

Державне агентство лісових ресурсів України

Національна академія наук України

Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут
лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького

ТКАЧ ОЛЕГ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 630.43:630.181.4

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СОСНЯКІВ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ,
ПОШКОДЖЕНИХ НИЗОВИМИ ПОЖЕЖАМИ**

06.03.03 – лісознавство і лісівництво

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата сільськогосподарських наук

Харків – 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Українському ордена «Знак Пошани» науково-дослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького Державного агентства лісових ресурсів України та Національної академії наук України.

Науковий керівник: кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Ворон Володимир Пантелеймонович,
Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького,
завідувач лабораторії екології лісу

Офіційні опоненти: доктор сільськогосподарських наук, професор
Мазепа Василь Григорович,
Національний лісотехнічний університет України,
професор кафедри лісівництва

кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
Тарнопільська Оксана Михайлівна,
Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова
доцент кафедри лісового та садово-паркового господарства

Захист дисертації відбудеться «24» грудня 2019 р. о 9⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.828.01 в Українському ордена «Знак Пошани» науково-дослідному інституті лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького за адресою: 61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 86.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Українського ордена «Знак Пошани» науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького за адресою: 61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 86.

Автореферат розіслано «21» листопада 2019 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради, канд. с.-г. наук



О. В. Зінченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Лісові пожежі – один із найнебезпечніших екологічних факторів, що ставить під загрозу існування лісів (Курбатський, 1970; Усеня, 2002). Проблема лісових пожеж є надзвичайно актуальною й для України (Левченко, 2015; Балабух, Зібцев, 2016; Ворон та ін., 2017). За останні 30 років середньорічна кількість пожеж в Україні зросла у 2,6 разу (Балабух, Зібцев, 2016).

Особливості пірогенних змін сосняків на території України вивчали в Лісостепу й Степу (Кузик, 2007; Ворон, 2012; Лещенко, 2013; Сидоренко, 2017), тоді як у Волинському Поліссі такі дослідження практично не проводили, оскільки вважалося, що виникненню лісових пожеж запобігає велика кількість опадів. Водночас зростання частоти років із аномальним підвищенням температури повітря та кількістю посушливих днів унаслідок зміни клімату (Зібцев, 2012) суттєво загостило пірологічну ситуацію в цих лісах. Тому вкрай актуальним є виявлення особливостей виникнення лісових пожеж і пірогенних змін сосняків Волинського Полісся.

Оскільки для соснових лісів Полісся характерним є накопичення значних запасів підстилки, що становить надзвичайну пірогенну загрозу за аномально сухих погодних умов, важливим є вивчення формування підстилки та температурного режиму її горіння.

У Поліссі, де сосняки у вологих і сирих гігротопах часто формують поверхневу кореневу систему з розвиненими кореневими лапами, особливе значення мають дослідження пірогенного пошкодження дерев різними типами теплових потоків.

Встановлення регіональних особливостей виникнення лісових пожеж і пірогенного пошкодження сосняків дасть змогу розробити систему заходів щодо попередження виникнення і мінімізації спричинених пожежами збитків.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано в лабораторії екології лісу Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького (УкрНДІЛГА) у межах державних науково-дослідних тем № 23 «Вивчити структурно-функціональні зміни деревостанів в умовах антропогенного впливу та розробити рекомендації щодо ведення лісового господарства в них» (2010–2014 рр., ДР 0104U001926) та № 7 «Вивчити стан та особливості росту насаджень, ушкоджених низовими пожежами, та визначити критерії прогнозування їх деградації в умовах Степу» (2015–2018 рр., ДР 0115U001202).

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження було виявлення особливостей виникнення лісових пожеж і пірогенних змін сосняків Волинського Полісся. Відповідно до цього передбачалося вирішити такі завдання:

– створити й проаналізувати банк даних лісових пожеж та виявити часові й просторові тенденції їхнього виникнення;

- визначити особливості формування лісової підстилки як основного компонента лісових горючих матеріалів (ЛГМ) у соснових лісах Волинського Полісся;

- встановити температурні режими та фактори, що впливають на горіння підстилки соснових насаджень;

- визначити параметри та динаміку режимів нагрівання лісових ґрунтів під впливом теплового випромінювання;

- встановити пірогенні зміни хімізму ґрунтів соснових насаджень Волинського Полісся;

- визначити особливості пірогенного пошкодження та післяпожежного розвитку сосняків регіону;

- вивчити пірогенні зміни радіального приросту й товарності сосняків Волинського Полісся, пошкоджених низовими пожежами;

- розробити систему профілактичних заходів щодо попередження виникнення пожеж і мінімізації економічних збитків, спричинених ними.

Об'єкт дослідження – тенденції виникнення пожеж, лісові горючі матеріали, постпірогенний розвиток сосняків Волинського Полісся.

Предмет дослідження – пошкоджені низовими пожежами сосняки Волинського Полісся України.

Методи дослідження. Дослідження базувалися на принципах порівняльної екології та проведені за загальноприйнятими в лісівництві й лісовій таксації методиками. Отримані результати опрацьовано методами варіаційної статистики та математико-статистичного аналізу з використанням прикладних комп'ютерних програм.

Наукова новизна одержаних результатів.

Уперше:

- на основі аналізу бази даних випадків займань у лісах Рівненщини встановлено просторові та часові тенденції виникнення лісових пожеж, зокрема періоди пожежних максимумів і піків, виявлено залежність виникнення пожеж від погодних та лісорослинних умов та характеристик сосняків;

- визначено віковий тренд формування лісової підстилки як основного компонента лісових горючих матеріалів у соснових лісах Полісся;

- встановлено особливості режимів горіння лісової підстилки залежно від характеристик лісової підстилки;

- виявлено особливості розповсюдження тепла під час низових пожеж у ґрунтах: нагрівання ґрунтів під час пожеж має поверхневий характер; піщані ґрунти прогріваються сильніше й глибше, ніж суглинисті, а сухі – сильніше, ніж вологі;

- встановлено, що в умовах Волинського Полісся особливо катастрофічними є наслідки пожеж в аномально сухі роки, коли відбувається пошкодження крони конвективними потоками гарячого повітря. У вологих і сирих гігротопах до загибелі сосняків приводить пошкодження корневих систем і лап;

- з'ясовано, що летальним для розвитку сосняків є пошкодження: а) конвективними потоками – 2/3 крони дерев; б) тепловипромінюванням –

стовбура за товщини кори менше ніж 3 мм; в) внаслідок теплопровідності–поверхневої кореневої системи.

Удосконалено методики оцінювання горимості сосняків та аномальності погодних умов.

Отримали подальший розвиток методичні підходи щодо оцінювання динаміки постпірогенної зміни радіального приросту й товарності сосняків.

Практичне значення одержаних результатів. Виявлення тенденцій виникнення пожеж, особливостей формування й горимості підстилки та пірогенного пошкодження сосняків дає змогу планувати заходи щодо попередження пожеж та мінімізації спричинених економічних збитків.

Результати досліджень дисертанта враховано в «Рекомендаціях щодо ведення лісового господарства в умовах антропогенного впливу» (схвалені науково-технічною радою Держлісагентства України, протокол № 3 від 20.04.2017) та впроваджено в практику лісового господарства та в навчальний процес, що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є завершеною кваліфікаційною науковою працею здобувача. Дисертантом проведено інформаційний пошук та аналіз літературних джерел, розроблено програму, визначено методи досліджень, проведено польові та камеральні роботи, інтерпретовано отримані результати, сформульовано висновки та підготовлено рекомендації виробництву. Експериментальні дані отримано автором як самостійно, так і в складі експедицій лабораторії екології лісу УкрНДІЛГА. Формулювання основних положень дисертації здійснено особисто дисертантом. Для написання спільних з іншими авторами наукових публікацій автор брав безпосередню участь у зборі експериментальних даних, аналітичному опрацюванні отриманих результатів і підготуванні текстового матеріалу.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації й результати досліджень оприлюднено на конференціях загальнодержавного й міжнародного рівнів: «Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития» (Гомель, 2013), «Лісівнича наука в контексті сталого розвитку» (Харків, 2015), «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (Харків, 2017), XIII Всеукраїнських наукових Таліївських читаннях (Харків, 2017), «Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів» (Житомир, 2017).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 18 наукових праць, із них 2 статті – у наукових фахових виданнях України, 10 статей – у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття – в закордонному фаховому виданні, 5 публікацій – у збірках матеріалів і тез доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків і рекомендацій виробництву, списку використаних джерел (287 найменувань, із них 66 латиницею) та 12 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 191 сторінку, з них основний текст викладено на 141 сторінці, ілюстровано 55 таблицями та 69 рисунками.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОШИРЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ТА ПІРОГЕННИХ ЗМІН ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ

У розділі наведено аналіз результатів досліджень вітчизняних і зарубіжних авторів щодо масштабів і тенденцій виникнення лісових пожеж. Дослідженнями багатьох авторів (Ливайн, 1996; Усеня, 2002; Зібцев, 2012 та ін.) встановлено, що лісові пожежі є потужним дестабілізаційним антропогенним чинником, який завдає лісам значної шкоди. Щорічно на планеті гине від пожеж близько 350 млн га лісів (Zibtsev, 2010). Проблема лісових пожеж є надзвичайно актуальною й для України. За період з 1992 по 2017 рр. у лісах сталося 86 958 пожеж (Зібцев, 2000; Попович, 2012; Яворовський, 2014), а площа пірогенно пошкоджених лісів становила 115 457 га.

Лісові пожежі порушують рівновагу між компонентами лісових екосистем (Сапожников, 1976, 2008; Фуряев, 1996). Характер і ступінь пошкодження лісів залежать від інтенсивності пірогенного впливу й стійкості деревостанів (Санников, 1973; Фуряев, Киреев, 1979; Савченко, 1982; Доррер, 1984; Жила, 2016). Причиною пошкодження стовбура, кореневої системи, кореневих лап і крони дерев є сукупна дія конвективного потоку (на який припадає 80–82 % тепла), теплового випромінювання (14–17 %) і теплопровідності (3–4 %) (Конев, 1972; Косов, 2006). Розроблено методичні підходи щодо прогнозування обсягів постпірогенного відпаду (Молчанов, 1954; Войнов, 1988; Мозолевская, 1990, 1991; Усеня, 2001). Дослідження свідчать (Цветков, Кудинов, 2014; Яворовський, 2014; Левченко та ін., 2015), що поширення лісових пожеж може бути обмежено регулюванням запасів ЛГМ.

Підвищення пожежостійкості лісостанів передбачає регулювання складу деревостанів (Зібцев, 2000; Усеня, 2002), очищення насаджень від захаращеності та лісосік від порубкових залишків, створення системи протипожежних смуг, розривів, бар'єрів, які обмежують поширення пожеж у лісах (Фрянова, Гербель, 2014). Необхідним є розроблення регіональних схем, визначення асортименту деревних порід і технології створення стійких та ефективних листяних лісових бар'єрів (Санников и др., 2016).

За результатами аналізу опрацьовано програму досліджень щодо вивчення післяпожежного розвитку сосняків Волинського Полісся.

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Створено й проаналізовано банк даних лісових пожеж, що виникли в лісах Волинського Полісся у 2002–2017 рр. Зафіксовано сезон пожежі, рік пожежі, еда топ і таксаційні характеристики насаджень. Горимість розраховували в перерахунку як на площу всіх лісів, так і на площу сосняків.

Запаси та структуру лісової підстилки та живого надґрунтового покриву (ЖНП) оцінювали в різних типах лісорослинних умов у соснових лісах північної та південної частин регіону.

Експериментальні дослідження температурних режимів горіння лісової підстилки та розповсюдження теплових потоків у верхніх шарах ґрунту проведено спільно зі співробітниками кафедри фізико-математичних наук Національного університету цивільного захисту України. Методологію досліджень розроблено В. П. Вороном, В. Г. Борисенком і В. К. Мунтяном.

Дослідження впливу пожеж на лісові насадження базувалися на методах порівняльної екології та містили аналіз змін лісових екосистем на закладених екологічних профілях (Ворон, 2011). Пошкодження сосняків низовими пожежами вивчали протягом 2012–2016 рр. на 35 постійних і 24 тимчасових пробних площах, закладених у лісовому фонді Рівненського обласного управління лісового і мисливського господарства.

Постійні пробні площі (ППП) закладено згідно із прийнятими у лісівництві та лісовій таксації методиками (Вороб'єв, 1967; Гром, 2010). Стан дерев оцінювали відповідно до «Санітарних правил в лісах України» та рекомендацій, розроблених лабораторією екології лісу УкрНДІЛГА (Ворон, 2008, 2010).

Пошкодження стовбура оцінювали за висотою нагару на стовбурі та показником опіку тонкої кори. Стан крони оцінювали за дехромацією та дефоліацією, фіксували наявність і рівень пошкодження кореневих лап.

Частота виникнення та негативні наслідки пожеж у лісах Волинського Полісся пов'язані з підвищенням в окремі періоди температури повітря та кількістю спекотних і посушливих днів. На основі середнього квадратичного відхилення (σ) від середнього багаторічного рівня температури та опадів (за період із 1945 до 2015 р.) розраховано критерії аномальності за цими показниками. На їхній основі охарактеризовано погодні умови впродовж 2000–2016 рр. За кількістю опадів аномально сухими для регіону були 2011 та 2015 рр., сухими – 2009 та 2016 рр., а за температурою повітря аномально теплими – 2008, 2012, 2014, 2015 рр.

Пірогенні зміни радіального приросту оцінювали в 70-річному сосняку (кв. 21, вид. 42 Рокитнівського лісництва ДП «Рокитнівське ЛГ»), який був пошкоджений пожежею на початку травня 2013 р. (тип лісу – В₃ДС) та в 50-річному сосняку (кв. 19, вид. 7 Немовицького лісництва ДП «Сарненське ЛГ»), пошкодженому пожежею у квітні 2012 р. (тип лісу В₂ДС). Товщину шарів ранньої, пізньої та річної деревини виміряно приладом HENSON із точністю до 0,01 мм. Проведено перехресне датування річних кілець за допомогою програми CoFeCha P. Холмса.

Статистичну обробку даних проводили як за загальноприйнятими методиками (Лакин, 1973; Атраментова, 2007; Шалабанов, 2008), так і з використанням логістичного регресійного аналізу та ROC-аналізу (Fawcett, 2004). Використано такі прикладні комп'ютерні програми, як MS Excel, Statistica 10, IBM SPSS 20.

ТЕНДЕНЦІ ВИНИКНЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ У ЛІСАХ РЕГІОНУ

У лісовому фонді державних підприємств Рівненського ОУЛМГ за період 2002–2017 рр. зафіксовано 455 пожеж із площею пошкодження лісів 353,7 га. Аналіз сформованої бази даних виникнення пожеж свідчить, що кількість пожеж і пошкоджена ними площа суттєво змінюються в часі та просторі.

Найвищу горимість лісів за кількістю випадків («надзвичайну») зафіксовано в ДП «Остківське ЛГ». В ДП «Зарічненське ЛГ» виявлено «високу» горимість, в інших лісогосподарських підприємствах – «вищу за середню». Найбільшу горимість за площею («нижчу за середню») зареєстровано в ДП «Остківське ЛГ» та ДП «Зарічненське ЛГ». У решти підприємств горимість лісів відповідала низькому ступеню.

Частота виникнення та негативні наслідки пожеж різко зростають у посушливі роки. За період 2002–2016 рр. зафіксовано чотири роки, а саме 2002 (169 пожеж), 2009 (44 пожежі), 2011 (38 пожеж) та 2015 (30 пожеж), коли погодні умови були посушливими. За ці роки зафіксовано 281 випадок пожеж, або 56 % від загальної кількості за 15-річний період.

Періодом пожежного максимуму є квітень – вересень. У ДП «Клесівське ЛГ», ДП «Остківське ЛГ» і ДП «Зарічненське ЛГ» пожежний пік зареєстровано у травні, у ДП «Сарненське ЛГ» – у серпні, у ДП «Костопільське ЛГ» – у квітні, у ДП «Рокитнівське ЛГ» – у вересні.

Максимальна частка пожеж (від 41 до 72 %) припадає на випадки із площею від 0,11 до 0,5 га. Пожеж площею від 5 до 10 га не зафіксовано взагалі, проте зареєстровано пожежі площею від 10 до 50 га.

Переважну більшість пожеж (70–90 %) зафіксовано в сосняках, оскільки вони становлять від 64 до 81 % площі лісів лісогосподарських підприємств. Відносна горимість за площею в перерахунку на всю площу лісів була меншою, ніж горимість сосняків. Тобто горимість у перерахунку на загальну площу суттєво знижує оцінку ризику виникнення пожеж.

Серед усіх типів лісу найбільша горимість сосняків характерна для борів. Максимальну горимість (239 випадків на 1 млн га) відзначено для сухого та свіжого соснового бору.

Найбільшу середньорічну кількість пожеж зареєстровано в сосняках V класу віку, а найвищу відносну горимість – у молодняках і середньовікових насадженнях.

Помітне збільшення кількості пожеж та їхньої площі зазвичай фіксували на відстані до 4 км від населеного пункту. Найбільший ризик виникнення пожеж існує для насаджень на відстані до 2 км від дороги.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ Й ПАРАМЕТРИ ГОРІННЯ ПІДСТИЛКИ ТА ПРОГЕННІ ЗМІНИ ҐРУНТІВ СОСНОВИХ ЛІСІВ

У соснових лісах Полісся накопичуються значні запаси підстилки – до 862 ц/га, а товщина її сягає 17 см, тому лісова підстилка відіграє ключову роль

у виникненні та розвитку пожеж. Регресійним аналізом встановлено, що запас підстилки на 76 % визначається її товщиною ($R^2 = 0,76$; $p = 0,05$).

Запас підстилки в соснових лісостанах залежить від гігروتопу й трофотопу. Наприклад, в 20-річному сосновому насадженні в В₃ маса підстилки є у 2,5 разу більшою, ніж в А₁. Водночас у 60-річних сосняках у борах запас підстилки є у 1,7 разу меншим, ніж у суборах.

Запас підстилки збільшується з віком насадження. Між запасом підстилки та віком насадження встановлено сильну пряму кореляційну залежність ($r = 0,87$; $p = 0,05$). Оскільки запас підстилки зростає з віком, можна стверджувати, що загроза пошкодження дерев пожежею має таку ж тенденцію.

Запас підстилки зменшується у міру віддалення від стовбура. Найбільшим він є біля стовбура, а найменшим – у вільному від крон просторі.

Згорання значних запасів підстилки біля стовбура дерева у вологих гігروتобах спричиняє пошкодження не тільки стовбура, але й корневих систем.

Найменшу вологість має опадовий шар підстилки, який найшвидше висихає. Нижні шари підстилки у В₃ через високу вологість мають значно меншу здатність до загорання. Водночас за посушливих погодних умов у разі висихання значних запасів підстилки до сухого стану їхнє горіння становить надзвичайну загрозу не лише для стовбура, але й для крон дерев.

У міру зростання віку сосняків збільшуються запаси підстилки та її щільність (об'ємна маса) (табл. 1), причому діапазон мінливості значень об'ємної маси є доволі широким (30,6–97,3 г/дм³). Водночас у разі збільшення запасів подовжується тривалість горіння й підвищується температура, а за збільшення щільності підстилки горіння уповільнюється. Кореляційна залежність між об'ємною масою й віком деревостану є прямолінійною і описана рівнянням: $y = 0,7458x + 15,47$ ($r = 0,73$).

Таблиця 1

Об'ємна маса підстилки в соснових насадженнях (В₃), г/дм³

Клас віку насадження	Мікрозони			
	біля стовбура	на межі крони	між кронами	середнє
II	33,7	39,6	19,1	31,5
III	35,1	43,0	31,4	36,2
IV	44,0	47,5	56,8	48,4
V	55,3	41,2	43,7	46,4
VI	68,9	93,9	66,2	74,8
VII	105,3	81,7	65,0	84,1
VIII	110,1	91,6	89,3	97,3

У соснових насадженнях віком до 60 років максимальну об'ємну масу підстилки реєстрували на межі крони, а в старших – навпаки, біля стовбура. Проте з віком різниця між цими мікрозонами суттєво зростала: від 6–8 г/дм³ у 30–40 років до 20–24 г/дм³ у 70–80 років.

Запас і щільність підстилки залежать від складу мортмаси в шарах підстилки. Найменшу масу мортмаси (від 25 до 128 ц/га) мав верхній, а найбільшу (від 205 до 554 ц/га) – найнижчий шар. Маса всіх шарів підстилки збільшувалася з віком сосняків та в міру наближення до стовбура. Різниця в запасах мортмаси сягала 3–4 разів.

Основною складовою мортмаси верхнього листопадного шару L є опад хвої, а гілки та шишки становлять 2–12 і 3–15 % від загального запасу відповідно. Для цього шару характерна висока температура горіння, що пов'язане з домінуванням в опаді хвої, гілок і шишок, які створюють пухку структуру.

Ферментативний середній шар F складається з напіврозкладених органічних залишків, що втратили початкову форму та міцність. Частка безструктурної мортмаси сягає 80–100 %. Цей шар є дещо щільнішим, ніж шар L, але у разі висихання значний запас палива та пухка структура з пустотами сприяють доступу повітря та збільшенню температури горіння.

Найнижчий шар H складається з однорідної, доволі щільно спресованої, майже повністю розкладеної мортмаси зі значним умістом піску (від 9,4 до 19,5 %). Тривалий режим горіння шару H збільшує силу й тривалість негативних процесів під час постпірогенного розвитку сосняків.

Протягом розвитку соснових лісостанів співвідношення між шарами підстилки суттєво змінюється. До 40 років у насадженнях частки шарів L і F є майже однаковими, а частка шару H є незначною. Після 50 років частки F і H різко збільшуються, що пов'язане зі зростанням запасів цих шарів у результаті гальмування розкладання мортмаси. Крім того, максимальну частку шару F визначено у 50–60 років, а шару H – після 70 років. Так, у 50 років у шарі F накопичується від 3 до 10 обсягів запасу опадового шару. Таке значне зростання запасів цих шарів підстилки в умовах посухи становить надзвичайну загрозу, про що й свідчать пожежі 2015 р. в Волинському Поліссі.

Виявлено особливості зміни температури лісової підстилки під час проходження через них фронту горіння. Під час горіння повітряно сухої підстилки зі свіжого бору максимальна температура може сягати 295°C. Унаслідок більшого запасу підстилки в суборах температура її горіння є більшою, ніж у борах. Водночас швидкість поширення фронту горіння є меншою внаслідок більшої щільності мортмаси.

Порівняльний пошаровий аналіз температур горіння підстилки свідчить про зменшення швидкості пересування фронту в міру збільшення товщини підстилки. Винятком є поверхня підстилки, на якій, окрім виділення тепла, відбувалося й одночасне охолодження конвективними потоками.

Температура горіння підстилки в монолітах в абсолютно сухому стані значно зростала. Так, температура горіння підстилки із сухого бору становила від 333 до 655°C, а зі свіжого субору – від 347 до 525°C. Найнижчу температуру горіння зафіксовано в гуміфікованому шарі (333–347°C), а найвищу – у ферментативному (525–655°C).

Посилення повітряних потоків спричиняє значне зростання температури горіння підстилки, оскільки завдяки цьому в ній збільшується вміст кисню. Під

час горіння абсолютно сухої підстилки з вологого субору температура горіння мортмаси у ферментативному шарі досягала 686–703°C, а в листопадному і верхній частині гуміфікованого шару – 586°C.

Під час низових пожеж найвищу температуру відзначено на поверхні ґрунту. У міру заглиблення в моноліт температура падала. Різниця між температурою на поверхні та на глибині 10 см може становити для дернових слаборозвинених ґрунтів 240–300°C, для сірих лісових ґрунтів – 260–400°C.

Збільшення температури вглибині монолітів реєстрували з певним запізненням. Температура зростала навіть після припинення нагрівання. При цьому температура в сухому варіанті дернових слаборозвинених піщаних ґрунтів на поверхні ґрунту була на 70°C більшою, ніж у вологому (378°C проти 304°C), а в сірих лісових ґрунтах ця різниця сягала 200°C.

Сухі піщані ґрунти вниз по профілю нагрівалися сильніше, ніж вологі. Наприклад, якщо в сухих ґрунтах на глибині 4 см зафіксовано температуру 186°C, то у вологих – лише 76°C; на глибині 6 см у сухих ґрунтах температура становила 120°C проти 67°C у вологих.

Піщані ґрунти прогріваються сильніше й глибше, ніж суглинисті. У піщаних ґрунтах на глибині 10 см температура становила 63–67°C, у суглинистих – 42–49°C. Тобто у першому випадку рівень нагріву був летальним, у другому – лімітувальним (Фуряев, Фуряев, 2008).

Під час пожежі в результаті піролізу й мінералізації важкодоступних органо-мінеральних сполук верхніх шарів ґрунту в ньому зростає вміст елементів живлення (Macadam, 1987; Kutiel, Shaviv, 1992).

Реакція попелу підстилки, що згоріла, є сильно лужною: значення рН коливається від 7,71 до 8,69. Верхній гумусовий горизонт має сильно кислу реакцію (рН = 3,58...3,85). Надходження лужного попелу дещо підлугує дернові опідзолені ґрунти на алювіальних пісках, значення рН водного витягу зростає з 3,58–3,85 до 4,35–4,50. Відразу після пожежі сума лужних катіонів у водному витягу збільшується в 3,7–7,7 разу. Також зростає місткість катіонного обміну – у 2,0–2,3 разу проти контролю, хоча така ситуація зберігається протягом незначного періоду. За наявності дощів вже за тиждень значення рН водного витягу знижується до 4,0–4,2, а через місяць – до 3,9.

ОСОБЛИВОСТІ ПІСЛЯПОЖЕЖНОГО РОЗВИТКУ СОСНЯКІВ У ВОЛИНСЬКОМУ ПОЛІССІ

Інтенсивність, тривалість і величина післяпожежного відпаду залежать від типів розповсюдження тепла й викликаних ними пошкоджень, які мають особливості в різних регіонах. Домінування типу пошкодження залежить від виду й сезону пожежі та едатопу.

За кількістю опадів 2012 р. належав до мокрих, а 2013–2014 рр. – до нормальних, за ГТК їхні погодні умови визначено як достатньо вологі. За таких умов у сосняках сухих і свіжих гігротопів домінувало пошкодження стовбура. За висоти нагару від 0,54 до 2,50 м за санітарним станом ослаблені сосняки ставали всихаючими (рис. 1). У вологих і сирих гігротопах особливу небезпеку

становила теплопровідність ґрунту, оскільки саме в цих умовах сосна формує поверхневу кореневу систему та інтенсивно заселяє корінням нижній шар підстилки. У разі пошкодження кореневої системи дерево гине навіть за незначного пошкодження стовбура. Пошкодження конвективним тепловим потоком відзначено лише в молодняках.

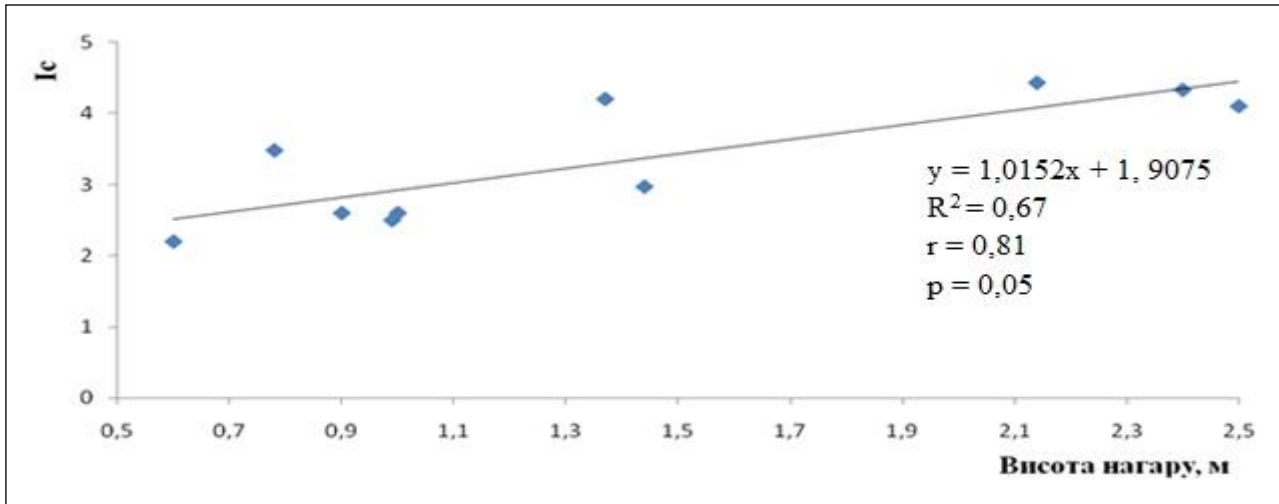


Рис. 1. Залежність санітарного стану сосняків у гіротопах₁₋₂ від висоти нагару

Між тривалістю післяпожежного періоду та збільшенням частки сухостійних дерев встановлено помірну пряму достовірну кореляційну залежність ($r = 0,69$; $n = 12$). Найбільшу кількість сухостійних дерев зафіксовано в сосняках із періодом після пожежі понад 12 місяців.

Ситуація різко погіршилася в аномально сухому 2015 р. Вже на початку серпня всі шари підстилки були сухими. Лабораторними дослідженнями встановлено, що в абсолютно сухому стані інтервал температури горіння підстилки зростає від 333 до 655°C. Тому в результаті дії гарячих потоків повітря пошкоджувалася хвоя. Іншим негативним наслідком було сильне пошкодження вогнем коріння та корневих лап.

Індекс стану сосняків відразу після пожежі становив від 3,1 до 4,8, тобто вони належали до категорій сильно ослаблених і всихаючих. Найгірший стан мали сосняки з пошкодженням крони. У більшості дерев дехромація перевищувала 70 %, а у 30–48 % дерев сягала 100 %.

Стан сосняків, в яких переважало пошкодження стовбура, залежав від висоти нагару на стовбурах. У рік пошкодження вогнем сильне погіршення стану та появу сухостою реєстрували за висоти нагару понад 2,1 м (частка сухостою дещо перевищувала 10 %). За висоти нагару понад 3,5 м всихало 20 % дерев. Наступного року стан дерев суттєво погіршився: навіть за висоти нагару до 0,5 м частка сухостою становила 29 %.

У сосняках із конвективним типом пошкодження крони вогнем багато дерев мали значну дехромацію й дефоліацію крони. Колір хвої змінювався вже через кілька днів після пожежі. У 2016 р. рівень дехромації знизився за рахунок опадання мертвої дехромованої хвої, при цьому I_c становив 3,6–4,6.

Одночасне пошкодження стовбура й крони спричинило сильне погіршення стану та появу сухостою вже через місяць після пожежі (табл. 2). Навіть за незначного пошкодження стовбурів (до 0,5 м) насадження оцінено як «усихаюче», а частка сухостою становила 17 %. За пошкодження стовбура понад 4 м всихали 66,7 % дерев, а індекс стану становив 4,7. Через рік після пожежі індекс санітарного стану становив 4,2, а частка сухостою – 37,7 %.

Вплив пошкодження як стовбура, так і кореневих систем повною мірою став відчутним лише через рік після пожежі, коли навіть незначні пошкодження призвели до всихання практично всіх дерев у дослідних групах (97,2 % за середньої висоти нагару на стовбурі до 0,5 м).

Таблиця 2

Стан і відпад дерев у сосняках із пошкодженням стовбура і крони

Висота нагару, м	I _c		Відпад, %	
	2015	2016	2015	2016
0–0,5	3,9	4,2	17,0	37,7
0,51–1,0	3,7	4,2	13,7	31,5
1,1–1,5	3,9	4,5	25,9	40,7
1,51–2,0	3,9	4,5	17,6	47,3
2,1–2,5	4,1	4,5	18,8	43,8
2,6–3,0	4,1	4,4	26,3	42,1
3,1–3,5	4,1	4,4	22,2	33,3
3,6–4,0	4,1	4,5	25,0	37,5
4,1–4,5	4,7	4,8	66,7	50,0
4,6–5,0	5,0	5,8	100,0	100,0
5,1–5,5	5,0	5,8	100,0	100,0
5,6–6,0	5,0	6,0	100,0	100,0

ПРОГЕННІ ЗМІНИ РАДІАЛЬНОГО ПРИРОСТУ ТА ТОВАРНІСТІ В СОСНЯКАХ ВОЛИНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Унаслідок пожежі на початку травня 2013 р. в 70-річному чистому сосняку (кв. 21, вид. 42 Рокитнівського лісництва) висота нагару на стовбурі становила від 0,85 до 4,0 м. Вже через два місяці після пожежі сосняк оцінювали як усихаючий. Разом із погіршенням стану дерев у пошкодженому пожежею сосняку радіальний приріст після пожежі проти періоду до пожежі зменшився на 32 %; а на контролі збільшився на 5 %.

У результаті пожежі в 2013 р. товщина шару ранньої деревини зменшилася проти 2012 р. з 0,51 до 0,47 мм/рік, тобто на 8 %. Водночас відбулося зменшення товщини шару пізньої деревини (в 2,1 разу). Загалом у період після пожежі (2013–2016 рр.) у пошкодженому вогнем сосняку зменшилася товщина шарів ранньої деревини на 21 % і пізньої деревини на 49 %, тоді як на контролі – дещо збільшилася (від 2 до 9 %).

Через аномальність погодних умов вегетаційного періоду 2015 і 2016 рр. радіальний приріст на контролі знизився, але особливо відчутно – в пошкодженому пожежею сосняку: в 2015 р.– на 17 %, у 2016 р. – на 25 % проти 2014 р. Товщина пізньої деревини у 2,0–2,8 разу поступалася контролю.

Між індексами радіального приросту за 2015 р. та максимальною висотою нагару встановлено пряму сильну кореляційну залежність ($r = 0,72$; $t_{\text{факт.}} = 2,51$; $t_{\text{теор.}} = 2,45$ на 5 % рівні значущості) (рис. 2). Подібні тенденції зміни радіального приросту відзначено також у 53-річному сосняку у кв. 19 вид. 7 Немовицького лісництва ДП «Сарненське ЛГ», пошкодженому пожежею в березні 2012 р. Висота нагару на стовбурі становила 1,0–3,0 м, а межа тонкої кори – 3,9 м.

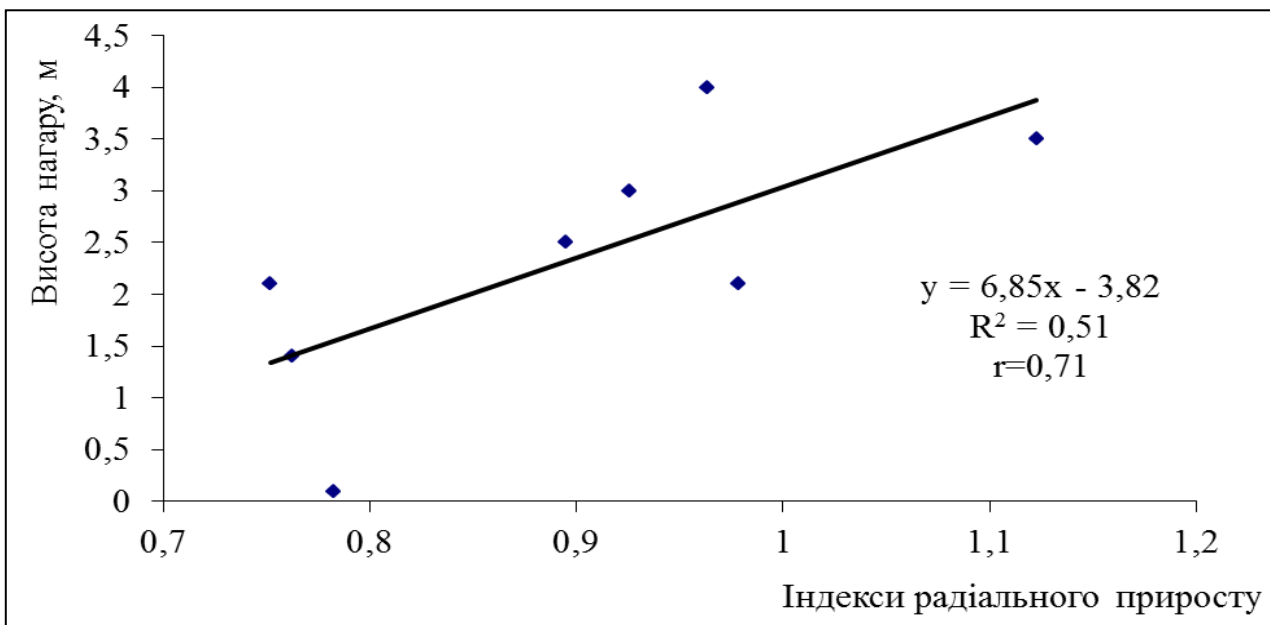


Рис. 2. Залежність радіального приросту від висоти нагару на стовбурі

Погіршення стану супроводжувалося депресією радіального приросту дерев, яка триває до цього часу, посилюючись в аномально сухі періоди. До пожежі в пошкодженому сосняку значення радіального приросту було вищим, ніж на контролі. Якщо на контролі після пожежі відбувалося незначне збільшення радіального приросту, то в пошкодженому сосняку він зменшився на 52 %.

Зниження радіального приросту посилювалося у міру погіршення стану дерев: в ослаблених воно становило 44 %, у дуже ослаблених – 49 %, у відмираючих – 75 %. Після пожежі зменшився радіальний приріст дерев усіх класів Крафта: надпанівних – на 44 %, панівних – на 38 %, пригнічених – на 75 %. Загалом до 2016 р. приріст не відновився до передпожежного рівня й зберіг чітку ієрархічну тенденцію: найбільшим він був у панівних дерев, а найменшим – у співпанівних. Встановлено регресійну залежність між індексами радіального приросту та максимальною висотою нагару.

Сосняки Полісся відзначаються високою товарністю. Частка ділових стовбурів до пожежі на закладених ППП становила від 70 до 89 %. Погіршення

стану сосняків унаслідок пожеж призвело до зміни товарності. Так, майже на всіх ППП, які було пошкоджено пожежею, вихід ділової деревини знизився від 70–75 до 14–37 %, найбільше – через два роки після пожежі, коли вихід ділової деревини знизився до 10–18 %.

Хоча стан сосняків, пошкоджених пожежею влітку аномально сухого 2015 р., був катастрофічним, у вересні суттєвих змін товарності ще не було зареєстровано. Вихід ділової деревини становив 77–95 %. Значне зниження частки ділової деревини (до 19–40 %) відзначено у 2016 р. Водночас на ППП, де висота нагару становила лише 0,31 і 1,06 м, частка ділової деревини зменшилася за цей період з 83–96 до 0–4 %. Між інтенсивністю пожежі та зменшенням виходу ділової деревини впродовж року після пожежі встановлено пряму достовірну кореляційну залежність. Зі збільшенням інтенсивності пожежі (висоти нагару на стовбурах) та погіршенням стану насадження зменшується вихід ділової деревини.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі охарактеризовано та кількісно оцінено тенденції виникнення пожеж і наведено результати досліджень щодо пошкодження та постпірогенного розвитку сосняків у Волинському Поліссі. За результатами аналізу результатів дисертаційної роботи зроблено такі висновки:

1. Зростання частоти років із аномальним підвищенням температури повітря й кількості посушливих днів суттєво загострило пірологічну ситуацію у Волинському Поліссі, для якого характерна значна частка пожежонебезпечних сосняків.

2. На основі аналізу бази даних випадків займань встановлено їхні просторові та часові тенденції, зокрема періоди пожежних максимумів і піку, а також залежність виникнення пожеж від погодних та лісорослинних умов і характеристик сосняків.

3. Особливу пірогенну загрозу для соснових лісів Полісся становить накопичення значних запасів підстилки (від 117 до 862 ц/га) як основного компонента лісових горючих матеріалів. У сухі та аномально сухі роки навіть у вологих і мокрих гігротопах створюється надзвичайно висока пожежна небезпека.

4. Виявлено особливості формування лісової підстилки соснових насаджень:

- зі зростанням віку насаджень збільшуються запас і щільність підстилки;
- найбільші запаси підстилки визначено у вологих гігротопах і в суборах;
- загальна маса й маса окремих шарів підстилки збільшуються з віком сосняків і зменшуються у міру віддалення від стовбура;
- найменшою є мортмаса у верхньому шарі підстилки, найбільшою – у нижньому.

5. Тривалість і температура горіння збільшуються зі зростанням запасів лісової підстилки. Углиб профілю швидкість і температура горіння лісової підстилки зменшуються внаслідок збільшення безструктурної мортмаси.

6. У міру висихання підстилки швидкість і температура її горіння зростають. Збільшенню температури й швидкості горіння підстилки також сприяє посилення потоків повітря.

7. Виявлено особливості розповсюдження тепла під час низових пожеж у ґрунтах. Нагрівання ґрунтів під час пожеж має поверхневий характер. Піщані ґрунти прогріваються сильніше й глибше, ніж суглинисті, а сухі – сильніше, ніж вологі.

8. Завдяки високому вмісту лужних металів у попелі значення рН верхнього гумусового горизонту ґрунтів зростає до 4,35–4,50. Сума їхніх водних форм зростає в 3,7–7,7 разу, а місткість катіонного обміну – у 2,0–2,3 разу. Водночас лужні катіони доволі швидко вимиваються опадами.

9. В умовах Полісся за кількості опадів, близької до багаторічного рівня, при низових пожежах домінує пошкодження стовбура. Особливо катастрофічними є наслідки пожеж в аномально сухі роки, коли відбувається пошкодження крони конвективними потоками гарячого повітря. У вологих і сирих гігротопах до загибелі сосняків приводить пошкодження корневих систем і лап. Летальним для розвитку сосняків є пошкодження:

- конвективними потоками – 2/3 крони дерев;
- тепловипромінюванням – стовбура за товщини кори менше ніж 3 мм;
- теплопровідністю – поверхневої кореневої системи й корневих лап.

10. Погіршення стану сосняків супроводжувалося депресією радіального приросту дерев, яка особливо посилюється в сухі періоди. При цьому пізня деревина сильніше реагує на пошкодження вогнем.

11. Пірогенне погіршення стану сосняків унаслідок пожеж призводить до зниження частки ділових стовбурів із 70–89 до 14–37 %. Через два роки після пожежі вихід ділової деревини знижується до 10–18 %.

12. Вихід ділової деревини в сосняках, пошкоджених пожежами, зменшується зі збільшенням висоти нагару на стовбурах і погіршенням стану насаджень. Суттєве погіршення товарності (до 4 %) пов'язане з інтенсивним заселенням дерев стовбуровими шкідниками.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

Під час проектування та здійснення протипожежних заходів у сосняках Волинського Полісся необхідно враховувати виявлені передумови та особливості виникнення лісових пожеж:

- періоди пожежних максимумів – квітень – вересень, пожежний пік – травень;
- найбільше пошкоджуються сосняки в борових типах лісорослинних умов;
- найвищою горимістю вирізняються молодняки та середньовікові сосняки;
- найбільшу кількість пожеж зафіксовано за відстані до 4 км від населеного пункту і до 2 км від дороги.

Оцінюючи ризик виникнення пожеж у сосняках, необхідно визначати показник горимості в перерахунку на площу сосняків, а не на всю площу лісового фонду.

Для обмеження поширення пожеж необхідно порушувати безперервність лісових горючих матеріалів:

– у горизонтальній зоні – шляхом зменшення скупчень поверхневих лісових горючих матеріалів і створення протипожежних бар'єрів;

– у вертикальній зоні – через збільшення відстані від поверхневих лісових горючих матеріалів до основи крон.

Особливу увагу в аномально сухі та сухі роки слід приділяти соснякам із великими запасами підстилки (більше 70 т/га).

Для зменшення пірогенних втрат від зниження товарності деревини необхідне своєчасне діагностування стану сосняків та планування лісівничих заходів відповідно до виду та летального рівня їхнього пошкодження вогнем. При цьому доцільно використовувати запропоновані таблиці пірогенного відпаду дерев для сосняків у Волинському Поліссі.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Ворон В. П., Ткач О. М., Мельник Є. Є. Лісівничо-екологічні особливості виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. Вип. 124. С. 146–153. (*Особистий внесок: збір і аналіз даних*).

2. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Тенденції у післяпожежному розвитку сосняків Рівненщини. Лісівництво і агролісомеліорація. 2014. Вип. 125. С. 181–187. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Статті в наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних

3. Ткач О. М. Тенденції виникнення пожеж у лісах Рівненщини. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.9. С. 84–89.

4. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження сосняків пожежами в Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.10. С. 45–50 (*Особистий внесок: участь у польових дослідженнях, аналіз даних*).

5. Ворон В. П., Ткач О. М., Сидоренко С. Г. Особливості пошкодження пожежами лісів у Поліссі. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2016. № 14. С. 38–44. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

6. Ворон В. П., Борисенко В. Г., Ткач О. М., Мунтян В. К., Барабаш І. О. Параметри горіння підстилки соснових лісів Українського Полісся. Лісівництво

і агролісомеліорація. 2016. Вип. 129. С. 130–138. (*Особистий внесок: відібрано моноліти, аналіз даних*).

7. Ворон В. П., Коваль І. М., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Постпірогенна динаміка радіального приросту в середньовіковому сосняку Рівненського Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 130. С. 159–168. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

8. Ворон В. П., Коваль І. М., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Зміни радіального приросту в пошкодженому пожежею сосновому деревостані в Західному Поліссі. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27, № 9. С. 56–59. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

9. Ткач О. М. Пірогенне пошкодження та зміни товарності сосняків Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2017. Вип. 131. С. 150–157.

10. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Запаси підстилки та живого надґрунтового покриву як показник пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2018. Вип. 16. С. 9–16. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

11. Ворон В. П., Борисенко В. Г., Барабаш І. О., Мунтян В. К., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є. Вплив теплового випромінювання на лісові ґрунти. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 105–114. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

12. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., **Ткач О. М.** Структура підстилки як показник потенційного пожежного ризику в соснових лісах Полісся. Лісівництво і агролісомеліорація. 2018. Вип. 132. С. 115–123. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Статті в закордонних наукових фахових виданнях

13. Ворон В. П., **Ткач О. Н.**, Сидоренко С. Г. Особенности пирогенного повреждения сосняков Полесья в засушливые годы. Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. 2017. Вып. 77. С. 413–424. (*Особистий внесок: польові дослідження, збір і аналіз даних*).

Матеріали та тези конференцій

14. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Е. Е., **Ткач О. Н.** Прогнозирование развития сосняков Украины, поврежденных низовыми пожарами. Современное состояние и перспективы охраны и защиты лесов в системе устойчивого развития: материалы междунар. научно-практ. конф., Гомель, 09–11 октября 2013 г. Институт леса НАН Беларуси, 2013. С. 9–12. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

15. Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Мельник Є. Є., **Ткач О. М.** Вивчення тенденцій виникнення та пошкодження лісів пожежами в різних природних зонах України. Лісівнича наука в контексті сталого розвитку: матеріали наук. конф. Харків, УкрНДІЛГА, 2015. С. 95–97. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

16. **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Зниження товарності деревини в сосняках, пошкоджених низовими пожежами у Поліссі. Матеріали V Міжнародної наук. конф. молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» (м. Харків, 29–30 листопада 2017 р.). Харків, 2017. С. 28–31. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

17. Коваль І. М., Ворон В. П., Сидоренко С. Г., Бологов О. Ю., Мельник Є. Є., **Ткач О. М.**, Невмивака М. А., Воронін В. О. Дендрохронологічні аспекти післяпірогенного розвитку соснових насаджень в Поліссі та Лісостепу. XIII Всеукраїнські наукові Таліївські читання (19–20 квітня, 2017, м. Харків): матеріали конф. Харків, 2017. С. 28–31. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

18. Ворон В. П., **Ткач О. М.**, Сидоренко С. Г. Specifics of forest damage type and severity after surface fires in Polissya. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів» (м. Житомир, 24 листопада 2017 р.). Житомир, 2017. С. 26–27. (*Особистий внесок: збір, опрацювання та аналіз даних*).

АНОТАЦІЯ

Ткач О. М. Особливості розвитку сосняків Волинського Полісся, пошкоджених низовими пожежами. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.03.03 – лісознавство і лісівництво. – Український ордена «Знак Пошани» науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького, Харків, 2019.

У дисертаційній роботі наведено результати досліджень пошкодження соснових лісостанів низовими пожежами в Західному Поліссі. Дослідження проведено з використанням загальноприйнятих у лісівництві, лісовій таксації, пірології, ґрунтознавстві, дендрохронології методик, а також нових методик оцінювання аномальності погодних умов, визначення температурного режиму горіння лісової підстилки та розповсюдження тепла в ґрунтах. На основі аналізу бази даних випадків пожеж встановлено тенденції їхнього виникнення у лісах регіону, залежно від аномального підвищення температури повітря й кількості посушливих днів. Виявлено вікові особливості формування запасів і структури підстилки. Горіння значних запасів підстилки в соснових лісах Полісся в сухі та аномально сухі періоди створює надзвичайну пожежну небезпеку. Встановлено особливості зміни температури горіння лісової підстилки та розповсюдження тепла під час низових пожеж у типових для соснових лісів ґрунтах.

Виявлено особливості пірогенного пошкодження сосняків у нормальні та аномально сухі за кількістю опадів роки та в різних типах лісорослинних умов. У сосняках сухих і свіжих гігротопів домінувало пошкодження стовбура. У вологих і сирих гігротопах особливу небезпеку становили пошкодження кореневих систем та кореневих лап. В аномально сухі періоди гарячі конвективні потоки повітря викликали сильну дехромацію крони дерев.

Погіршення стану супроводжувалося депресією радіального приросту дерев, яка посилювалася в аномально сухі періоди. Вже через декілька місяців після пожежі частка ділових стовбурів знижувалася із 70–89 до 14–37 %, а через два роки – до 10–18 %. Проведені дослідження дали змогу розробити рекомендації щодо підвищення стійкості пірогенно пошкоджених сосняків Західного Полісся.

Ключові слова: сосняки, низові пожежі, типи пошкоджень, відносна висота нагару, прогнозування постпірогенного відпаду, сезон пожежі.

АННОТАЦІЯ

Ткач О. Н. Особенности развития сосняков Волынского Полесья, поврежденных низовыми пожарами. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.03.03 – лесоведение и лесоводство. – Украинский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г. М. Высоцкого, Харьков, 2019.

В диссертационной работе приведены результаты исследований повреждения сосновых насаждений низовыми пожарами в Западном Полесье. Исследования проведены с использованием общепринятых в лесоводстве, лесной таксации, пирологии, почвоведении, дендрохронологии методик, а также новых методик оценки аномальности погодных условий, определения температурного режима горения лесной подстилки и распространения тепла в почвах. На основании анализа базы данных пожаров установлены тенденции их возникновения в лесах региона, зависимость частоты возникновения пожаров от аномального повышения температуры воздуха и количества засушливых дней.

Выявлены возрастные закономерности формирования запасов и структуры подстилки. Установлены режимы горения лесной подстилки и распространения тепла в почвах во время низовых пожаров. Определены особенности пирогенного повреждения сосняков в разных типах лесорастительных условий в годы, нормальные и аномально сухие по количеству осадков. В сосняках сухих и свежих гиргтопов доминировало повреждение ствола. Во влажных и сырых гиргтопах особенную опасность представляло повреждение корневой системы и корневых лап. В аномально сухие годы горячие конвективные потоки воздуха вызывали сильную дехромацию и дефолиацию крон. Ухудшение состояния сопровождалось депрессией радиального прироста деревьев, которая усиливалась в аномально сухие периоды. Уже через несколько месяцев после пожара доля деловых стволов снижалась с 70–89 до 14–37 %, а через два года – до 10–18 %.

Проведенные исследования позволили разработать рекомендации по повышению устойчивости пирогенно поврежденных сосняков Западного Полесья.

Ключевые слова: сосняки, низовые пожары, типы повреждения, высота нагара, прогнозирование постпирогенного отпада, сезон пожара.

SUMMARY

Tkach O. M. Specific aspects of the development of pine stands damaged by ground fires in Volyn Polissia. – Manuscript copyright.

Thesis for awarding the academic degree of Candidate of Agricultural Sciences majoring in 06.03.03 – "Forest Science and Forestry". – Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky, Kharkiv, 2019.

The work contains theoretical generalization and research results on pine stands damaged by fire in Volyn Polissia zone. The study was based on the comparative ecology methods and carried out according to standard in forestry, forest inventory, and dendrochronology methods. Moreover, we applied new approaches in determining the relative fire danger, estimating anomalies of weather conditions and assessing litter stock. The assessment of tree damage was based on three types of heat distribution during ground fires. Obtained results were processed by statistical analysis by means of computer software.

Having analyzed the customized fire cases database for the period of 2002–2017 (455 fires on 353.7 hectares of damaged forests), we found spatial and temporal tendencies in fire origin in the forests of Rivne Region. The database showed that the number of fires and the damaged area significantly varied both spatially and with time. A higher frequency of years with abnormally high air temperature and the number of dry days increase fire frequency in Volyn Polissia. A significant proportion of pine stands with a high natural fire hazard was revealed.

For the first time, age features of forest litter stock formation and structure (the main component of forest fuel in Polissia pine forests) were revealed. We showed that due to the presence of significant litter stock in pine forests of Polissia (from 117 to 862 kg per ha), even in moist and damp types of soil, there was an extremely high natural fire hazard during dry and abnormally dry periods.

As the litter stock increases with age, it can be argued that the threat of severe damage to pine trees after a fire increases as well. A strong positive correlation was found between the age and average forest litter stock ($r = 0.87$).

The combustion of significant litter stock in pine stands within the Polissia zone can significantly increase the impact of heat conductivity on the roots located close to the soil surface and concentrated in its lower layer. Duration and temperature of combustion increase with larger volumes of litter. Dry litter in fairly infertile pine sites get combusted with higher temperatures compared with that in infertile pine sites due to its greater stock.

The results of the experimental studies indicated that as the underlays get dry, its combustion rate and temperature increase as well. Thus, in the air-dry state, the combustion temperature reaches 295°C, while in the absolutely dry state it makes 655°C. With increasing air flows, the temperature and litter combustion rate significantly rise.

Soil heating during ground fires has a surface nature. Going deeper into the soil monolith, the temperature drops. The most noticeable decrease in temperature was observed in the layer from 0 to 4 cm. The difference between the temperatures on the surface and at the depth of 10 cm can be 240–300°C for weak sod soil and 260–400°C for gray forest soil. Sandy soil was found to get warm deeper and more rapidly

as compared to clay-loam soil. At the depth of 10 cm, the temperature was 63–67 °C in sandy soil and 42–49 °C – in clay-loam one

The reaction of the burned litter's ash was highly alkaline: pH ranged from 7.71 to 8.69. Due to that fact, the pH of the water extraction of the soil's upper humus layer increases from 3.58–3.85 to 4.35–4.50, the sum of water forms of alkali metals increases by 3.7–7.7 times. However, in acidic soils, this phenomenon is temporary, since alkaline cations get rapidly washed out with precipitation.

The intensity, duration and level of post-fire mortality were found to depend on the types of heat spread and the damage it causes, which vary in different regions.

In years with a normal amount of precipitation, stem damage dominated in pine forests in dry and fresh hydrotopes. In moist and damp hydrotopes, the heat conductivity of the soil was a particular danger, as pine trees develop surface root systems in these very conditions and then extensively spread their roots in the lower layer of the litter.

The largest number of dead standing trees was recorded in pine stands with a post-fire period of more than 12 months. A moderate positive correlation ($r = 0.69$) between a post-fire period and a dead trees proportion was established.

It was found that in abnormally dry years during ground fires, with a large amount of dry litter burning, convective heat transfer took place, and a great number of trees underwent significant discolouration and defoliation of crowns under hot air flows.

When trees were simultaneously damaged by several different types of heat, their health conditions deteriorated to a greater extent and they were drying out more rapidly.

In pine stands with damaged root systems, a rapid health deterioration was especially noticeable only a year after the fire case.

The health condition deterioration was accompanied by depression of the trees' radial increment, which has been taking place up to now and increases in abnormally dry periods.

Due to the health deterioration of the pine stands in the Polissia zone, the proportion of merchantable stems decreased from 70–89 to 14–37 % in a few months after fire cases and up to 10–18 % in two years.

The study enabled providing the guidelines on how to assess fire hazard and its spread, as well as how to increase the resiliency level of fire-damaged pine forests in Volyn Polissia. The research results of the thesis have been taken into account in the "Recommendations on forest management under the anthropogenic influence" (approved by the Scientific and Technical Council of the State Forest Resources Agency of Ukraine) and implemented into practice of forestry and educational process that is confirmed by the relevant acts.

Keywords: pine stands, ground fire, damage types, stem scorch height, post-fire tree mortality prediction, season of fire.

Підписано до друку 15.11.2019 р. Формат 60×90 / 16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. 1,9. Тираж 100екз.Замовлення №__ .