

УДК 630.43:630.561.24

С. Г. СИДОРЕНКО¹, В. П. ВОРОН¹, Є. Є. МЕЛЬНИК¹, А. Г. СИДОРЕНКО^{2*}
ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ СТИГЛИХ ДЕРЕВОСТАНІВ ПІСЛЯ НИЗОВИХ ПОЖЕЖ

1. Український науково-дослідний інститут лісівництва та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького
2. Харківський національний аграрний університет ім. В. В. Докучаєва

Пожежі для лісів є одним із найнебезпечніших антропогенних факторів, що завдають катастрофічних економічних, екологічних та соціальних збитків. Встановлено, що весняні та літні пожежі мали різні наслідки для стиглих сосняків. Статистично доведено ($F_{\phi} = 154,6$, $F_{0,001} = 11$, $p < 0,001$), що частка сухостійних дерев після літніх пожеж була у 10 разів вищою у порівнянні з весняними (53,1 та 5,3 % відповідно). Найдуже пошкоджуються пожежами найбільш пригнічені дерева, які всихають навіть за найменшого пошкодження, та дерева найвищих ступенів товщини (відпад 48–55 % за мінімальних пошкоджень).

Однією з причин усихання більш розвинених дерев могло бути накопичення більшого об'єму підстилки під основою стовбура, що сприяло підвищенню інтенсивності пожежі та її локалізації саме біля стовбурової частини дерев. Товщина підстилки перебуває в межах від 7 до 15 см біля основи стовбура (середнє значення – $11,0 \pm 0,52$ см) і зменшується у міру збільшення віддалі від стовбура до $2,6 \pm 0,30$ см ($F_{\phi} = 56,8$; $F_T = 2,7$; $p < 0,001$).

Встановлено, що товщина кори на кореневих лапах є у 2,5 разу меншою, ніж на стовбурі в окоренковій частині: $8,8 \pm 0,99$ мм проти $22,2 \pm 2,29$ мм. Достовірність різниці у товщині кори на модельних деревах підтверджено статистично ($t_{\phi} = 5,54$; $t_{0,05} = 2,26$). Тому у разі низової пожежі, коли відбувається цілковите згоряння підстилки, кореневі лапи, які мають тоншу кору, пошкоджуються найсильніше, що може призвести до загибелі дерев навіть за незначної висоти нагару.

К л ю ч о в і с л о в а : низова пожежа, післяпожежний розвиток, стиглі сосняки, сезон пожежі, товщина кори, лісова підстилка.

Вступ. Пожежі є одним із найнебезпечніших для лісів екологічних факторів, що завдають катастрофічних економічних, екологічних та соціальних збитків. Посилення антропогенного впливу на ліси призвело до зростання кількості та масштабів лісових пожеж, які є другим після рубок глобальним чинником знищення та пригнічення лісових насаджень. Тому розроблення методів прогнозування відпаду дерев після пожеж є надзвичайно важливим для лісів України.

Точне прогнозування масштабів та ймовірності післяпожежного відпаду можливе під час регіональних досліджень [12, 14, 15] після врахування видових особливостей, найбільш значущих морфологічних і таксаційних показників дерев, типів і масштабів пошкодження.

Стаття є продовженням викладення матеріалів досліджень, що ведуться лабораторією екології лісу УкрНДЛГА щодо розроблення підходів діагностики і прогнозування зміни стану пошкоджених пожежею сосняків у різних природних зонах [3, 7, 8].

Метою роботи було виявлення особливостей формування деревостанів у перші роки після низових пожеж.

Методи та об'єкти досліджень. Постійні пробні площі (ППП) закладено за загальноприйнятими в лісівництві методиками [2] у стиглих і перестійних чистих сосняках, пошкоджених низовими пожежами у Жовтневому (Васищівське та Бабаївське лісництва) та Зміївському ЛГ (Задонецьке лісництво). Інтенсивність і сезон виникнення пожежі відрізнялися. Оскільки термін закладання ППП після пожежі становив від 1 до 6 місяців, для порівняння ППП з однаковим періодом після пожежі використано дані через рік після неї.

Під час подеревного переліку визначали як таксаційні показники, санітарний стан, клас Крафта, так і показники пошкодження дерев вогнем (максимальний та мінімальний нагар, дехромацію крони, пошкодження корневих лап).

Кореляційний і регресійний аналіз проводили за загальноприйнятими методиками [6, 9]. Зв'язок вважали функціональним при коефіцієнті кореляції 1,00, дуже сильним – 0,90–0,99, сильним – 0,70–0,89, значним – 0,50–0,69, помірним – 0,30–0,49, слабким – 0,10–0,29 [6].

* © С. Г. Сидоренко, В. П. Ворон, Є. Є. Мельник, А. Г. Сидоренко, 2015

Вірогідність розходжень між вибірковими відсотками (частку «всохлих») оцінювали за допомогою *F*-критерію за формулою:

$$F = (\varphi_1 - \varphi_2)^2 \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}, \quad (1)$$

де φ_1 та φ_2 – кути в радіанах для часток порівнюваних вибірок;
 n_1 та n_2 – обсяги вибірок.

Для переводу часток у кути користувалися формулою [1]:

$$\varphi = 2 \frac{\pi}{180} \arcsin \sqrt{p}. \quad (2)$$

Під час роботи з таблицею використовували частки, виражені у відсотках. Розрахований *F*-критерій порівнюють із критичним при двох значеннях ступенів свободи:

$$df_1 = 1 \quad \text{та} \quad df_2 = n_1 + n_2 - 2. \quad (3)$$

У сосняках, пошкоджених низовими пожежами (у непошкодженій частині виділу), на 23 модельних деревах заміряли товщину підстилки на різних відстанях від стовбура (через кожні 30 см від основи стовбура до 90 см). У 10 модельних дерев із точністю до 0,1 мм заміряно товщину кори стовбура на 5 см вище від рівня підстилки та на кореневих лапах (нижче від рівня підстилки).

Результати та обговорення. Пожежі, наслідки яких досліджували, сталися влітку та навесні 2010–2013 рр. у ДП «Жовтневе ЛГ» та ДП «Зміївське ЛГ» у свіжих борах і суборах (табл. 1). Пробні площі відрізнялися за таксаційними показниками: середнім діаметром (від 30,1 до 50,4 см), віком (від 81 на ППП 23 до 116 років на ППП 29 та 30) та інтенсивністю пошкодження (середній нагар на стовбурі – від 0,48 до 2,46 м).

Таблиця 1

Характеристика пробних площ у пошкоджених низовими пожежами сосняках ДП «Жовтневе ЛГ» (Васищевське та Бабаївське л-во) та ДП «Зміївське ЛГ» (Задонецьке л-во)

№ ППП	Кв.	Вид.	Лісництво	Лісове господарство	Едатоп	$H_{\text{наг.}}$, м	Вік, років	$D_{\text{сер.}}$, см	Дата пожежі
21	75	7	Васищевське	Жовтневе	B_2	1,10	86	33,2	Початок травня
25	22	6	Бабаївське	Жовтневе	A_2	1,81	88	30,1	Кінець квітня
27	22	6	Бабаївське	Жовтневе	A_2	1,90	86	34,7	Кінець квітня
23	118	8	Задонецьке	Зміївське	A_2	2,33	81	31,2	Початок травня
26	22	6	Бабаївське	Жовтневе	A_2	2,40	88	31,2	Кінець квітня
24	118	8	Задонецьке	Зміївське	A_2	2,46	81	37,3	Початок травня
22	75	7	Васищевське	Жовтневе	B_2	3,00	86	31,1	Початок травня
28	92	4	Васищевське	Жовтневе	A_2	0,48	95	42,6	Липень
29	67	6	Задонецьке	Зміївське	B_2	2,02	116	50,4	Серпень
30	67	6	Задонецьке	Зміївське	B_2	2,16	116	42,6	Серпень

Весняні та літні пожежі мали різні наслідки для досліджуваних сосняків (табл. 2). Так, частка свіжого сухостою через рік після весняної пожежі становила від 0 до 3 %, старого сухостою – 0–7 %, причому всихали дерева переважно IV та V класів Крафта. Натомість після літніх пожеж інтенсивність усихання була значно вищою. Уже через місяць після літніх низових пожеж певну частку дерев оцінювали як «свіжий сухостій» зі значною часткою дерев категорії «всихаючі». А через рік після пожежі частка сухостою на ППП 30 досягала 85 % (свіжого – 17; старого сухостою – 68 %). На інших ППП, пошкоджених низовими пожежами влітку, частка сухостійних дерев також була значною (40 % на ППП 29 та 46 % на ППП 28). У непошкоджених частинах виділів на ППП 28–30 насадження

оцінювали за станом як «здорові», тобто погіршення стану пов'язане лише з пошкодженнями, спричиненими низовою пожежею.

Таблиця 2

**Розподіл дерев за категоріями стану в пошкоджених низовими пожежами сосняках
ДП «Жовтневе ЛГ» та ДП «Зміївське ЛГ»**

№ ППП	$H_{\text{наг.}}, \text{ м}$	I_c	Розподіл дерев за категоріями стану, %					
			I	II	III	IV	V	VI
Весна								
21	1,1	2,2	4	71	25	0	0	0
25	1,8	2,7	0	40	54	3	0	3
27	1,9	2,6	0	48	46	4	2	0
23	2,3	2,9	0	14	80	5	0	0
26	2,4	2,4	0	56	44	0	0	0
24	2,5	3,1	0	17	72	2	2	7
22	3,0	2,8	0	31	63	3	3	0
Літо								
28	0,5	4,3	0	6	35	14	33	13
29	2,0	4,1	0	4	44	11	21	19
30	2,2	5,4	0	0	11	4	17	68

Щоб довести статистичну значущість зроблених висновків, було проведено «аналіз порівняння вибірових часток» [10]. Всі дерева було класифіковано за 2 групами: «живі» та «усохлі». Вірогідність розходжень між вибіровими частками (частку «усохлих») оцінювали за допомогою F -критерію (табл. 3):

$$\varphi_{\text{весна}} = 0,465; \varphi_{\text{літо}} = 1,633.$$

$$df_2 = 537. \text{ Знаходимо } F_{\phi} = 154,6 \text{ та } F_{0,001} = 11.$$

$$F_{\phi} > F_{0,001}.$$

Нульова гіпотеза про рівність часток у генеральній сукупності була відхилена на рівні значущості $p < 0,001$. Таким чином, частка відпаду після літніх пожеж є достовірно більшою, ніж після весняних.

Таблиця 3

Порівняння вибірових часток літніх і весняних пожеж

Сезон пожежі	Кількість дерев на пробних площах	Кількість сухостійних дерев (1 рік після пожежі)	Частка всохлих дерев $p, \%$
Весна	377	20	5,3
Літо	162	86	53,1

Літні пожежі в стиглих сосняках є більш катастрофічними, ніж весняні. Це пов'язане як із характеристиками самих пожеж, так і з тим, що навесні пошкоджені дерева фактично не відчувають дефіциту вологи, тому їм легше витримувати пошкодження.

Кореляційним та регресійним аналізом не вдалося довести зв'язок між середньою висотою нагару та станом насаджень. Натомість між висотою нагару та величиною відпаду встановлено достовірний зв'язок: $r = 0,93, t_{\phi} = 6,4, t_{0,01} = 2,45, R^2 = 0,87$ (рис. 1).

Щоб встановити реакцію різних за розвитком дерев на пошкодження вогнем улітку, було побудовано таблиці відпаду за величиною природних ступенів товщини й висоти нагару стовбурів. Встановлено, що найбільш пригнічені дерева всихали за будь-якої висоти нагару (табл. 4 та 5). З іншого боку, і найбільш розвинені дерева найвищих ступенів товщини

також реагували на пошкодження надзвичайно гостро – відпад становив 48–55 % за мінімальних пошкоджень (висота нагару – до 1 м) і 100 % за висоти нагару понад 1 м.

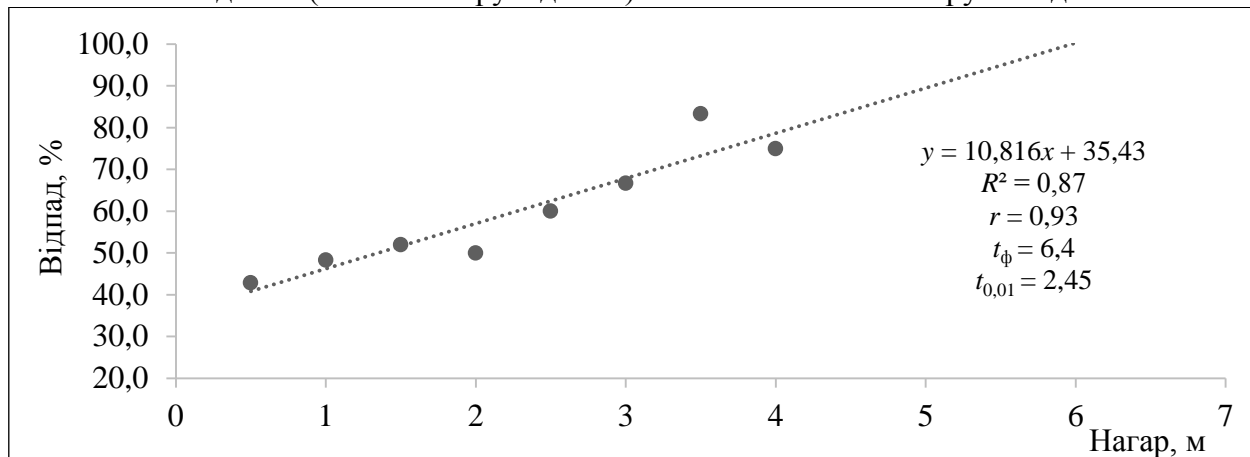


Рис. 1 – Залежність величини відпаду від висоти нагару на пробних площах, пройдених низовими пожежами влітку

Характерно, що дерева, які діаметром дещо поступаються середньому по насадженню, а саме з природним ступенем товщини 0,7–0,8, виявилися найбільш стійкими до пошкоджень вогнем, рівень відпаду в цій групі дерев є мінімальним – 0–5 %.

Таблиця 4

Частка сухоостою в сосняках залежно від природних ступенів товщини та величини нагару на літніх згарищах, %

Нагар, м	Природні ступені товщини				
	< 0,6	0,7–0,8	0,9–1	1,1–1,2	1,3–1,4
< 1	43	5	48	54	55
1,1–2	нд	0	69	100	100
2,1–3	нд	0	100	70	100
3,1–4	нд	0	100	67	нд

Примітка: нд – немає даних.

Таблиця 5

Стан сосняків залежно від природних ступенів товщини та величини нагару на літніх згарищах

Нагар, м	Природні ступені товщини				
	< 0,6	0,7–0,8	0,9–1	1,1–1,2	1,3–1,4
< 1	4,7	3,1	4,4	4,7	4,7
1,1–2	нд	2,6	4,5	5,6	5
2,1–3	нд	2,7	5,8	5,1	5,7
3,1–4	нд	2,2	5,8	5,3	нд

Примітка: нд – немає даних.

Залежність величини відпаду дерев від висоти нагару та природного ступеня товщини проілюстровано графіком (рис. 2). Тенденція у взаємозв'язку показників ступеня товщини, величини нагару та ступеня погіршення стану дерев найкраще виявляється у погіршенні санітарного стану зі збільшенням висоти нагару та природного ступеня товщини. Тобто діаметр для дерев на дослідних ППП не був показником стійкості, і дещо тонші дерева виявилися стійкішими (див. рис. 2).

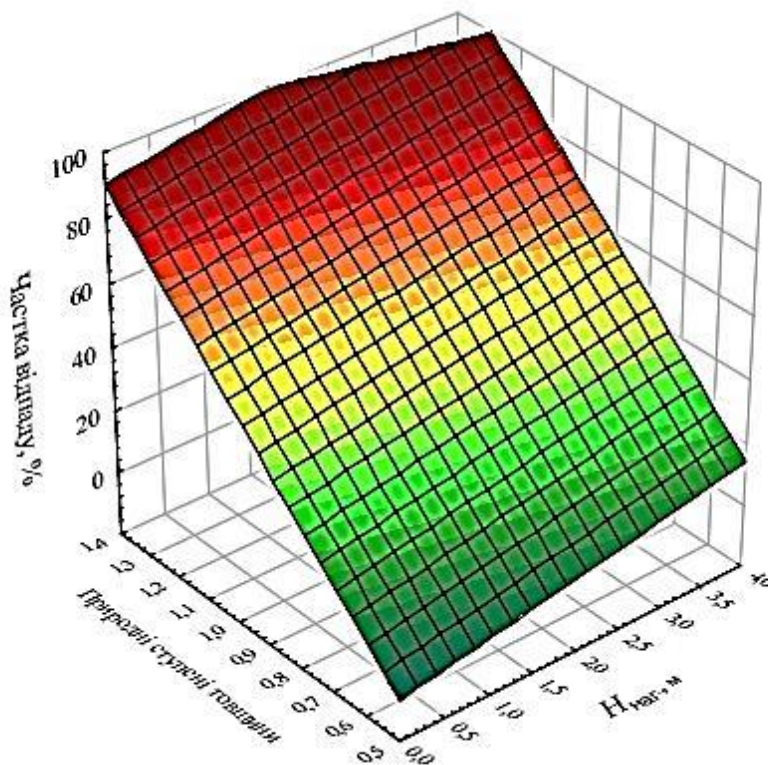


Рис. 2 – Залежність величини відпаду від величини нагару з урахуванням природного ступеня товщини дерев

Однією з причин сильнішого усихання розвинених дерев може бути більший об'єм накопиченої підстилки під основою стовбура. У непошкодженій вогнем частині виділу поряд з ППП 28 ми провели заміри товщини підстилки. Цей показник сягав від 7 до 15 см біля основи стовбура (середнє значення – $11,0 \pm 0,52$ см) і знижувався у міру збільшення віддалі від стовбура до $2,6 \pm 0,30$ см (рис. 3). Зазначена тенденція підтверджена статистично ($F_{\phi} = 56,8$; $F_T = 2,7$) на рівні значущості $p = 0,001$.

Встановити достовірну залежність товщини підстилки від величини діаметра дерева не вдалося (для отримання достовірних результатів потрібно збільшити вибірку). Літні пожежі у стиглих сосняках часто можуть мати характер підстилково-гумусової пожежі, а найсильніші пошкодження може отримати саме коренева система дерев навіть за невеликої висоти нагару на стовбурах. Хоча теплопровідність ґрунту є незначною, все ж пожежа за певних умов (поверхневої кореневої системи, вигорання всього об'єму підстилки в окоренковій частині стовбура, відкритих корневих лап) може призвести до пошкодження корневих систем.

На 10 модельних деревах було проведено заміри товщини кори в окоренковій частині стовбура сосни на рівні підстилки (5 см над рівнем підстилки) та нижче цього рівня (на корневих лапах). Встановлено, що кора на корневих лапах є у 2,5 рази тоншою, ніж на стовбурі в окоренковій частині: $8,8 \pm 0,99$ та $22,2 \pm 2,29$ мм відповідно. Достовірність різниці у товщині кори на модельних деревах підтверджено статистично ($t_{\phi} = 5,54$; $t_{0,05} = 2,26$). Таким чином, товста кора сосни знаходиться не нижче кореневої шийки, і тому підстилкові пожежі, очевидно, сильно пошкоджують камбій корневих лап, що призводить до ослаблення дерев та всихання.

На відміну від молодняків і середньовікових сосняків, для яких зі збільшенням діаметра, як правило, збільшується стійкість до пошкодження вогнем, для стиглих сосняків виявлено зворотну залежність [3].

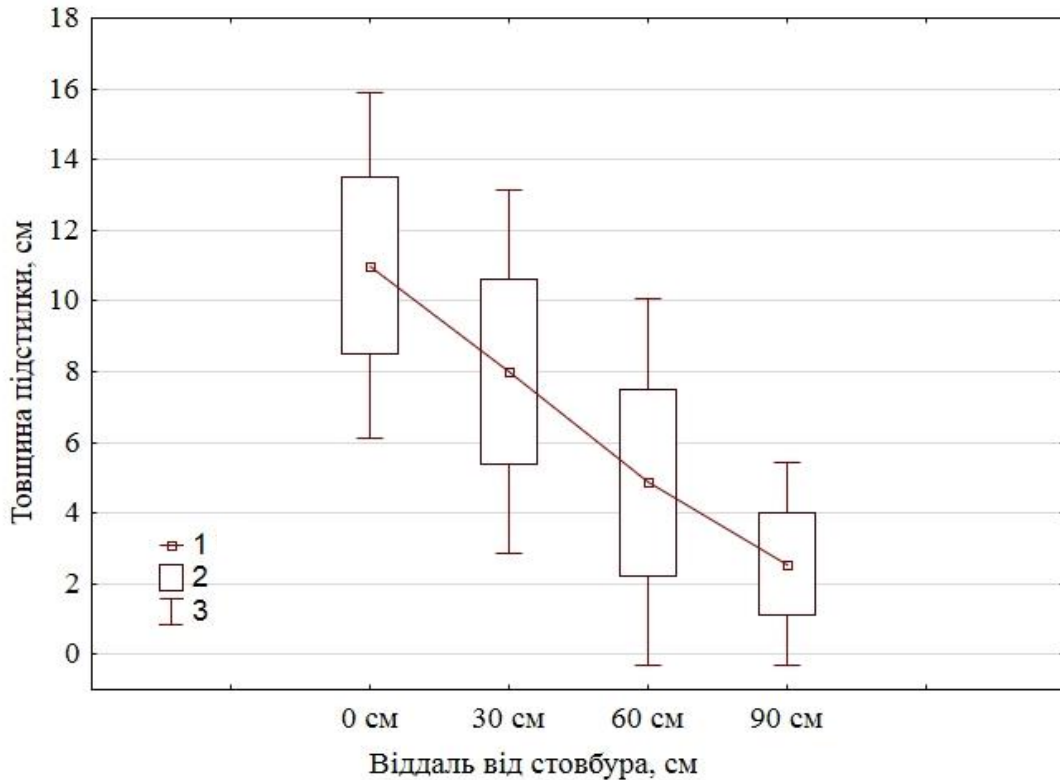


Рис. 3 – Товщина шару підстилки на різній віддалі від стовбура.
Позначення: 1 – середнє арифметичне; 2 – середнє арифметичне ± σ;
3 – середнє арифметичне ± 1,96σ;

При аналізі виявлено дуже сильний прямий достовірний кореляційний зв'язок між кількістю відкритих корневих лап і часткою усихаючих дерев. Але говорити про можливість використання цього показника для прогнозу ймовірності усихання дерев завчасно, адже більші за діаметром стиглі дерева сосни мали більшу кількість корневих лап (залежність між кількістю корневих лап та діаметром дерев: $r = 0,73$).

Індикатором і основною причиною погіршення стану дерев під час низової пожежі у випадку цілковитого згоряння підстилки є наявність (оголеність) корневих лап (рис. 4).



Рис. 4 – Відкрита коренева система на ППП 28 у місцях практично цілком вигорілої підстилки (дерево всохло через один рік після пожежі)

З одного боку, наявність відкритих кореневих лап свідчить про пошкодження коренів першого порядку, з іншого – є індикатором сильного ступеня вигорання підстилки, яке, своєю чергою, може призводити до пошкодження тонких всисних коренів. Як відомо, до 80 % тонкого коріння зосереджено у верхніх 20 см ґрунту і частково – у нижніх шарах підстилки [4, 5]. Так, після пожежі хоча і виявлені опіки стовбура (виражені через висоту нагару), але вплив цього фактора був незначним (середня висота нагару 0,2–0,8 м), основною ж причиною масового всихання дерев було пошкодження корневих систем. Цю гіпотезу підтверджено Varner J. M. зі співавторами [13]. За даними цих авторів, летальна температура під час пожежі може поширюватися углиб ґрунту на понад 20 см. Тривала дія тепла може спричинити пошкодження коріння. Коли корені першого порядку біля основи стовбура будуть пошкоджені та почнуть відмирати, разом з ними загине і решта коренів вищих порядків, пов'язаних із ними [10].

Висновки. Літні пожежі з цілковитим вигоранням підстилки для стиглих і перестиглих сосняків є більш катастрофічними за весняні. Порівняно стрімке погіршення стану дерев після літніх пожеж відбувається за будь-яких величин висоти нагару.

Найбільш відчутно реагують на постпожежні пошкодження дерева найвищих ступенів товщини – відпад 48–55 % за мінімальних пошкоджень (висота нагару до 1 м) та 100 % – при нагарі висотою понад 1 м.

Висока інтенсивність усихання більш розвинених дерев пов'язана з накопиченням порівняно більшого об'єму підстилки під основою їхніх стовбурів, що сприяє підвищенню інтенсивності пожежі та її локалізації саме біля стовбурової частини дерев і, як наслідок, значному пошкодженню корневих систем дерев.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Атраментова Л. О. Біометрія. Ч. 2. Порівняння груп і аналіз зв'язку : підручник / Л. О. Атраментова, О. М. Утевська. – Х. : Ранок, 2007. – 176 с.
2. Воробьев Д. В. Методика лесотипологических исследований / Д. В. Воробьев. – К. : Урожай, 1967. – 386 с.
3. Ворон В. П. Особенности послепожарного развития сосновых молодняков / В. П. Ворон, С. Г. Сидоренко // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси. – Гомель : Институт леса НАН Беларуси, 2014. – Вып. 74. – С. 513–523.
4. Калинин М. И. Моделирование лесных насаждений (биометрия и стереометрия) / М. И. Калинин. – Львов : Вища школа, 1978. – 207 с.
5. Калинин М. И. Формирование корневой системы деревьев / М. И. Калинин. – М. : Лесн. пром-сть, 1983. – 152 с.
6. Лакин Г. Ф. Биометрия : учебное пособие для ун-тов и пед. ин-тов / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1973. – 343 с.
7. Особливості розвитку дерев при різних типах пошкодження сосняків після низових пожеж / В. П. Ворон, С. Г. Сидоренко, Є. Є. Мельник, С. В. Івашинюта / Наукові праці ЛАНУ. – 2012. – №. 10. – С. 148–154.
8. Прогнозирование развития сосняков Украины, поврежденных низовыми пожарами / В. П. Ворон, С. Г. Сидоренко, Е. Е. Мельник, О. Н. Ткач // Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития : материалы междунар. научно-практ. конф., Гомель, 09–11 октября 2013 г. – Гомель : Ин-т леса НАН Беларуси, 2013. – С. 9–12.
9. Шалабанов А. К. Эконометрика : учебно-метод. пособие / А. К. Шалабанов, Д. А. Роганов. – Казань : Академия управления «ГИСБИ», 2008. – 203 с.
10. Endogenous and exogenous controls of root lifespan, mortality and nitrogen flux in a longleaf pine forest: root branch order predominates / D. L. Guo, R. J. Mitchell, J. M. Withington et al. // Journal of Ecology. – 2008. – Vol. 96. – P. 737–745.
11. Harmon Mark E. Survival of trees after low-intensity surface fires in Great Smoky Mountains National Park / Mark E. Harmon // Ecology. – 1984. – Vol. 65, Iss. 3. – P. 796–802.
12. Overstory tree mortality resulting from re-introducing fire to long-unburned longleaf pine forests: the importance of duff moisture / J. M. Varner, J. K. Hiers, R. D. Ottmar et al. // Canadian Journal of Forest Research. – 2007. – Vol. 37. – P. 1349–1358.

13. Post-fire tree stress and growth following smoldering duff fires / J. M. Varner, F. E. Putz, J. J. O'Brien et al. // *Forest Ecology and Management*. – 2009. – Vol. 258. – P. 2467–2474.

14. Prediction of delayed mortality of fire-damaged ponderosa pine following prescribed fires in eastern Oregon, USA / W. G. Thies, D. J. Westlind, M. Loewen and G. Brenner // *International Journal of Wildland Fire*. – 2006. – Vol. 15. – P. 19–29.

15. *Varner J. M. Smoldering fire in long-unburned longleaf pine forests: linking fuels with fire effects : Dissertation / J. M. Varner. – University of Florida, Gainesville, USA, 2005. – 123 p.*

Sydorenko S. G.¹, Voron V. P.¹, Melnik E. E.¹, Sydorenko A. G.²

PECULIARITIES OF THE MATURE PINE STANDS FORMATION AFTER SURFACE FIRES

1. Ukrainian Research Institute of Forestry & Forest melioration named after G. M. Vysotsky

2. Kharkiv National Agrarian University named after V. V. Dokuchaev

Fires are considered to be one of the most dangerous phenomena for forests resulting in catastrophic economic, environmental and social losses.

It has been established that spring and summer fires have different effects on mature pine forest stands. Greater mortality exactly after summer fires as compared to that after spring is statistically significant ($F_f = 154,6$; $F_{0,001} = 11$; $p < 0,001$). In fact, the share of the tree mortality after summer fires was 10 times higher than after spring ones (53.1 % vs. 5.3 %). It has been found that the most depressed trees die after any damage; the most developed trees with highest degree of thickness also react extremely badly after damaging (their tree mortality is 48–55 % at minimal damage).

One of the primary reason of the most developed trees' mortality is accumulation of more thick forest litter under the base of the tree trunk and, as a consequence, the maximum damage of this particular part of the tree. The forest litter thickness ranges from 7 to 15 cm at the base of the trunk ($11,000 \pm 0,518$ cm an average) and decreases with increasing distance from the trunk to $2,6 \pm 0,30$ cm ($F_f = 56,8$; $F_t = 2,7$; $p < 0,001$).

It has been found that the bark thickness at the litter level is 2.5 times thinner than one above the litter level – $8,8 \pm 0,99$ mm and $22,2 \pm 2,29$ mm, respectively. Differences in the sample trees bark thickness have been confirmed statistically ($t_f = 5,54$; $t_{0,05} = 2,26$). Therefore, at the surface fire, when complete combustion of the litter stratum occurs, root systems and the lowest part of the trunk have sustained extensive damage, which lead to intensive mortality.

К е у w o r d s : surface fire, post-fire growth, mature pine stands, fire season, bark thickness, forest litter.

Сидоренко С. Г.¹, Ворон В. П.¹, Мельник Е. Е.¹, Сидоренко А. Г.²

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЛЫХ ДРЕВОСТАНОВ ПОСЛЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ

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

2. Харьковский Национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева

Пожары для лесов являются одним из самых опасных экологических факторов, наносящих экономические, экологические и социальные убытки. Установлено, что весенние и летние пожары имели разные последствия для спелых сосняков. Доказано, что величина и уровень отпада после летних пожаров значительно выше, чем после весенних; разница оказалась статистически значимой ($F_\phi = 154,6$; $F_{0,001} = 11$; $p < 0,001$). Фактически доля сухостоя после летних пожаров была в 10 раз выше, чем после весенних (53,1 % против 5,3 %). Выявлено, что наиболее остальные в росте деревья отмирают даже при минимальных повреждениях (процесс напоминает естественное изреживание древостоя), наиболее развитые деревья высоких степеней толщины также реагируют на повреждение чрезвычайно остро – отпад 48–55 % при минимальных повреждениях.

Одной из причин усыхания более развитых деревьев является накопление большого объема подстилки под основанием ствола и, как следствие, максимальное повреждение именно этой части дерева. Толщина подстилки колебалась от 7 до 15 см у основания ствола (среднее значение – $11 \pm 0,518$ см) и уменьшалась с увеличением расстояния от ствола до $2,6 \pm 0,30$ см ($F_\phi = 56,8$; $F_\tau = 2,7$; $p < 0,001$).

Установлено, что толщина коры на корневых лапах в 2,5 раза тоньше, чем на стволе в комлевой части: $8,8 \pm 0,99$ мм против $22,2 \pm 2,29$ мм. Достоверность различий в толщине коры на модельных деревьях подтверждена статистически ($t_\phi = 5,54$; $t_{0,05} = 2,26$). Поэтому при низовом пожаре, когда наблюдается полное сгорание подстилки, основным повреждением после пожара является повреждение корневых систем (корневых лап) и комлевой части ствола, что и приводит к усыханию деревьев.

К л ю ч е в ы е с л о в а : низовой пожар, послепожарное развитие, спелые сосняки, сезон пожара, толщина коры, лесная подстилка.

E-mail: loki_888@i.ua

Одержано редколегією 29.10.2015