженому пожежею, та на контролі

У наступні роки приріст пізньої деревини коливався від 0,16 до 0,21 мм/рік і був у 2,0–2,8 разу меншим, ніж на контролі. Суттєво вплинула на це аномальність погодних умов 2015 та 2016 рр.

Якщо до пожежі в досліджуваному деревостані частка пізньої деревини становила 32,7–45,7 % від загальної товщини річного кільця, що було близьким до відповідних показників у контрольному насадженні (35,6–48,4 %), то після пожежі цей показник знизився до 27,0–

33,7 % (у контрольному насадженні – 36,1–48,1 %). Тобто пізня деревина виявилася більш чутливою до пошкодження пожежею, про що свідчать різниці середніх значень у період до початку пожежі та після неї на пошкодженій ППП (див. табл. 5).

Аналіз виявив різке зменшення радіального приросту дерев різних категорій санітарного стану: для дуже ослаблених дерев – на 32, а для всихаючих – на 18 % (рис. 5).

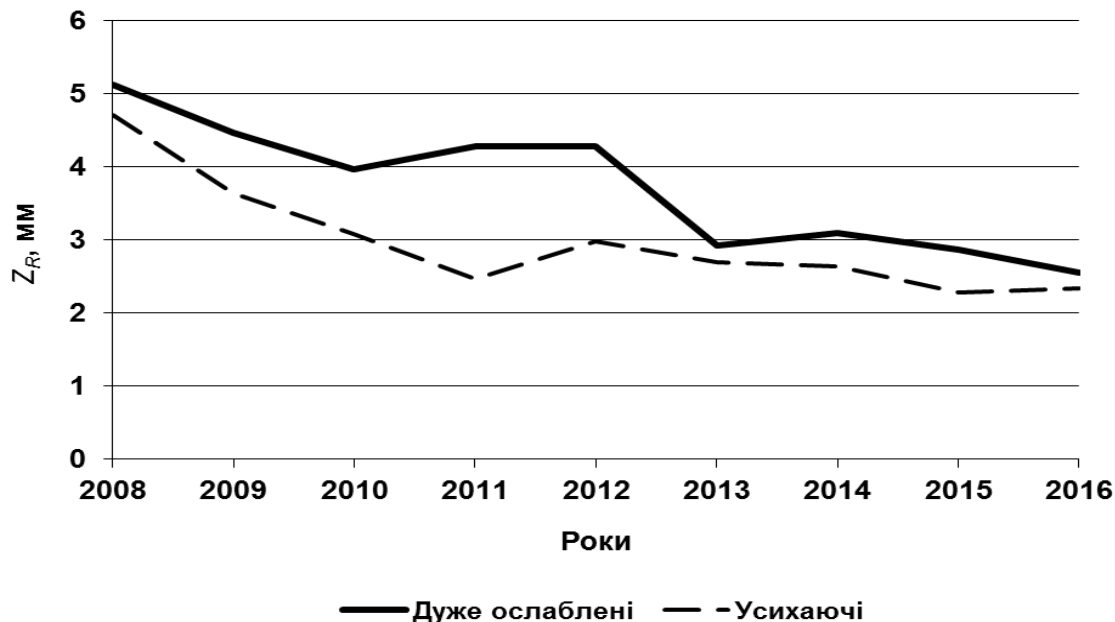


Рис. 5 – Динаміка радіального приросту Z_R у дерев різних категорій стану в пошкодженому сосняку

2013 рік був аномально теплим, ГТК липня становив 0,9 (табл. 3, 4), унаслідок чого погіршився санітарний стан пошкоджених пожежею дерев. Частка свіжого сухостою сягала 25 %. Про активний хід процесу всихання свідчить також значна частка «всихаючих» дерев (табл. 6).

Таблиця 6

Розподіл дерев за категоріями стану та висотою нагару в пошкодженому сосняку для 2013 року

| $H_{\text{наг.}}, \text{ м}$ | Розподіл за категоріями стану, % | | | | | | I_c |
|------------------------------|----------------------------------|-----|------|------|------|-----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1,0 | 0 | 0 | 3,8 | 1,9 | 5,8 | 0 | 4,2 |
| 1,5 | 0 | 0 | 5,8 | 3,8 | 9,6 | 0 | 4,2 |
| 2,0 | 0 | 0 | 7,7 | 5,8 | 3,8 | 0 | 3,8 |
| 2,5 | 0 | 0 | 1,9 | 23,1 | 0,0 | 0 | 3,9 |
| 3,0 | 0 | 0 | 0 | 9,6 | 1,9 | 0 | 4,2 |
| 3,5 | 0 | 0 | 0 | 9,6 | 3,8 | 0 | 4,3 |
| 4,0 | 0 | 0 | 0 | 1,9 | 0 | 0 | 4,0 |
| Σ | 0,0 | 0,0 | 19,2 | 55,8 | 25,0 | 0,0 | 4,1 |

Примітка. $H_{\text{наг.}}$ – середня висота нагару на стовбурах, м

Наступного 2014 року, який було класифіковано як «нормальний» за кількістю опадів, відбулося незначне підвищення радіального приросту дуже ослаблених дерев на відміну від всихаючих дерев, для яких виявлено тренд зниження радіального приросту. У 2015 та 2016 рр. відбулося зниження радіального приросту дерев усіх рівнів пошкодження (рис. 5). 2015 рік характеризувався аномально сухим вегетаційним періодом, а 2016 рік виявився аномально сухим (ГТК для цих років становив 0,8 і 0,7 (табл. 3, 4), унаслідок чого депресія радіального приросту поглибилася для всіх пошкоджених пожежею дерев.

Виявлено сильну кореляційну залежність між індексами радіального приросту сосни та мінімальною висотою нагару на стовбурах на 0,05 рівні значущості ($r = 0,79$, $t_{\text{факт.}} = -2,72$, $t_{0,05} = 2,46$), яка описана кривою другого порядку (рис. 6). Це свідчить про зменшення радіального приросту у міру збільшення рівня мінімального нагару на стовбурах дерев.

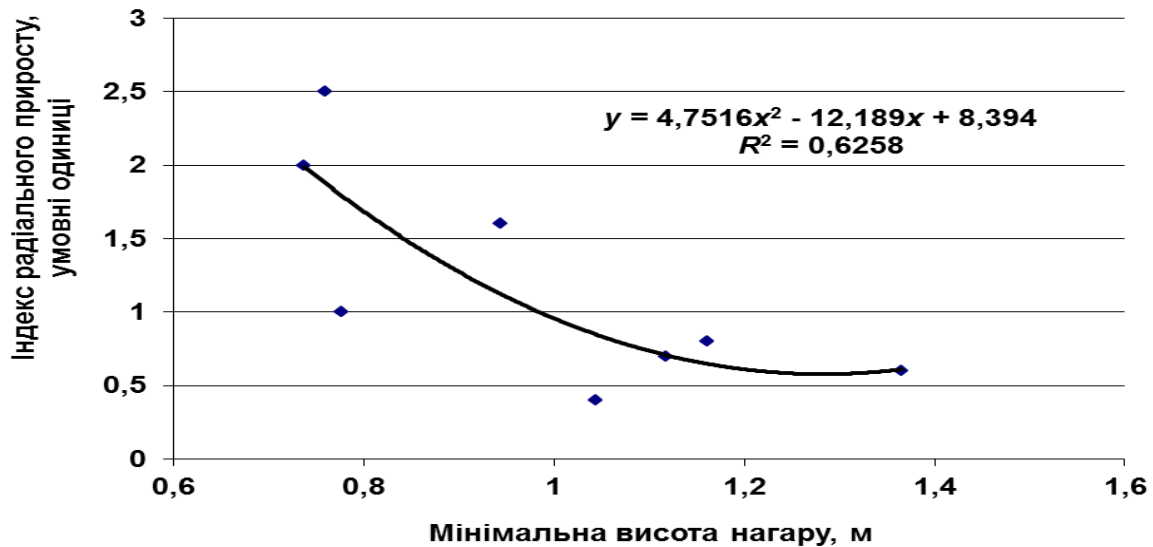


Рис. 6 – Залежність індексів радіального приросту дерев від мінімальної висоти нагару на стовбурах у пошкодженому пожежею сосняку Рокитнівського лісництва

У рік пожежі депресію радіального приросту визначали стосовно дерев усіх класів Крафта. Приріст надпанівних дерев зменшився на 35 %, панівних – на 25 %, співпанівних – на 36 %. Цьому сприяв посушливий вегетаційний період. Погодні умови 2014 р. були сприятливішими для росту дерев (табл. 3, 4), тому того року підвищився радіальний приріст дерев найвищих класів росту – надпанівних (на 16 %) і співпанівних (3 %), на відміну від панівних дерев, для яких зафіксовано низький радіальний приріст у 2014–2015 рр. До 2016 р. не змогли відновити радіальний приріст панівні та співпанівні дерева на відміну від панівних, які виявили незначне збільшення радіального приросту (рис. 7).

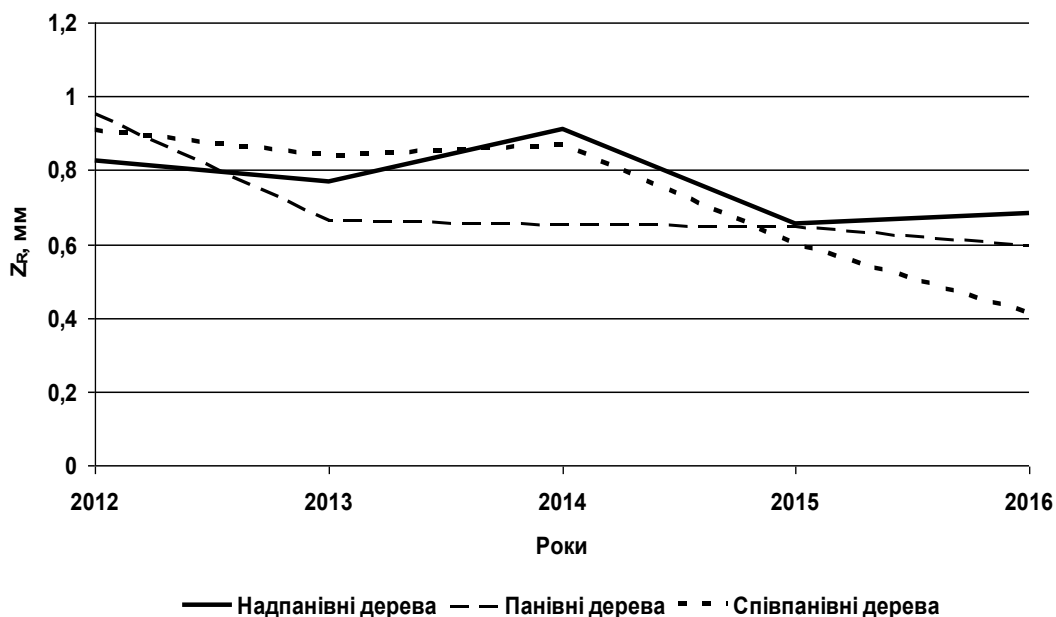


Рис. 7 – Динаміка радіального приросту сосни Z_R за класами Крафта в пошкодженому сосняку

Висновки. У пошкоджених пожежею сосняках одночасно з погіршенням стану дерев відзначено глибоку депресію радіального приросту сосни, посилену посухами.

У 2016 р. радіальний приріст дерев усіх категорій санітарного стану та вікових груп не відновився.

Пізня деревина виявилася чутливішою до пошкодження пожежею, про що свідчать різниці середніх значень приросту в період до початку пожежі та після неї у пошкодженому сосняку.

Побудовано регресійні моделі залежності радіального приросту від мінімальної висоти нагару.

ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

Babychenko, V. N., Rudyshyna, S. F., Bondarenko, Z. S., Hushchyna, M. L. 1987. Temperatura vozdukhа v Ukrayine [Air temperature in Ukraine]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 400 p. (in Russian).

Busse, M. D., Hubbert, K. R., Fiddler, G. O., Shestak, C. J., Powers, R. F. 2005. Lethal soil temperatures during burning of nasctated forest residues. *International Journal of Wildland Fire*, 14: 267–276.

Dospekhov, B. A. 1985. Metodika polevogo opyta [Field Experience Method]. Moscow, Agropromizdat, 351 p. (in Russian).

Filatova, O. V. 1984 Vlyanye ekologicheskikh i nasledstvennykh faktorov na formirovaniye pobegov sosny v kul'turakh yuzhnoy lesostepi USSR [Influence of ecological and inherited factors on formation of shoots in stands of South forest-steppe zone of the Soviet Union]. Avtoref. dys. na soisk. uchen. stepeni kand. biol. nauk [Extended abstract of PhD dissertation]. Kharkiv, 24 pp. (in Russian).

Geografichna entsiklopediya Ukrainy. [Geographical encyclopaedia]. 1989. Vol. 1. Kyiv, 416 p. (in Ukrainian).

Hrom, M. M. 2010. Lisova taksatsiya [Forest inventory]. Lviv, RVV NLTU, 416 p. (in Ukrainian).

Lovelius, N. V. 1998. Lesnye ekosistemy Ukrainy i teplovлагоobespechennost' [Forest ecosystems and supply of warmth and humidity]. Sankt-Peterburg, 335 p. (in Russian).

Natsionalni dopovidi "Pro stan tekhnogenoyi ta pryrodnoyi bezpeky v Ukraini 2004 -2015 rokakh" [About state of anthropogenic and natural safety in 2004–2015 in Ukraine]. [Electronic resource]. Available from: <http://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogenoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini-za-2015-rik.html> (last accessed date 15.05.2017) (in Ukrainian).

Odynak, Ya. P. and Shevchuk, A. Y. 1980. Sezonnaya dinamika prirosta nazemnoy fitomassy bukovykh drevostoev. [Seasonal dynamic of ground phytomass increment of beech stands]. *Lesovedeniye [Forest Science]*, 6: 74–82 (in Russian).

Rusalenko, A. Y. 1986. Godichnyy prirost derevyev i vlagoobespechennost [Tree annual growth and moisture supply]. Minsk, Nauka i tekhnika, 238 p. (in Russian).

Usenya, V. V., Katkova, E. N., Ul'dinovich, S. V. 2011. Lesnaya pyrologiya [Forest pirology]. Gomel, HNU im. F. Skoriny, 264 p. (in Russian).

Vorobyov, D. V. 1967. Metodika lesotipologicheskikh issledovaniy [Methods of forest typology research]. Kyiv, Urozhai, 388 p. (in Russian).

Voron, V. P. 2011. Naukovi osnovy diahnostryky antropohennoho poshkodzhennya lisovykh ekosystem [Scientific base of diagnostics of anthropogenic damage of forest ecosystems]. *Lisovyy zhurnal [Forest Journal]*, 1: 24–28 (in Ukrainian).

Voron, V. P., Koval, I. M., Leman, A. V. 2011. Metodychni pidkhody do vyvchennya vplyvu nehatyvnykh faktoriv na radial'nyy pryrist sosnyakiv v Polissi [Methodological approaches to research of negative factors on pine radial growth in Polissy]. *Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrayiny [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]*, 9: 156–161 [in Ukrainian].

Voron, V. P., Sydorenko, S. H., Melnyk, Ye. Ye., Ivashynyuta, S. V. 2012. Osoblyvosti rozvytku derev pry riznykh typakh poshkodzhennya sosnyakiv pislya nyzovykh pozhezh [Peculiarities of development of trees in different types of pine stand damage after ground fires] *Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrayiny [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]*, 10: 148–154 (in Ukrainian).

Voron, V. P., Tkach, O. M., Melnik, Ye. Ye. 2013 Lisivnycho-ekologichni osoblyvosti vynykennya pozhezh u lisakh Rivnenshchyny [Forestry and ecological features of forest fire in the pine forests of Rivne region, Ukraine]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya [Forestry and Forest Melioration]*, 124: 146–153 (in Ukrainian).

Voron, V. P., Tkach, O. M., Sydorenko, S. H. 2014. Tendentsiyi u pislyapozhezhnomu rozvytku sosnyakiv Rivnenshchyny [Trends in post-fire development of pine stands in Rivne region, Ukraine]. *Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiya [Forestry and Forest Melioration]*, 125: 181–187 (in Ukrainian).

Voron, V. P., Tkach, O. M., Sydorenko, S. H. 2016. Osoblyvosti poshkodzhennya pozhezhamy lisiv u Polissi [Features of forest damage after wildfires in Polissy]. *Naukovi pratsi Lisivnychoyi akademiyi nauk Ukrayiny [Scientific works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine]*, 14: 38–44 (in Ukrainian).

Zibitsev, S. V. and Borsuk, O. A. 2012. Okhorona lisiv vid pozhezh u sviti ta v Ukraini – vyklyky XXI storichchya ta perspektyvy rozvytku [Wildfire protection in the world and Ukraine– challenges and perspectives in 21st century]. Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo [Forestry and landscape gardening], 1: 49–63 (in Ukrainian).

Voron V. P.¹, Koval I. M.¹, Tkach O. M.², Sidorenko S. G.¹

DYNAMICS OF RADIAL GROWTH IN MIDDLE-AGED PINE STAND AFTER FIRE IN UKRAINIAN POLISSYA

1. Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky

2. Rivne Regional Department of Forestry and Hunting

Problem of fires in Polissya forests is associated with abnormal number of hot and dry days during some periods. At this time, the features of pine radial growth forming in stands after fires remain unexplored as an integral indicator of forests status and productivity. Comparison of effects of the fire occurred at the beginning of May 2013 was carried out using two permanent plots laid out by techniques generally accepted in forestry and forest inventory in undamaged and damaged parts of the 70-year-old pine stand. Radial growth of pine forests damaged by fire was studied using traditional dendrochronology methods. In addition to trees condition deterioration, the radial growth depression was revealed in the stands damaged by fire. The depression increases in anomalously dry periods. Based on the root-mean-square deviation from the average multi-year temperature and precipitation (from 1945 to 2015), the criteria for anomalous weather conditions were calculated. Restoration of radial growth of trees is not observed even four years after the fire. The peculiarities of the formation of layers of spring wood, summer wood and annual wood in the pine forest damaged by fire are revealed. Radial growth dynamics was analyzed by growth classes and health condition categories. A regression model was developed for the dependence of the pine radial growth indices on the height of the minimum scorch on the trunks.

К е у w o r d s : surface fire, pine stands, radial growth, spring wood, summer wood.

Ворон В. П.¹, Коваль И. М.¹, Ткач О. М.², Сидоренко С. Г.¹

ПОСТПИРОГЕННАЯ ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА В СРЕДНЕВОЗРАСТНОМ ДРЕВОСТОЕ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

1. Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. Н. Высоцкого

2. Ровенское областное управление лесного и охотничьего хозяйства

Проблема пожаров в лесах Полесья связана с аномальным в отдельные периоды количеством жарких и засушливых дней. При этом неизученными остаются особенности постпирогенного формирования радиального прироста насаждений. Сравнение последствий пожара проведено на двух постоянных пробных площадях, заложенных по общепринятым в лесоводстве и лесной таксации методикам в неповрежденной и поврежденной частях 70-летнего чистого сосняка. Выявлено, что в поврежденных пожаром насаждениях наряду с ухудшением состояния деревьев происходит депрессия радиального прироста, которая усиливается в аномально сухие периоды. На основе среднеквадратичного отклонения от среднего многолетнего уровня температуры и осадков (за период с 1945 по 2015 гг.) рассчитаны критерии аномальности погодных условий. Восстановления радиального прироста деревьев не отмечается даже спустя четыре года после пожара. Выявлены особенности формирования слоев ранней, поздней и годичной древесины в поврежденном пожаром сосняке. Проанализирована динамика радиального прироста по классам роста и категориям состояния. Построена регрессионная модель зависимости индексов радиального прироста сосны от высоты минимального нагара на стволах.

К л ю ч е в ы е с л о в а : низовые пожары, сосняки, радиальный прирост, ранняя древесина, поздняя древесина.

E-mail: voron@uriffm.org.ua; koval_iryana@ukr.net

Одержано редколегією: 16.05.2017