ПРОВІДНИКИ ГОРІННЯ НИЗОВИХ ПОЖЕЖ У СОСНОВИХ ЛІСОСТАНАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

В. А. КОРЕНЬ, здобувач,

О. М. СОШЕНСЬКИЙ, кандидат сільськогосподарських наук,

orcid.org/0000-0002-3028-0723

В. В. ГУМЕНЮК, кандидат сільськогосподарських наук,

orcid.org/0000-0003-4143-0739

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: Volodymyrkoren@gmail.com

Комплексне оцінювання лісових горючих матеріалів (ЛГМ) є основою планування протипожежних профілактичних заходів на території лісового фонду, а їх класифікація потрібна для прогнозування розвитку пожеж та оцінювання ризику виникнення пожеж. У статті наведено результати дослідження запасів наземних ЛГМ, які формуються в умовах свіжих і вологих борів і суборів Західного Полісся України. Дослідження запасів наземних горючих матеріалів виконували в розрізі груп ЛГМ відповідно до класифікації М. П. Курбатського (I – мохи, лишайники і дрібні рослинні рештки; II – лісова підстилка; III – трав'яна рослинність і напівкущі). За результатами дослідження встановлено закономірності накопичення наземних ЛГМ у соснових лісах, зокрема залежність їх запасів від віку насадження, його повноти, типу лісорослинних умов та особливостей проведення лісгосподарських заходів. Встановлено, що абсолютні значення запасів ЛГМ зростають зі збільшенням віку насаджень, проте відносні значення запасу різних груп вказують на їх сталість, зокрема, в середньому запас I групи ЛГМ становить 13,4 %, II групи – 85,2 %, III групи – 1,4 % їх сумарного запасу. Мінливість запасу ЛГМ II групи становить 4,1 %, I групи – 27,7 % і III групи – 49,5 %. Загальний запас ЛГМ на зрубі є вищим порівняно зі вкритими лісом ділянками, зокрема, загальна маса I–III груп ЛГМ на зрубі вища у 1,2 разу, ніж у стиглих і перестійних соснових насадженнях. Запас наземних ЛГМ у незімкнутих лісових культурах вищий, ніж відповідний середній запас у молодняках, у 2,6 разу. На основі дослідних даних встановлено, що розвиток пожежі та її вид визначається вологістю та просторовою структурою переважно II групи ЛГМ.

Ключові слова: лісові горючі матеріали, лісові пожежі, пожежна небезпека, Західне Полісся України.

Актуальність. Згідно з офіційними даними, у середньому за період 1990–2017 рр. на території України щорічно трапляється близько 3,8 тис. лісових пожеж на загальній площі 5,0 тис. га, при цьому спостерігається тенденція до зростання кількості великих пожеж (Zibtsev et al., 2019). Вагомий вплив на зростання ризиків виникнення і розвитку пожеж мають кліматичні зміни, які слід враховувати, досліджуючи питання пожежної безпеки в лісах. Останніми десятиріччями нестабільність погоди зросла, а періоди з тривалими посухами, тепловими хвилями і днями інтенсивних опадів почастишали і стали більш деструктивними (Jones & Moberg, 2003). Упродовж двох останніх століть частота посух у середньому зросла в 2–3 рази (Svydenko et al., 2014). За прогнозами, упродовж наступних десятиліть на території України слід очікувати негативних змін погодних умов із погляду пожежної безпеки: підвищення температури повітря, зміщення сезонів, зростання тривалості вегетаційного і пожежонебезпечного періодів, зростання повторюваності та інтенсивності хвиль тепла і стихійних гідрометеорологічних явищ, зміну водних ресурсів місцевого стоку (Balabukh et al., 2016; Shevchenko et al., 2014; Svydenko et al., 2016).

Негативні щодо пожежної безпеки кліматичні зміни, які сприяють зростанню рівня пожежної безпеки в лісах, зумовлюють актуальність дослідження лісових горючих матеріалів, комплексна оцінка яких потрібна для прогнозування розвитку пожежі та її перебігу. Наявність інформації про лісові горючі матеріали є передумовою ефективного планування профілактичних протипожежних заходів

та основою оцінювання можливої емісії продуктів горіння у атмосферу і моніторингу зміни запасів вуглецю в екосистемах (Prichard & Susan, 2013).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ризик розвитку лісової пожежі визначається наявністю неперервного шару горючих матеріалів, яким поширюється горіння. У соснових лісостанах провідниками горіння найчастіше є опад, мохи, лишайники та лісова підстилка (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970; Voron, 2018). У нинішній час комплексних досліджень лісових горючих матеріалів у регіоні Західного Полісся України немає, вивчали лише запаси та фракційний склад підстилки соснових насаджень у межах дослідження у 1970-х рр. малого біологічного кругообігу речовин (Myakushko, 1978). Результати попередніх досліджень лісових горючих матеріалів, які проводили в Україні інші вчені, дають змогу виконати загальну оцінку запасів горючих матеріалів у лісах українського Полісся (Borsuk, 2011; Kuzyk, 2012; Voron, 2018), проте для більш повного аналізу потрібно мати поглиблену інформацію – про фракційний склад наземних горючих матеріалів, потужність, щільність, а також висоту, склад та проективне покриття ярусів рослинності (живого надгрунтового покриву, підросту, підліску), які в сукупності дають можливість змоделювати розвиток лісової пожежі в конкретних умовах. Так, за даними М. Софронова наявність у насадженнях підліску та підросту може суттєво підсилювати низові пожежі за показника його зімкнутості на рівні 0,3 і вище, а ярус трав'янистих рослин і кущиків доцільно враховувати за його проективного покриття на рівні 0,4 і вище (Sofronov et al., 2005). Під час

стійких низових пожеж значні запаси лісової підстилки сприяють пошкодженню кореневих систем і стовбурів, що підвищує відпад дерев у насадженнях (Sydorenko et al., 2015). Температура горіння ЛГМ залежить від запасу та вологості підстилки, а також від наявності та складу живого надґрунтового вкриття й запасу опадів (Levchenko et al., 2015). Також, згідно з класичними положеннями, ЛГМ поділяють за їхньою участю у процесі горіння на ті, що підтримують горіння, затримують або не беруть участі у горінні, й ті, що є провідниками горіння (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970). Отже, системні дослідження накопичення ЛГМ та їх зв'язку з лісівничо-таксаційними показниками насаджень у Західному Поліссі не проводили, що зумовлює актуальність цієї роботи.

Метою дослідження є встановлення закономірностей формування наземних лісових горючих матеріалів у соснових лісах Західного Полісся за окремими групами відповідно до класифікації М. П. Курбатського (Kurbatskiy, 1970). Групування ЛГМ здійснюється відповідно до ролі, яку вони відіграють під час пожеж із урахуванням місця їх розташування у насадженні та функцій, які вони виконують під час пожежі. Дослідження спрямоване на визначення запасів наземних лісових горючих матеріалів трьох груп, відповідно до класифікації М. П. Курбатського: I – мохи, лишайники і дрібні рослинні рештки; II – лісова підстилка; III – трав'яна рослинність і напівкущі.

Матеріали і методи дослідження. Дослідні дані збирали на території Сарненського, Кричильського, Страшівського та Костянтинівського лісництв ДП «Сарненське лісове господарство». Під час збирання до-

слідних даних використовували загальноприйняті методи досліджень у лісівництві та лісовій пірології (Kurbatskiy, 1970; Remezov, 1965; Sample areas, 2006). Під час класифікації лісових горючих матеріалів використовували шкалу Н. П. Курбатського, яка передбачає їх розподіл на шість груп (Kurbatskiy, 1970). Предметом дослідження є провідники горіння під час низових пожеж I, II і III груп ЛГМ. ТПП закладали у сосняках I^a–II класів бонітету віком від 9 до 135 років у ТЛУ A₂, A₃, B₂, B₃, які є типовими для регіону дослідження і мають високі відносні показники горимості (Koren, 2015). За формою насаджень, в яких проводили дослідження, – одноярусні, підлісок і підріст рідкий, поодинокий або відсутній, представлений листяними деревними видами (береза, дуб, осика, горобина, крушина та ін.) і сосною звичайною. Окрім того, для порівняння виконано збирання дослідних даних на зрубі та у соснових культурах віком 4 роки. Дані щодо запасу ЛГМ на тимчасових пробних площах (ТПП) збирали шляхом визначення їхньої маси на облікових майданчиках розміром 1×1 м, у поєднанні з оцінкою визначення проективного покриття живого надґрунтового покриву за допомогою лінійних трансект. Запас горючих матеріалів визначали шляхом їх зважування в сирому вигляді з подальшим висушуванням зразків до абсолютно сухого стану за температури 105 °C та повторного зважування. Облікові майданчики розміщували у типових місцях насаджень, у межах проекції крон дерев. Дослідні дані у польових умовах збирали упродовж липня–серпня.

Враховуючи те, що відповідно до методики FIREMON гілки діаметром до 0,6 см згорають повністю, а діаме-

тром 0,7–2,5 см – лише на 25 %, що визначає участь цих фракцій гілок у процесі горіння, їх було розділено на дві фракції: до 0,6 см і від 0,7 до 2,5 см (Fuel Load Sampling Methods, 2019).

Відбір ЛГМ проводили пошарово: опадовий шар, до якого відносили відпалу хвою, елементи кори, шишки, гілки та інші дрібні відмерлі рослини рештки; ферментативний шар підстилки – напіврозкладені рослини рештки з ознаками анатомічної будови; гуміфікований шар підстилки – однорідна маса розкладених рослинних решток. Окремо відбирали фракцію мохів і лишайників. Живий надґрунтовий покрив, який належить до III групи ЛГМ, аналізували без урахування мохів і лишайників.

Основні лісівничо-таксаційні показники насаджень, у яких відбирали зразки ЛГМ із розподілом насаджень за категоріями земель та за групами віку, наведено у табл. 1, зокрема, вказано діапазон значень основних лісівничо-таксаційних показників насаджень на пробних площах.

У лісових насадженнях визначальними для можливого виникнен-

ня пожежі є фракційний склад і маса I групи, яку розподіляють на мохово-лишайникову та опадову підгрупи (Sofronov et al., 2005). Висихання верхнього двосантиметрового шару опадів у сухих сосняках від рівня вологості 100 % до 30 % може відбуватися за 8–10 годин, тоді як висихання мохового покриву до вологості 25 %, за якої він здатен горіти, – відбувається повільніше (на третій день після дощу обгорає тільки поверхня шару мохового покриву *Hylocomium splendens* Schimp. (Volokitina et al., 2002), який має екологічний ареал у вологих борах, свіжих та вологих субборах Полісся і масово траплявся на пробних площах у межах цього дослідження). Горіння цієї групи ЛГМ є полумневим і відбувається переважно під час проходження крайки вогню з виділенням достатнього обсягу теплової енергії для підготовки до горіння інших груп ЛГМ, зокрема більших деревних решток і нижніх шарів підстилки (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970).

ЛГМ II групи у соснових насадженнях становлять, зазвичай, най-

1. Діапазон лісівничо-таксаційних показників соснових насаджень на тимчасових пробних площах у розрізі груп віку

Показники	Категорії земель, групи віку					
	зруб	незімкну-ті лісові культури	вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки			
			молодня-ки	середньо-вікові	пристиглі	стиглі та перестиглі
Кількість ТПП, шт.	1	1	10	6	8	5
Тип лісорослинних умов	B ₂	A ₃	A _{2,3} , B _{2,3}	A _{2,3} , B _{2,3}	A _{2,3} , B _{2,3}	A _{2,3} , B _{2,3}
Вік, років	-	4	11÷34	42÷55	62÷80	94÷139
Середній діаметр, см	-	-	3,6÷16,2	15,2÷23,5	20,2÷29,6	31,2÷46,1
Середня висота, м	-	0,9	3,2÷15,4	14,8÷24,6	19,4÷27,9	24,9÷34,1
Повнота	-	-	0,67÷1,00	0,75÷1,00	0,73÷1,00	0,57÷0,99
Клас бонітету	-	-	I ^a –II	I ^b –I	I ^a –II	I–II
Запас, м ³ ·га ⁻¹	-	-	30÷320	180÷540	340÷490	380÷540

більшу частку запасу наземних ЛГМ провідників горіння і значно впливають на розвиток пожежі (Myakushko, 1978; Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970; Ryabuha, 1972). За високих температур у період тривалих засух лісова підстилка може мати вологість до 14 %, що зумовлює майже повне її згорання (Kurbatskiy, 1970). Проте упродовж більшої частини пожежонебезпечного періоду її вологість вища, ніж у ЛГМ I групи, але нижча, ніж вологість III групи ЛГМ, до якої належать трави та напівкущі. Лісова підстилка у посушливий період здатна поступово підвищувати вологість ЛГМ I групи (Sofronov et al., 2005; Kurbatskiy, 1970) та виконувати роль ізолятора проходження тепла від пожежі у ґрунт, не допускаючи пошкодження кореневих систем рослин (Fuel Load Sampling Methods, 2019).

III група ЛГМ характеризується різнобічним впливом на перебіг пожежі, що залежить від видового складу живого надґрунтового покриву, умов пожежонебезпечного

періоду і типу лісорослинних умов. Деякі види, зокрема папороті, затримують поширення вогню, інші – як от верес, багно – підсилюють горіння (Kurbatskiy, 1970).

Результати дослідження та їх обговорення. В умовах свіжих та вологих борів і суборів, які є найпоширенішими у Західному Поліссі України, накопичується значний обсяг наземних горючих матеріалів, який збільшується з віком і в стиглих насадженнях може становити $180 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (рис. 1). Найбільшу частку наземних ЛГМ складає лісова підстилка, запас якої може сягати до $170 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Запас мохів, лишайників і дрібних рослинних решток може сягати до $15 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Найменшу частку наземних ЛГМ займає трав'яна рослинність та напівкущі – до $6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Загалом потрібно зазначити, що запас наземних ЛГМ і їх розподіл за групами залежить від віку насадження, складу, повноти, ТЛУ та особливостей проведення лісгосподарських заходів. Результати цього дослідження характеризують запаси

Рис. 1. Зміна сумарного запасу наземних ЛГМ I–III груп з віком у сосняках Західного Полісся

ЛГМ типових соснових насаджень Західного Полісся (зокрема склад, ТЛУ, повноту, бонітет насаджень).

Враховуючи зв'язок запасу ЛГМ із віком насаджень, дослідження особливостей накопичення їх у насадженні виконували у розрізі вікових груп. Для порівняння закономірностей накопичення наземних горючих матеріалів у насадженнях і на некритих лісом площах було закладено пробні площі на зрубі та у незімкнутих лісових культурах, що засвідчило вагому різницю у запасах наземних ЛГМ. Середні показники маси ЛГМ в абсолютному сухому стані наведено у табл. 2.

Запас І групи ЛГМ характеризується незначними змінами у розрізі вікових груп: середнє значення становить $8,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (дисперсія 0,8 за $p=0,05$), що свідчить про сталість запасу мохів, лишайників і дрібних рослинних решток у сосняках незалежно від віку насаджень. Середній запас ІІ групи збільшується з $42,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ у молодняках до $99,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ у стиглих і перестійних насадженнях, тому під час моделювання запасу лісової підстилки потрібно враховувати вік насаджень. Середнє значення запасу ЛГМ ІІІ групи становить $1,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (дисперсія 0,7 за $p=0,05$) і в порівнянні з іншими групами займає найменшу частку.

Відповідно до результатів дослідження, наведених у табл. 2, абсолютні значення запасу ЛГМ (окрім І групи)

зростають зі збільшенням їхнього віку, проте відсотковий розподіл запасів різних груп у їх загальному запасі є порівняно сталим. Так, у середньому, запас мохів, лишайників і дрібних рослинних решток становить 13,4 % (дисперсія 3,7 за $p=0,05$), лісової підстилки – 85,2 % (дисперсія 3,5 за $p=0,05$), трав'яної рослинності і напівкущів – 1,4 % (дисперсія 0,70 за $p=0,05$) (рис. 2).

Запас ЛГМ І групи у молодняках, пристигаючих, стиглих і перестійних насадженнях коливається у межах $7,7\text{--}7,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у середньовікових насадженнях становить $9,4 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ запасу. Такий розподіл пояснюється зростанням маси фракцій хвої та гілок у середньовікових соснових насадженнях (Myakushko, 1978; Borsuk, 2013), що пов'язано з періодом максимального приросту деревостанів за запасом, що збігається з максимумом кількості хвої у деревостані (Fuel Load Sampling Methods, 2019; Myakushko, 1978). Детально характеризуючи ЛГМ І групи, потрібно зазначити, що 61,7 % їхнього запасу становить опад, а 38,3 % – мохи. Розподіл ЛГМ І групи за фракціями подано на рис. 3.

Особливу роль у поширенні пожежі відіграють шишки. Під час верхових пожеж шишки у наметі соснового деревостану згорають не відразу і підхоплюються та переносяться на значні відстані конвекційними потоками, що сприяє утворенню плямистих пожеж (Pettuman, 2009). Під час дослідження встановлено,

2. Середні значення запасу ЛГМ та їх середньоквадратичні відхилення (за $p=0,05$) у соснових насадженнях Західного Полісся, $\text{т} \cdot \text{га}^{-1}$

Група ЛГМ	Зруб першого року	Незімкнуті лісові культури	Групи віку			
			молодняки	середньовікові	пристигли	стиглі та перестиглі
І група ЛГМ	39,97	0,86	$7,70 \pm 3,70$	$9,36 \pm 2,62$	$7,93 \pm 1,79$	$7,82 \pm 1,98$
ІІ група ЛГМ	116,2	128,2	$42,95 \pm 21,04$	$64,78 \pm 29,68$	$76,05 \pm 31,88$	$99,46 \pm 66,82$
ІІІ група ЛГМ	0,35	0,22	$0,83 \pm 1,80$	$0,58 \pm 0,80$	$1,07 \pm 1,14$	$2,24 \pm 2,51$
Всього	149,9	134,3	$51,48 \pm 21,55$	$74,71 \pm 29,84$	$85,05 \pm 31,72$	$109,52 \pm 65,57$

Рис. 2. Розподіл запасів ЛГМ I, II і III груп за часткою їх участі у сумарному запасі у розрізі вікових груп

що запас шишок на ТПП коливається в межах $0,7\text{--}1,5\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$, максимальні значення спостерігаються у стиглих і перестійних насадженнях.

Формування шарів лісової підстилки відбувається за певними закономірностями, зокрема, частка шару підстилки, до якого належать напіврозкладені рослинні рештки з

ознаками анатомічної будови, становить у середньому $12,4\%$ (дисперсія $6,2$ за $p=0,05$), а шар гуміфікації – $87,6\%$ (дисперсія $6,2$ за $p=0,05$). В абсолютних величинах запас напіврозкладених рослинних решток залежить від віку та лежить у діапазоні $4,4\text{--}41,5\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$, а запас шару гуміфікації – $12,7\text{--}153,0\text{ т}\cdot\text{га}^{-1}$.

Рис. 3. Розподіл запасу ЛГМ I групи за окремими фракціями

Аналізуючи живий надґрунтовий покрив, встановили, що в досліджуваних типах лісорослинних умов основну частку проективного покриття займає чорниця, в умовах A_2 спостерігались куртини вересу. Інші види, які самостійно не беруть участі у горінні, трапляються у незначних кількостях. У переважній більшості випадків покрив трав'янистих рослин і напівкущів мав незначне проективне покриття – до 0,3.

Типові та поширені у лісовому фонді неокриті лісом ділянки – зруби та незімкнуті лісові культури – мають кардинально інші особливості накопичення наземних ЛГМ порівняно з лісостанами. Так, запас ЛГМ на зрубі, після збирання порубкових решток у купи для їх спалювання є вищим у 1,2–2,9 разу, а в незімкнутих лісових культурах – у 1,1–2,6 разу порівняно з лісовими насадженнями. Фракційна структура наземних ЛГМ на таких ділянках також відрізняється. На зрубках можна виділити всі фракції, крім моху та шишок, і їх запас значно перевищує запаси у насадженнях: за опадом – у 8 разів (у тому числі хвоя і кора – у 7,3 разу, гілки – в 11 разів), лісова підстилка – у 1,6 разу. У незімкнутих лісових культурах немає таких фракцій ЛГМ, як мохи, хвоя та кора опадів, шишки. Опід є у дуже незначних кількостях – $0,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а головну питому масу становить лісова підстилка – $116,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, яка за запасом перевищує в 1,6 разу відповідне середнє значення в насадженнях.

Порівнюючи результати дослідження із результатами, отриманими для інших регіонів поліської природної зони, встановили значні відмінності між ними. Зокрема, у сосняках мохових і вересових білоруського Полісся (Usenia, 2002) максимальний

запас наземних ЛГМ спостерігався у насадженнях віком 30–40 років, за повноти $0,9$ і становив $29,2\text{--}30,7 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ відповідно, а за отриманими під час дослідження результатами середній запас ЛГМ у віці 30–40 років становить $56,5\text{--}63,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Запас наземних ЛГМ у 40–60-річних сосняках Київського Полісся сягає $18,8\text{--}26,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (Borsuk, 2013), а згідно з результатами цього дослідження запас ЛГМ у таких насадженнях – $63,2\text{--}76,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. Згідно з дослідженнями, проведених в умовах Центрального Полісся, запас I–II груп ЛГМ у ТЛУ A_3 і B_3 становить $162,7\text{--}143,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (Ryabuha, 1972), а за результатами цього дослідження відповідний середній запас – $79,0 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$. За результатами дослідження, проведеного в сосняках Рівненського Полісся України, запас лісової підстилки у віці 20–30 років становить $12,4\text{--}24,6 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, в 40 років – $46,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у 80 років – $83,0 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ (Voron, 2018). Для порівняння, середній запас лісової підстилки, визначений за результатами цього дослідження, у 20–30 років становить $41,3\text{--}47,8 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, в 40 років – $54,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у 80 років – $80,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$.

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що в нинішній час оцінка ЛГМ в Україні є фрагментарною з погляду охоплення пожежонебезпечних регіонів і дослідження фракційного складу горючих матеріалів. Брак єдиної, загальноприйнятої методики дослідження ЛГМ призводить до використання різних підходів у визначенні запасів горючих матеріалів та їх розподілу за фракційним складом, відтак – до значних відмінностей у результатах подібних досліджень. Єдина методика дослідження запасів ЛГМ потрібна для розроблення

на національному рівні стандартних моделей горючих матеріалів, що є основою довгострокового й оперативного прогнозування ймовірності виникнення та розвитку лісових пожеж. Встановлені відмінності запасів горючих матеріалів у межах Полісся вказують на необхідність лісопожежного районування території України з урахуванням особливостей ЛГМ, клімату, горимості конкретних територій, ризиків виникнення пожеж та особливостей лісокористування.

Отримані результати дають змогу краще розуміти особливості формування природної пожежної небезпеки у соснових насадженнях Західного Полісся України і можуть в майбутньому використовуватись для розроблення моделей розвитку лісових пожеж.

Висновки і перспективи. Отримані результати демонструють зростання середнього запасу II групи ЛГМ у високоповнотних соснових насадженнях з $42,9 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ у молодняках до $99,5 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ у стиглих і перестійних насадженнях. Середнє значення запасу I групи ЛГМ у молодняках, пристигаючих, стиглих і перестійних насадженнях коливається у межах $7,70\text{--}7,93 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, а у середньовікових насадженнях становить $9,36 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ запасу. Стабільність запасу мохів, лишайників та опадумовлює сталі умови для виникнення пожежі, які визначаються вологістю цієї групи ЛГМ.

Також за результатами дослідження встановлено суттєвий вплив вологості лісорослинних умов на запас ЛГМ у соснових насадженнях, зокрема, мінімальні значення запасу наземних ЛГМ (провідників горіння) спостерігались у свіжих гігروتпах, а максимальні – у вологих, що також підтверджують інші дослідження (Voron, 2018; Ryabuha, 1972). Най-

більша різниця запасів ЛГМ у різних за вологістю умовах спостерігається у молодняках: мінімальне значення $15,2 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ спостерігається у свіжому суборі, а максимальне – $77,0 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$ – у вологому суборі. Такий розмах значень пов'язаний зі значним обсягом органічних решток, які залишились після рубки попереднього деревостану, у насадженнях із вологим гігротопом. Запас провідників горіння у незімкнутих лісових культурах ТЛУ А₃ складає $134,3 \text{ т} \cdot \text{га}^{-1}$, що в 1,1–2,6 рази більше, ніж у лісостанах, це пов'язано, передусім, із запасом ЛГМ до рубки. Наявність значних запасів наземних ЛГМ у соснових насадженнях передбачає виділення більшої кількості теплової енергії під час горіння, а їх розміщення по площі та фракційний склад визначають умови розвитку пожежі.

Список літератури

- Balabukh, V. O., & Zibtsev, S. V. (2016). Impact of climate change on quantity and area of forest fires in the northern part of the Black sea region of Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 18, 60–72 [in Ukrainian].
- Borsuk, O. A. (2013). Comprehensive assessment of the fire hazard of forests of the Chernobyl NPP exclusion zone. *Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 187 (1), 167–175 [in Ukrainian].
- Fuel Load Sampling Methods. FIREMON. Retrieved from: <https://www.frames.gov/partner-sites/firemon/sampling-methods/>.
- Jones, P. D., & Moberg, A., (2003) Hemispheric and Large-Scale Surface Air Temperature Variations: An Extensive Revision and Update to 2001. *Journal of Climate*, 16, 206–223. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/246364404/>.
- Koren, V. A. (2015). Fire history of forest fires in forests of Polissya part of Rivne oblast.

- Scientific Bulletin of NULES of Ukraine*, 219, 1, 85–97 [in Ukrainian].
- Kurbatskiy, N. P. (1970). Investigation of the quantity and properties of forest fuel. *In Issues of forest pyrology* (pp. 5–58). Krasnoyarsk: Institute of Forest of the Siberian Division of the Russian Academy of sciences [in Russian].
- Kuzyk, A. D. (2012). *Ecological and forestry basis of fire safety in forest plantations of Small Polissya*. Lviv, 361 [in Ukrainian].
- Levchenko, V. V., Borsuk, O. A., & Borsuk, A. A. (2015). *Forest fire fuels*. Kyiv: NULES of Ukraine [in Ukrainian].
- Myakushko, V. K. (1978). *Pine forests of plate part of USSR*. Kiev: Naukova dumka, 255 [in Russian].
- Perryman, H. A. (2009). *A mathematical model of spot fires and their management implications*. A Thesis Presented to the Faculty of Humboldt State University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Science in Environmental Systems: Mathematical Modeling, 115.
- Prichard, S. J., Sandberg, D. V., Ottmar, R. D., Eberhardt, E., Andreu, A., Eagle, P., & Swedin, K. (2013). *Fuel Characteristic Classification System Version 3.0: Technical Documentation (PNW-GTR-887)*. Portland, Oregon, USA.
- Remezov, N. P., & Pohrebniak, P. S. (1965). *Forest pedology*. Moscow: Forest industry, 323 [in Russian].
- Rjabuha, E. V. (1972). Accumulation of forest litter in forest stands of Ukrainian Polesye. *Lesovedenie*, 1, 26–34 [in Russian].
- Rodin, L. E., & Bazilevich, N. I. (1965). *Dynamics of organic matter and biological cycling in the main types of vegetation*. Moscow: Nauka [in Russian].
- Shevchenko, O., Vlasniuk, O., Stavchuk, I., Vakoiliuk, M., Illiash, O., & Rozhkova, A. (2014). *Climate Vulnerability Assessment: Ukraine*. Climate Forum East (CFE). Working Group on Climate Change Civic Organizations. Myf-laer. Kyiv. Retrieved from http://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability [in Ukrainian].
- Shvydenko A., Lakyda, P., Schepaschenko, D., Vasylyshyn, R., & Machuk, Yu. (2014). *Carbon, climate, and land-use in Ukraine: Forest sector*. Korsun-Shevchenkivskyi. Publisher V. M. Gavrishenko, 283 [in Ukrainian].
- Shvydenko, A., Buksha, I., & Krakovska, S. (2016). *Strengthening Ukraine's ability to assess the vulnerability of plain forests to climate change*. Clima East project report, CEEF2015-036-UA.
- Sofronov, M. A., Holdammer, Y. H., Volokytna, A. V., & Sofronova, T. M. (2005). *Wildland fire danger*. Krasnoyarsk, Russia: Sukachev Institute of Forest, 330 [in Russian].
- SOU 02.02–37–476 (2006). Sample areas for forest inventory. Method of doing. Kyiv. Ministry of Agrarian Policy of Ukraine, 32 [in Ukrainian].
- 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].
- Usenya, V. V. (2002). *Forest fires: the consequences and the control*. Gomel: Institute of Forest of the National Academy of sciences of Belarus [in Russian].
- Volokitina, A. V., & Sofronov M. A. (2002). *Classification and mapping of forest fuels*. Novosibirsk: SO RAN, 314 [in Russian].
- Voron, V., Tkach, O., Sydorenko, S., & Melnyk, Ye. (2018). Stock of forest litter and ground vegetation as an indicator of fire risk in the pine forests of Polissya. *Proceedings of the forestry academy of sciences of Ukraine*, 16, 9–16. Retrieved from <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/197> [in Ukrainian].
- Zibtsev, S. V., Soshenskiy, O. M., Humeniek, V. V., & Koren, V. A. (2019). Long term dynamic of forest fires in Ukraine. *Ukrainian journal of forest and wood science*, 10 (3), 27–40 [in Ukrainian].

V. A. Koren, O. M. Soshenskyi, V. V. Gumeniuk (2019). Fuel load in Scots pine stands of Western Polissya of Ukraine UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE, 10(3): 53-63. <https://doi.org/10.31548/forest2019.04.053>.

Integrated assessment of forest fuel load is the basis for planning of fire prevention measures, while their classification is necessary for fire risk prediction and fire hazard assessment. The paper presents the results of study of fuel load in Scots pine stands in the fresh and humid site types in the western Polissya of Ukraine, particularly in Rivne oblast. Large and very large forest and peat fires regularly occur in the area burning up to 1000–2000 and more ha annually. In some cases, fires cross the border between Ukraine and Republic Belarus. So, developing fuel model for the region is an important step towards better fire management for both countries. For the purpose of this research forest fuel groups were used according to Kurbatsky's classification (I - mosses, lichens and small plant residues; II - forest litter; III - herbaceous vegetation and semi-shrubs). The results show an increase in the average stock of group II of fuel in pine stands from 42.9 t·ha⁻¹ in young forests (till 40 years old) to 99.5 t·ha⁻¹ in mature and overmatured stands. The average value of the stock of group I of fuel in stands of all age ranges from 7.70–9.36 t·ha⁻¹. The average value of the stock of fuels of group III is 1.2 t·ha⁻¹. It has been found that the absolute values of fuel load are increasing with age increase, while relative values of load for different groups indicate their stability with age: group I is 13.4 %, group II – 85.2 % and in group III – 1.4 %. The study has found that the stock of cones fluctuates within 0.7–1.5 t·ha⁻¹, maximum values are observed in mature and overmatured stands. The essential forest fuels load of group II creates pre-conditions for the development of intensive and hot forest fires during drought periods.

Keywords: forest fuels, forest fires, fire danger, Western Polissya of Ukraine.

Отримано: 2019-11-22