

*А. Д. Кузык, д-р с.-г. наук, доцент, В. І. Товарянський
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

МАСОВА ШВИДКІСТЬ ВИГОРАННЯ ХВОЇ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ЯК ПОКАЗНИК ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Проведено дослідження масової швидкості вигорання хвої молодих соснових насаджень. Проведено аналіз складу суміші горючих речовин, що утворюють шар настилу. Визначено масову швидкість вигорання хвої опалої, що входить до складу лісової підстилки, а також сухої та свіжозірваної. Отримано оцінку горючості хвої сухої та опалої у порівнянні з свіжозірваною. Побудовано залежності маси та масової швидкості вигорання хвої соснових молодняків від часу. Встановлено відносний критерій поділу різновидів хвої сосни звичайної в залежності від їх пожежної небезпеки.

Ключові слова: лісові пожежі, хвоя, маса, масова швидкість вигорання, спалювання.

А. Д. Кузык, В. И. Товарянский

МАССОВАЯ СКОРОСТЬ ВЫГОРАНИЯ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Проведено исследование массовой скорости выгорания хвои молодых сосновых насаждений. Выяснено анализ состава смеси горючих веществ, образующих слой настила. Определено массовую скорость выгорания хвои опавшей, которая входит в состав лесной подстилки, а также сухой и свежесорванной. Дана оценка горючести хвои сухой и опавшей по сравнению с свежесорванной. Построены зависимости массы и массовой скорости выгорания хвои сосновых молодняков от времени. Установлено относительный критерий разделения разновидностей хвои сосны обыкновенной в зависимости от их пожарной опасности.

Ключевые слова: лесные пожары, хвоя, масса, массовая скорость выгорания, сжигание.

A.D. Kuzyk, V. I. Tovyaryansky

MASS LOSS VELOCITY OF BURNING NEEDLES OF PINE AS AN INDICATOR OF FIRE HAZARD

A mass loss velocity of burning needles of young pine plantations was researched. The analysis of combustible substances that form a layer of forest litter was carried out. Mass loss velocity of burning dead needles, which belong to forest litter, dry and fresh was obtained. Evaluation of combustion properties of dry and dead needles compared with fresh was provided. Dependence of mass and mass lost velocity burning needles of young pine from time was obtained. Relative segregation criterion of pine needles according to their fire hazard was found.

Keywords: forest fires, pine needles, weight, mass lost velocity of burnout, burning.

Вступ. Аналіз пожеж за останнє десятиліття свідчить про їх динамічне зростання. До переліку об'єктів, що зазнають вражаючої дії вогню, належать лісові насадження. Пожежі лісів є однією з основних причин погіршення стану довкілля, зокрема й середовища лісу. З точки зору моніторингу навколишнього середовища тенденція зростання кількості та площ лісових пожеж, а також розмір матеріальних збитків, що при цьому виникають, незначним темпом спричинюють екологічну катастрофу. Тепло і продукти горіння, які виділяються внаслідок лісової пожежі, не лише призводять до змін у екосистемі, але й до погіршення умов життя й здоров'я людей, які проживають поблизу таких територій. Це спричиняє кліматичні зміни в атмосфері в результаті викиду продуктів горіння, а також виникнення парникового ефекту.

У світі в середньому впродовж року виникає декілька сотень тисяч лісових пожеж, внаслідок яких знищуються лісові ресурси на площі 10 млн га. Згідно з критерієм оцінки лісових пожеж за їх масштабом, катастрофічними є такі, що призвели до знищення територій площею більше 500 га. Ці пожежі прийнято вважати складними, а для їх гасіння потрібні значні ресурси.

Постановка проблеми. Молоді соснові ліси є надзвичайно пожежонебезпечними [1]. Слід зазначити, що насадження цього типу лісу займають перше місце за площею від загальної кількості хвойних молодих насаджень на території України. Причин виникнення пожеж в хвойних молодняках є багато, а запобігти їм – складно. У зв'язку з цим актуальним завданням є дослідження пожежної небезпеки хвойних насаджень у молодому віці.

Аналіз джерел. Експериментальними дослідженнями у галузі пожежної небезпеки лісів, зокрема і хвойних, займалися В. Г. Нестеров, І. С. Мелехов, R. Szczygieł, W. R. Stevens, А. Д. Кузик [1-3], [6], які отримали певні результати щодо процесів займання лісових горючих матеріалів. Але досліджень масової швидкості вигорання лісових горючих матеріалів є недостатньо. Наприклад у [7] досліджували втрату маси в процесі горіння деяких видів лісових горючих матеріалів у лабораторних умовах. Проте досліджень масової швидкості вигорання хвої сосни звичайної, зокрема у молодому віці – не виявлено.

Мета досліджень. Встановити для трьох станів хвої сосни звичайної (опалої, сухої та свіжозірваної) залежності маси від часу горіння та масові швидкості вигорання.

Прилади і методи. У ході проведення досліджень використано ваги електронні з діапазоном вимірювання від 0,1 до 2000 г та ціною поділки 0,1 г, а також секундомір лабораторний. За основу взято метод, описаний в [7].

Виклад матеріалу. Причиною великої кількості випадків виникнення пожеж у лісі є безпосередня діяльність людини. Домінуючими з них є підпал (43%), котрі серед загальної кількості останнім часом відображують тенденцію зростання. Необережність осіб та пожежі, причини виникнення яких важко встановити, становлять більше 20%. Всього 8% від усієї кількості становить перекидання вогню (горіння трав й чагарників) з суміжних ділянок. Це встановлено даними статистики лісових пожеж у світі впродовж десяти років [6].

Щодо молодих хвойних насаджень, то це середовище характерне великою щільністю розташування горючих речовин, до яких відносимо як деревину та її складові частини (опалі гілки, кору тощо), так і рослини як структурні елементи фітоценозу. Сукупність цих складових в опалому вигляді утворює підстилку [1, 2]. Як правило горіння стовбурів та гілок дерев – це пожежа верхова, проте її поява – чинник вторинний. Саме інтенсивність розвитку низової пожежі, яка характерна якраз горінням підстилки, сприяє її переходу у верхову.

Існує багато факторів, від яких залежить виникнення й розповсюдження вогню лісовими ділянками, та які на сьогоднішній час не достатньо досліджені. До них можна віднести як умови довкілля, так і фізичні чи хімічні властивості деревини. В даній роботі проведено експериментальне дослідження щодо визначення масової швидкості вигорання хвої сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) у молодому віці. Масовою швидкістю вигорання речовини прийнято вважати похідну від зміни маси речовини за час, протягом якого відбувається її горіння [7]. Ця величина визначає пожежонебезпечні характеристики горючого матеріалу, залежить від багатьох умов, зокрема агрегатного стану речовини, її хімічного складу, геометричних розмірів й способу розташування, температури середовища тощо. У випадку виникнення пожежі у молодому лісі, особливо хвойному, де велику частку горючої речовини становить хвоя свіжа та мертва (опала), масова швидкість вигорання характеризує інтенсивність процесу поширення полум'я в реальних умовах. У наукових працях В. Г. Нестерова та І. С. Мелехова висвітлено результати дослідження займистості та поширення полум'я лісової підстилки [3]. Проте відсутні дані, що стосуються вивчення швидкості вигорання окремих елементів, зокрема й хвої молодих соснових насаджень, якій властивий ряд відмінностей у порівнянні з деревами цього виду старшого віку (понад 40 років).

Дослідження проводились у лабораторних умовах. Основною метою досліджень було встановлення залежності масової швидкості вигорання хвої від стану її вологості. Відбір хвої здійснено 2014 року на території Львівської області. Для визначення масової швидкості вигорання хвою взяли опалу (входить до складу підстилки), суху та свіжозірвану. Для кожного із трьох видів хвої заздалегідь встановили масу та поділили на п'ять взірців однакової маси.

Взірці розміщували на керамічній тарілці, встановленій на електронні ваги, і підпалювали. Масу взірців визначали через кожних 10 секунд від початку запалювання. Значення середньої маси взірців кожної групи у відповідні моменти часу наведені в табл. 1.

Таблиця 1

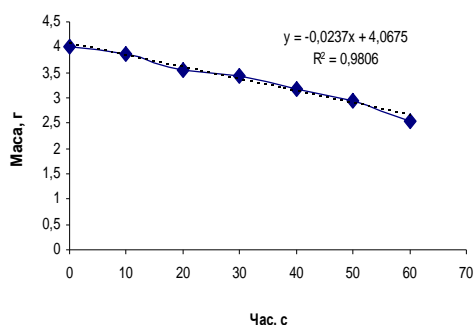
Значення маси трьох різновидів хвої в залежності від часу її спалювання

Час, с	Середнє значення маси досліджуваних зразків хвої, г		
	Свіжозірвана	Суха	Опала
0	4,00	4,00	4,00
10	3,87	3,82	3,85
20	3,55	3,55	3,41
30	3,44	3,24	3,03
40	3,16	2,81	2,64
50	2,94	2,29	2,26
60	2,54	1,79	1,91

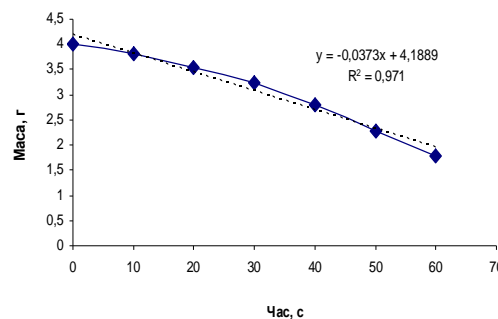
Горіння свіжозірваної хвої було нестійким та мало тенденцію до згасання. Це свідчить про великий вміст води у взірцях цієї групи. Проте, незважаючи на це, горіння тривало, оскільки наявність органічних речовин підсилює здатність займистості свіжозірваної хвої [5].

Хвоя, що утримується на гілках молодих насаджень, є достатньо добрим провідником горіння [4]. Проте горіння живої хвої відбувається в умовах верхової пожежі, а низова пожежа виникає частіше і спричинюється горінням підстилки. Структура підстилки становить комплекс багатьох компонентів – відмерлих решток трав'яних рослин, опалої кори, насіння, а також хвої, частка якої є найбільшою. Хвоя, що входить до складу підстилки, за відсутності опадів, має незначну вологість. Маса однакової кількості хвоїнок свіжозірваної та опалої хвої є неоднаковою. Навіть за умов підвищеної вологості повітря підстилка зберігає здатність займатися і поширювати полум'я на значну відстань та є потужним джерелом для попереднього підігріву крон нижніх гілок, що сприяє їх займанню. Висока небезпека горіння підстилки спостерігається у весняний період, коли внаслідок впливу вітру змінного напрямку відбувається її підсушування.

Дослідження залежності маси від часу горіння хвої кожного з видів дають змогу порівняти їх пожежну небезпеку. Окрім свіжозірваної та опалої хвої з метою порівняння досліджували і абсолютно суху хвою. Її отримали внаслідок висушування у лабораторній сушильній шафі свіжозірваної хвої при температурі 105°C впродовж 2-ох годин.



а)



б)

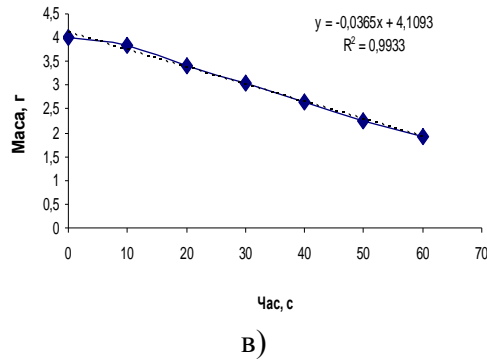


Рис. 1. Динаміка зміни середньої маси хвої сосни звичайної під час дослідження:
а – свіжозірвана; б – суха; в – опала

Середні значення масових швидкостей вигорання для свіжозірваної, сухої та опалої хвої становлять, відповідно, 0,0243 г/с, 0,0368 г/с, і 0,0348 г/с. Для отримання масової швидкості вигорання кожного з видів хвої іншим способом побудували лінійні регресійні залежності маси під час досліджень (рис.1). Кутовий коефіцієнт кожної прямої є середнім значенням відповідної масової швидкості вигорання і становить, відповідно, 0,0237 г/с, 0,0373 г/с, і 0,0365 г/с.

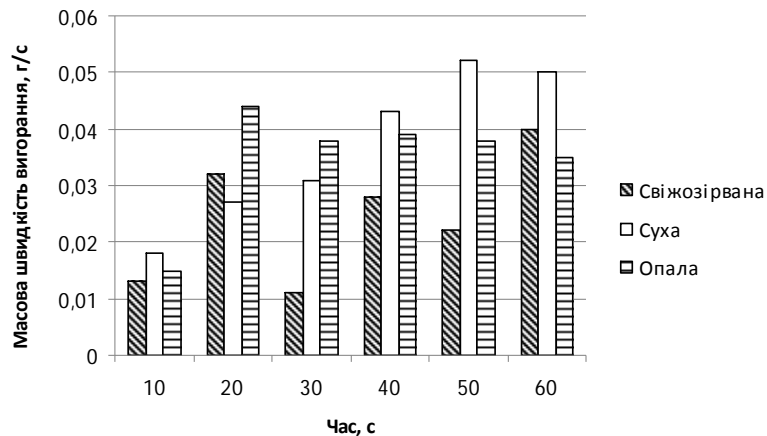


Рис. 2. Масові швидкості вигорання хвої сосни звичайної

На основі результатів (рис.2) отримуємо похибки масових швидкостей вигорання від середніх значень (табл.2).

Таблиця 2

Похибки масової швидкості вигорання хвої сосни звичайної, визначеної як середнє арифметичне, і за кутовим коефіцієнтом лінійної регресії

Час,с	Похибки масової швидкості вигорання, отриманої як середнє арифметичне / за кутовим коефіцієнтом, г/с		
	Свіжозірвана	Суха	Опала
10	-0,0113/-0,0107	-0,0188/-0,0193	-0,0198/-0,0215
20	0,0077/ 0,0083	-0,0098/-0,0103	0,0092/ 0,0075
30	-0,0133/-0,0127	-0,0058/ 0,0063	0,0032/ 0,0015
40	0,0037/ 0,0043	0,0062/ 0,0057	0,0042/ 0,0025
50	-0,0023/-0,0017	0,0152/ 0,0147	0,0032/ 0,0015
60	0,0157/ 0,0163	0,0132/ 0,0127	0,0002/-0,0015
Середня абсолютна похибка	0,0090/0,0070	0,0115/0,0086	0,0066/0,0060

Значення похибок, визначених за кутовим коефіцієнтом лінійної регресії є меншими у порівнянні зі значеннями, визначеними як середнє арифметичне. Тому доцільним вважаємо використовувати саме значення масової швидкості вигорання, отримані за результатами побудови регресійної моделі, як більш точні.

Проведене дослідження дає змогу відносно оцінити показник масової швидкості вигорання хвої, оскільки в реальних лісових умовах, на відміну від лабораторних, виникають фактори, що впливають на процеси горіння, наприклад, її дисперсність, просторове розташування та ін.

Висновок. За результатами експериментального дослідження виявлено неоднакові залежності значень маси хвої від часу горіння. Найбільша втрата маси спостерігається для різновидів сухої хвої, дещо нижча – для опалої. Незважаючи на найменшу масову швидкість вигорання, яка є досить високою, свіжозірвана хвоя також становить значну пожежну небезпеку і зумовлює виникнення верхової пожежі в соснових насадженнях молодого віку.

Список літератури:

1. **Мелехов И. С.** Природа леса и лесные пожары / И. С. Мелехов. – Архангельск : ОГИЗ, 1947. – 58 с.
2. **Мелехов И. С.** О теоретических основах лесной пирологии / И. С. Мелехов. – Архангельск : Изд-во Архангельского лесотехнического института, 1944. – 19 с.
3. **Кузык А. Д.** Пожежонебезпечні властивості лісових горючих матеріалів / А. Д. Кузык // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.4. — С. 214–218.
4. **Конеv Э. В.** Физические основы горения лесных горючих материалов / Э. В. Конеv. – Новосибирск : Наука, 1977. – 239 с.
5. **Иванов М. А.** Химия древесины и целлюлозы / М. А. Иванов – М. : Лесная промышленность, 1982. – 400 с.
6. **Szczygieł R.** Wielkoobszarowe pożary lasow w Polsce / R. Szczygieł, // Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza Vol. 32 Issue 1. – 2012. – 120 s.
7. **Dupuy J-L.** Fires from a cylindrical forest fuel burner : combustion dynamics and flame properties [Електронний ресурс] / J-L. Dupuy, J. Marechal, D. Portier, D. Morvan // Combustion and Flame, 2003 – Режим доступу : http://science-bsea.narod.ru/2005/leskomp_2005/busygin.htm.

References:

1. **Melehov I. S.** Priroda lesa i lesnyie požaryi / I. S. Melehov. – Arhangelsk : OGIZ, 1947. – 58 s.
2. **Melehov I. S.** O teoreticheskikh osnovah lesnoy pirologii / I. S. Melehov. – Arhangelsk : Izd-vo Arhangelskogo lesotekhnicheskogo instituta, 1944. – 19 s.
3. **Kuzyk A. D.** Pozhezhonebezpechni vlastyivosti lisovykh horyuchykh materialiv / A. D. Kuzyk // Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny: zb. nauk.-tekhn. prats'. – L'viv: RVV NLTU Ukrayiny. – 2014. – Vyp. 24.4. – S. 214–218.
4. **Konev E. V.** Fizicheskie osnovy gorennya lesnyih goryuchih materialov / E. V. Konev. – Novosibirsk : Nauka, 1977. – 239 s.
5. **Ivanov M. A.** Himiya drevesinyi i tsellyulozyi / M. A. Ivanov – M. : Lesnaya promyshlennost, 1982. – 400 s.
6. **Szczygieł R.** Wielkoobszarowe pożary lasow w Polsce / R. Szczygieł, // Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza Vol. 32 Issue 1. – 2012. – 120 s.
7. **Dupuy J-L.** Fires from a cylindrical forest fuel burner : combustion dynamics and flame properties [Elektronnyy resurs] / J-L. Dupuy, J. Marechal, D. Portier, D. Morvan // Combustion and Flame, 2003 – Rezhym dostupu : http://science-bsea.narod.ru/2005/leskomp_2005/busygin.htm.

