

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ НАЗЕМНИХ ЛІСОВИХ ГОРЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ У СОСНОВИХ ЛІСАХ КИЇВСЬКОГО ПОЛІССЯ

П. П. Яворовський, доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, професор кафедри лісівництва,
Р. В. Гуржій, аспірант кафедри лісівництва*,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
С. Г. Сидоренко, кандидат сільськогосподарських наук, старший
науковий співробітник лабораторії екології лісу,
Український науково-дослідний інститут лісового господарства
та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького
E-mail: p.p.iavorovskiy@nubip.edu.ua

Лісові насадження зазнають наростаючого впливу негативних чинників, спричинених глобальними змінами клімату та надмірним антропогенним навантаженням. Це призводить до збільшення частоти виникнення лісових пожеж. Особливо це стосується соснових лісів, де трапляється понад 70 % лісових пожеж. Інтенсивність і перебіг лісових пожеж значною мірою залежать від кількісного складу лісових горючих матеріалів (ЛГМ) та їхньої здатності до загоряння, умов погоди, і таксаційних та лісівничих характеристик насадження.

Запаси ЛГМ визначали методами повного відбору їх на тимчасових пробних площах і визначення їхньої маси з облікових майданчиків.

Проаналізовано особливості накопичення запасів ЛГМ у чистих соснових насадженнях залежно від типу лісорослинних умов (ТЛУ) і віку сосняків. Виявлено тенденції до збільшення запасів ЛГМ із віком насаджень. Встановлено зміну з віком у соснових деревостанах не тільки кількісних показників лісової підстилки, а і її якісних характеристик, зокрема співвідношення поміж шарами мінералізації лісової підстилки та змінами її товщини.

У чистих соснових насадженнях 45-річного віку в умовах свіжого сугруду участь фракцій 1 – hr, 10 – hr, 100 – hr є на 5–6 % більшою порівняно з 30-річними сосняками, що свідчить про інтенсивніший відпад деревної ламані у цьому віці. Водночас, у свіжому суборі фракція 1 – hr є більшою на 3–5 % у 90-річному віці, фракція 100 – hr має більші запаси у 75-річному віці і становить понад 17 % від загального запасу ЛГМ.

За умов недостатнього висихання нижніх шарів підстилки, які є значно вологішими порівняно з верхніми, вони не вигоряють цілком і під час пожежі виконують функцію термоізоляційного буфера, перешкоджаючи пошкодженню кореневих лап і коренів деревних рослин, розташованих у верхніх шарах ґрунту.

Ключові слова: рослинні горючі матеріали, шари мінералізації лісової підстилки, лісова пожежна небезпека, сосняки, лісова підстилка.

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник П. П. Яворовський.

Актуальність та аналіз останніх досліджень. Тенденція до збільшення кількості та площі лісових пожеж зберігається упродовж останніх десятиліть, про що свідчать роботи науковців (Zibtsev, 2000; Voron et al., 2005; Sidorenko et al., 2015; Yavorovsky & Hurzhii 2017, 2018 та ін.). Частково запобігти такому явищу можливо лише за умови успішного прогнозування умов виникнення та розвитку природних пожеж на основі виявлення запасів і пірологічних характеристик ЛГМ (Levchenko et al., 2015). Склад, особливості та мінливість ЛГМ залежать від типу лісу, таксаційних і лісівничих характеристик насаджень, рельєфу та особливостей кліматичних умов, які впливають на швидкість розкладання рослинних органічних решток і здатність ЛГМ до загоряння. Зміни природно-кліматичних умов впливають на швидкість відмирання фітомаси крони, а отже і на масу опадів (хвої, листків, плодів і дрібних гілок) із дерев, з якого формується лісова підстилка. Також змінюється швидкість їх висихання, а отже і настання рівня «пірологічної стиглості» насадження. Це зумовлює необхідність проведення комплексних досліджень для визначення кількісних та якісних характеристик ЛГМ, які нерозривно пов'язані з потенційним рівнем горимості досліджуваних лісів. Виявлення закономірностей у формуванні комплексів лісових горючих матеріалів дасть змогу в подальшому розробити моделі прогнозування запасів усього комплексу лісових горючих матеріалів для лісів України. Такі дані можуть бути використані при моделюванні поведінки пожеж.

Мета дослідження полягала у визначенні закономірностей формування наземних горючих матеріалів у соснових лісах Київського Полісся.

Матеріали і методи дослідження. Запаси ЛГМ визначали методами пов-

ного відбору їх на пробних площах і визначення їхньої маси з облікових майданчиків розміром 1×1 м. Відібрані зразки лісової підстилки висушували у сушильних камерах до абсолютно сухого стану за температури $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Sofronov et al., 2005). Облікові майданчики розміщували у типових місцях лісових насаджень, у межах проекцій крон дерев, на відстані мінімум $0,25\text{--}1,00$ м від стовбурів дерев залежно від віку деревостану. Відбір зразків підстилки проводили у період стабілізації її маси у серпні – вересні пошарово (Kurbatskyi, 1970), розпочинали з *L*-горизонту, який містив фракції хвої та кори, шишок і гілок. До фракції хвої та кори відносили також листки деревних видів та інші дрібні відмерлі рослинні рештки. Ферментативний горизонт (*F*) було представлено ущільненим шаром підстилки, який складався із напіврозкладених рослинних решток з ознаками анатомічної будови. До гумусового шару лісової підстилки (*H*) відносили порівняно однорідні маси напіврозкладених решток хвої, листків, гілочок та іншого рослинного матеріалу. Ми провели розподіл ЛГМ на чотири групи залежно від величини часток деревного відпаду. До I групи ЛГМ $1\text{--}hr$ відносили деревні частинки діаметром до 6 мм, II групи $10\text{--}hr$ діаметром від 6 до 25 мм, III групи $100\text{--}hr$ діаметром від 26 до 75 мм і VI групи $1000\text{--}hr$ діаметром від 76 до 200 мм (FIREMON Database User Manual., 2006). До I групи ЛГМ також зараховували $1\text{--}hr$; хвою, кору і шишки, а до II групи – рослинні рештки напіврозкладеного і розкладеного горизонтів, (*F*) і (*H*) (Volokitina & Sofronov, 1996).

Результати досліджень та обговорення. У Боярській ЛДС загальна площа лісів сягає $16\,258,1$ га, а частка

сосни звичайної становить близько 13 709,7 га, або 84,3 %, із них найбільш пожежонебезпечними є хвойні молодняки та середньовікові насадження, на частку яких припадає близько 10 255,3 га, тобто 74,8 % від загальної площі насаджень сосни звичайної (табл. 1).

У типологічній структурі лісів Боярської ЛДС переважають лісові насадження, які ростуть в умовах свіжого сугруду 64,56 % (табл. 2).

У віковій структурі соснових насаджень Боярської ЛДС переважають молодняки і середньовікові деревостани. Саме молодняки і середньовікові сосняки мали найбільшу горимість, тут виявлено найбільше лісових пожеж

як за кількістю: 26,76 і 52,32 %, так і за площею: 15,55 і 60,29 % (рис. 1).

Враховуючи те, що найбільш горимими були сосняки, що ростуть в умовах свіжого субору та сугруду, ми провели облік запасів ЛГМ саме в цих едатопах. Запаси ЛГМ у чистих соснових насадженнях, які ростуть в лісорослинних умовах свіжих сугрудів і свіжих суборів, наведено у табл. 3. У II групі ЛГМ виділено різний ступінь мінералізації, щільність і вологість, вони горять здебільшого у безполум'яному режимі.

Виявлено, що збільшення запасів наземних ЛГМ зі збільшенням віку деревостану не є рівномірним, особливо в умовах свіжих суборів. Причиною

1. Розподіл лісових насаджень за групами віку

Види деревних рослин	Групи віку					Разом
	молодняки	середньовікові	пристигаючі	стиглі	перестійні	
Сосна звичайна	1847,7	8407,6	2448,2	556,7	449,5	13709,7
Дуб звичайний	61,2	1494,8	101,1	46,2	111,5	1814,8
Вільха	82,7	102,7	45,2	61,9	15,5	308
клейка						
Береза повисла	34,5	29,4	20,1	38,3	1,9	124,2
Гراب звичайний	3,6	14,4	61	34,7	2,3	116
Дуб	23,1	50,5				73,6
червоний						
Інші деревні види	21,3	40,9	6,5	12,6	30,5	111,8
Разом	2074,1	10140,3	2682,1	750,4	611,2	16258,1

2. Розподіл площі лісів Боярської ЛДС за типами лісорослинних умов, %

Лісництво	Типи лісорослинних умов											
	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	D ₂	D ₃
Боярське	0,05	2,5	-	18,1	6,9	0,3	64,1	3,3	3,0	0,1	1,5	0,0
Плеське	-	-	0,0	32,8	0,2	0,1	64,8	0,8	1,3	0,0	0,2	-
Разом	0,02	0,83	0,01	27,9	2,41	0,15	64,56	1,61	1,85	0,04	0,62	0,002

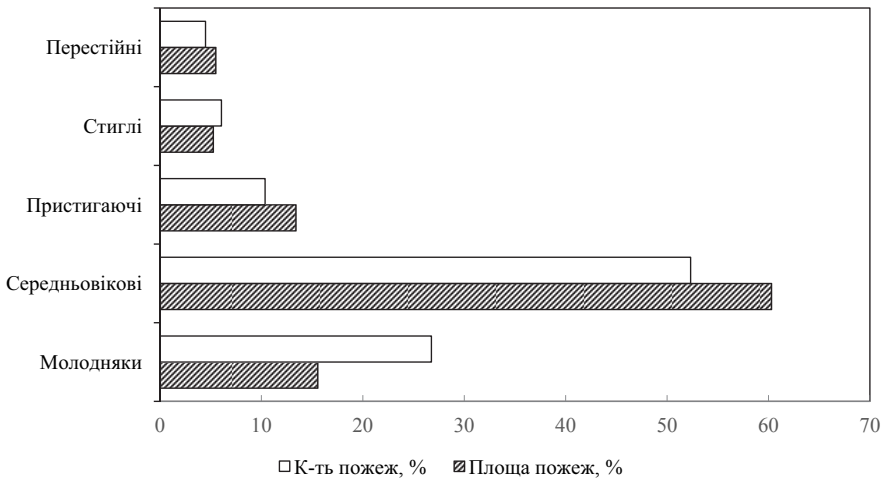


Рис. 1. Розподіл кількості та площі лісових пожеж у соснових насадженнях Боярської ЛДС різних вікових груп

цього є неоднорідність таксаційних показників лісових насаджень. Збільшення запасу ЛГМ із віком відбувається унаслідок росту і розвитку дерев у доростанні, коли збільшується запас хвої в кронах та відбувається сповільнення швидкості розкладання опаду. Фракційний склад, потужність і запаси ЛГМ залежать від низки чинників, серед яких найбільшу роль відіграють лісівничі та таксаційні характеристики насадження.

В умовах свіжих сугрудів і суборів у молодняках 15-річного віку виявлено найбільшу частку опадового шару, який складався переважно з хвої. Нааявність у молодняках сухих нижніх гілок у деревних рослин, сучків та низько опущених крон сприяє переходу низової пожежі у верхову. Тому можна дійти висновку, що такі насадження є найбільш пожежонебезпечними. У старшому віці лісових насаджень з'являється надгрунтовий покрив, представлений видами мохів із відділу *Bryophyta*. У свіжому сугруді частка таких мохів має тенденцію до зростання з віком сосняків. У чистих соснових

насадженнях 45-річного віку в умовах свіжого сугруду участь фракцій 1 – hr, 10 – hr, 100 – hr є на 5–6 % більшою порівняно з 30-річними сосняками, що свідчить про інтенсивніший відпад деревної ламані у цьому віці. Водночас, у свіжому суборі фракція 1 – hr є більшою на 3–5 % у 90-річному віці, фракція 100 – hr має більші запаси у 75-річному віці і становить понад 17 % від загального запасу ЛГМ.

Найбільший запас лісових горючих матеріалів I–II груп в умовах свіжого сугруду (C_2) спостерігається у віці соснових насаджень 60 років, який становить понад 33 т/га. Водночас, у стиглих сосняках, які ростуть в умовах свіжого субору (B_2), показник запасу ЛГМ був у 2,5 разу більший, а саме на рівні 71,4 т/га (рис. 2).

Запас ЛГМ I групи переважає відповідний показник II групи ЛГМ лише у молодняках 15-річного віку, які ростуть в умовах свіжого сугруду (C_2) і 23-річного віку, що ростуть в умовах свіжого бору (B_2), тобто частка запасу опадового шару значно переважає

3. Запаси наземних ЛГМ I групи у чистих соснових насадженнях свіжих сугрудів і суборів Боярської ЛДС, т/га

ТЛУ	Вік	I група ЛГМ							мох
		Опад							
		1 – hr	10 – hr	100 – hr	шишки	листки, хвоя	всього		
C ₂	15	–	–	–	–	4,85	4,85	–	
C ₂	30	0,24	–	–	1,04	8,46	9,75	–	
C ₂	45	1,28	3,70	3,00	1,60	3,06	12,64	2,98	
C ₂	60	0,38	1,20	–	1,71	3,71	7,01	3,13	
C ₂	80	0,18	1,80	–	0,58	2,09	4,62	5,12	
B ₂	15	0,18	–	–	–	5,19	5,37	–	
B ₂	23	0,20	0,70	1,30	0,57	2,39	5,17	0,12	
B ₂	43	0,49	0,40	0,55	1,23	5,02	7,74	0,81	
B ₂	50	0,28	0,70	–	1,22	4,93	7,13	2,66	
B ₂	60	0,35	0,50	0,77	1,92	4,86	8,44	3,99	
B ₂	70	0,38	0,80	1,42	0,66	3,03	6,25	3,21	
B ₂	75	0,26	0,30	1,89	0,65	3,95	7,06	4,01	
B ₂	80	0,62	0,80	0,26	1,93	3,08	6,72	4,65	
B ₂	80	0,62	0,80	0,26	1,93	3,08	6,72	4,65	
B ₂	85	0,55	0,50	0,52	1,39	5,93	8,93	–	
B ₂	90	0,46	0,90	1,60	3,36	9,24	15,50	5,01	

частку запасу ферментативного та гуміфікованого. З віком в умовах свіжого сугруду (C₂) запаси ЛГМ II групи починають домінувати над запасами ЛГМ I групи, у стиглому віці виявлено тенденцію до зменшення як загального запасу ЛГМ, так і запасів ЛГМ I групи. Водночас, в умовах свіжого субору (B₂) з віком запаси ЛГМ I групи переважають і мають більшу масу порівняно з масою ЛГМ II групи особливо після досягнення насадженням V класу віку, й вони збільшуються до досягнення сосняками віку 75 років. У 80-річному віці й у старших соснових насадженнях зафіксовано суттєве зменшення запасів лісової підстилки.

Також від товщини підстилки залежить обсяг теплоти, яка вивільняється під час перебігу лісових пожеж. У лі-

сових насадженнях у міру розвитку посухи відбувається поширене висихання ЛГМ, з'являється можливість займання, поступово зростають активний (який згорає) запас ЛГМ, що індукує збільшення кількості тепла, яке виділяється під час їхнього горіння, швидкості поширення горіння й інтенсивність руху крайки пожежі. Щоб оцінити рівень природної пожежної небезпеки і спрогнозувати поведінку можливої лісової пожежі, необхідно знати закономірності зміни згаданих вище величин через погодні умови і фенологічні зміни у лісових насадженнях.

Згідно з аналізом, який ми провели, потужність шару підстилки має тенденцію до поступового збільшення з віком насаджень. Найменшу товщину та найбільший рівень рихлості лісової

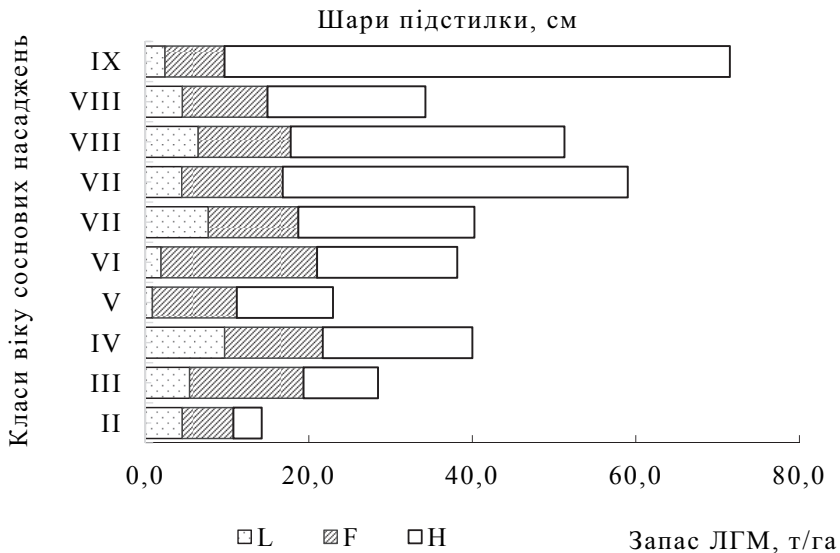


Рис. 2. Розподіл лісової підстилки за шарами мінералізації у сосняках Боярської ЛДС, що ростуть в умовах свіжих суборів

підстилки, які впливають на швидкість горіння ЛГМ, зафіксовано у молодому 15-річному віці насаджень сосни звичайної в умовах свіжого сугруду (C_2), яка становить 2 см, і в такому самому віці у сосняків, які ростуть в умовах свіжого бору (B_2), а саме 3 см. Водночас, найтовстіший шар підстилки для умов свіжого сугруду (C_2) виявлено у віці соснових насаджень 45–60 років, – 6 см. У 80-річному віці сосняків товщина підстилки першої групи має тенденцію до спаду й формує шар товщиною до 5 см. В умовах свіжого субору (B_2) найбільшу потужність шару підстилки – товщиною 7 см – виявлено у пристиглих і стиглих сосняках 70–90-річного віку. У віці соснових насаджень 90 років відзначено зменшення потужності шару підстилки до рівня 4–5 см.

Розподіл лісової підстилки за шарами мінералізації суттєво відрізнявся як у розрізі лісорослинних умов, так і у розрізі віку сосняків. Основною скла-

довою мортмаси шару L є опад хвої. Цей шар підстилки разом із трав'яним покривом належить до I групи ЛГМ, які є «провідниками горіння», тобто він бере активну участь у розвитку та поширенні лісової пожежі і горить, як правило, у «полум'яній» фазі горіння. Нижчі шари лісової підстилки – ферментативний та гуміфікований – належать до II групи ЛГМ (Volokitina & Sofronov, 1996). Вони є більш вологими і щільними, тому горять за «безполум'яної» фази горіння і, як правило, цілком не вигоряють (рис. 2).

За дослідженнями В. П. Ворона (Voron et al., 2016), максимальні значення температур горіння підстилки в умовах суборів, яка висушена до повітряно-сухого стану, зареєстровано в середньому ферментативному (F) шарі на рівні – 370–513°C. Для них характерні значний запас і пухка структура, що сприяє доступу повітря та зростанню температури горіння. Температура

горіння верхнього опадового шару досягала показників у межах 354–444 °С, що пов'язано з невеликою його товщиною. Найнижчу температуру горіння відзначено в шарі *H*, яка коливається на рівні – 200–300 °С (Voron et al., 2016).

Горіння мортмаси цього горизонту часто проходить без полум'я впродовж довгого періоду часу. Режим горіння значних запасів підстилки під основою стовбура призводить до локального пошкодження кореневих лап і дрібних коренів деревних рослин, розміщених у верхніх горизонтах ґрунту, що збільшує вплив і тривалість дії негативних чинників під час постпірогенного розвитку сосняків (Sidorenko et al., 2015).

Виявлено, що запаси ферментативного та гуміфікованого шарів підстилки мають тенденцію до зростання з віком насадження (рис. 5). Найяскравіше таку тенденцію помітно під час проведення аналізу запасів гуміфікованого шару лісової підстилки. Зокрема, у II класі віку сосняків запас цього

шару складав усього 3,5 т/га, у середньовікових сосняках VII класу віку він уже становив 21,5 – 42,2 т/га.

Під час проведення кореляційного аналізу між запасом гуміфікованого шару підстилки та віком насадження, виявлено тісний прямий кореляційний зв'язок: $r = 0,89$ $p = 0,05$. Тобто зі збільшенням віку соснових насаджень збільшується також і запас гуміфікованого шару підстилки. Регресійним аналізом встановлено, що така залежність найкраще апроксимується рівнянням експоненти (рис. 3). За результатами проведення регресійного аналізу встановлено, що об'єм цього шару підстилки на 78 % визначався віком соснового насадження. Водночас, суттєвих достовірних зв'язків між запасом опадового та ферментативного шарів з одного боку та віком насадження з іншого ми не виявили.

Тенденція до збільшення запасу ферментативного та гуміфікованого шарів підстилки зберігаються і для насаджень в умовах свіжого сугруду (рис. 4).

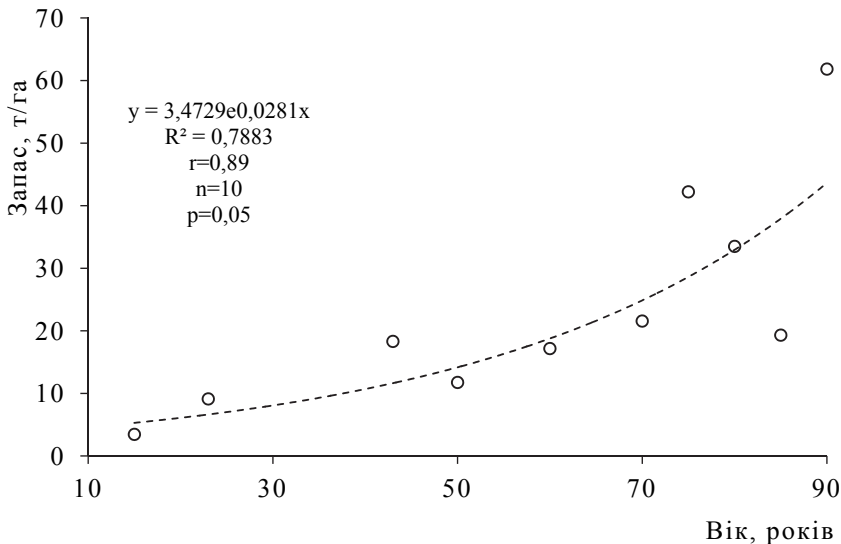


Рис. 3. Залежність запасів гуміфікованого шару підстилки від віку сосняків Боярської ЛДС в умовах свіжого сугруду

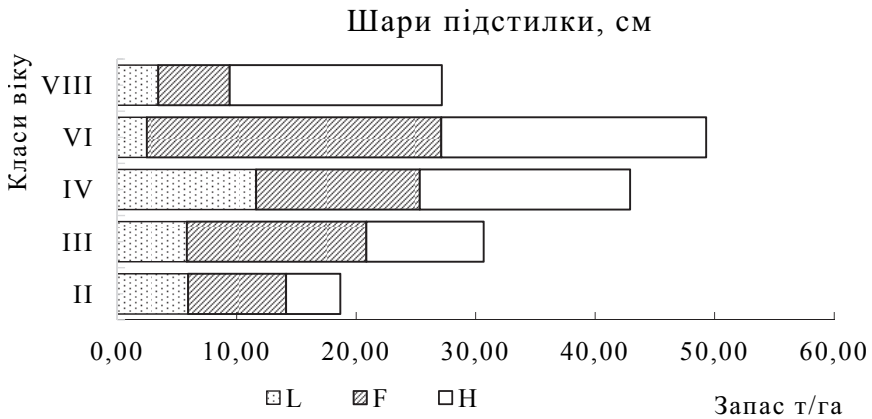


Рис. 4. Розподіл лісової підстилки за шарами мінералізації у сосняках Боярської ЛДС, які ростуть в умовах свіжого сугруду

Висновки і перспективи. Запаси наземних ЛГМ і, зокрема, підстилки збільшуються з віком сосняків. У лісорослинних умовах свіжих суборів порівняно з умовами свіжих сугрудів виявлено більші запаси ЛГМ, особливо у сосняках старших вікових груп, що пояснюється тривалішим процесом розкладання лісової підстилки в перших, оскільки в умовах свіжих сугрудів лісова підстилка розкладається значно інтенсивніше.

Найменші загальні запаси і потужність шару лісової підстилки виявлено в соснових молодняках, а найбільшу товщину її шару зафіксовано у середньовікових і пристигаючих соснових деревостанах, зі збільшенням віку деревостану до 80 років ця тенденція знижується.

Накопичення значних запасів ферментативного та гуміфікованого шарів лісової підстилки у сосняках віком понад 40 років свідчить про підвищення ризику виникнення пожежних ризиків і посилення постпірогенного відпаду за умови повного вигорання усіх шарів підстилки. Водночас, за умов недостатнього висихання нижніх шарів

підстилки, які є значно вологішими порівняно з верхніми, вони не вигорять цілком і під час пожежі виконують функцію термоізоляційного буфера, перешкоджаючи пошкодженню корневих лап та коренів деревних рослин, розміщених у верхніх шарах ґрунту.

Список літератури

- FIREMON Database User Manual. Retrieved from http://frames.nbii.gov/documents/projects/firemon/FMDBv4_Method.pdf
- Hurzhi, R. V., & Malovanyuk, A. V. (2018). Spatio-temporal distribution of forest fires in Ukraine according to satellite imagery. Sustainable management of the forest complex and balanced development of urban landscapes, Kyiv, 46–47 (in Ukrainian).
- Hurzhi, R. V., & Yavorovskiy, P. P. (2018). Stocks of terrestrial wood combustible materials in the forests of Kiev Polesie. Forestry and Forest Melioration, 132, 129–137 (in Ukrainian).
- Hurzhi, R. V. (2017). Trends in the occurrence of forest fires in the forests of the Kyiv Oblast Department of Forestry and Hunting. Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine, 266, 104–110 (in Ukrainian).

- Kurbatsky, N. P. (1970). Investigation of the quantity and properties of forest combustible materials Questions of forest pyrology. Krasnoyarsk, 5–58 (in Russian).
- Levchenko, V. V., Borsuk, O. A., & Borsuk, A. A. (2015). Forest combustible materials. Kyiv, 237 (in Ukrainian).
- Sofronov, M. A., Holodomer, I. M., Volokitina, A. V., & Sofronova, T. M. (2005). Fire hazard in natural conditions. Krasnoyarsk, 330 (in Russian).
- Sydorenko, S. H., Voron, V. P., Melnyk, Ye. Ye., & Sydorenko, A. H. (2015). Peculiarities of the mature pine stands formation after surface fires. Forestry and Forest Melioration, 127, 169–176 (in Ukrainian).
- Volokitina, A. V., & Sofronov, M. A. (1996). Classification of vegetable forest fuel. Forestry, 3, 38–44 (in Russian).
- Voron, V. P., Borysenko, V. H., Tkach, O. M., Muntian, V. K., & Barabash, I. O. (2016). Burning parameters of litter from Ukrainian Polissya pine forests. Forestry and Forest Melioration, 129, 130–138 (in Ukrainian).
- Voron, V. P., Leman, A. V., Stel'mahova, T. F., Plugatar, Y. U. V. (2005). Fire as a factor of destabilization of forests of green areas of the cities of Ukraine. Forestry and Forest Melioration, 15.7, 138–145 (in Ukrainian).
- Yavorovskiy, P. P., & Hurzhii, R. V. (2017). Analysis of forest fires in forests Boyar Forest Experimental Station for 2004–2016. Forestry and Forest Melioration, 131, 158–164 (in Ukrainian).
- Yavorovskiy, P. P. (2015). Forest Fires and Measures to Remove Natural Combustible Materials in Forest. Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine, 71–77 (in Ukrainian).
- Zibtsev, S. V. (2000). State of forest protection from fires in Ukraine and main directions of its improvement. 319–328 (in Ukrainian).

P. P. Yavorovskiy, R. V. Hurzhii, S. H. Sydorenko (2019). Formation of the complex of ground forest combustible materials in pine forests of kyiv polissya.

UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(2): 72-80.

<http://dx.doi.org/10.31548/forest2019.02.072>.

Forest plantations are experiencing the increasing influence of negative factors caused by global climate change and excessive anthropogenic pressure. This leads to an increase of forest fires incidences. This is especially relevant for coniferous forests, where over 70 % of forest fires occur. The intensity and type of fire that occurs in forests depends on the quantitative composition of forest combustible materials and their ability to ignite, weather conditions, and silvicultural characteristics of a stand.

Stocks of forest combustible materials were determined by the methods of their full selection at the research plots (1 m²) and determination of their mass.

Peculiarities of accumulation of stock of the forest combustible materials in pure pine stands are analyzed depending on the type of forest growth conditions and stand age. We established an increase of stock of the forest combustible materials depending on stand age. We have also established the dynamics in pine stands not only of the quantitative indicators of the forest litter, but also of its qualitative characteristics, in particular, the ratio between the mineralization layers of forest litter and its thickness.

Under conditions of insufficient drying of the lower layers of forest litter, which are much more damp in comparison with the upper ones, they do not burn completely and during a forest fire perform the function of thermal insulation buffer, preventing damage to the root systems of tree plants, distributed in the upper layers of the soil.

Keywords: forest fires, stock of forest combustible materials, pine forests, forest litter.

Отримано : 23.11.2018 р.