

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

ННІ лісового і садово-паркового господарства

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ лісового і
садово-паркового господарства

_____ **Роман ВАСИЛИШИН**
(підпис)
« ____ » _____ 20 ____ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри лісівництва

_____ **Наталія ПУЗРІНА**
(підпис)
« ____ » _____ 20 ____ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Удосконалення охорони лісів від пожеж у Макарівському надлісництві філії Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Освітня програма Лісове господарство
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

канд. с.-г. наук, доцент

(підпис)

Олександр БАЛА

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

доктор філософії, асистент

(підпис)

Роман ГУРЖІЙ

Виконав

(підпис)

Микола САМУСІК

КИЇВ – 2025

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню сучасного стану охорони лісів від пожеж та розробці шляхів удосконалення протипожежної безпеки у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України». Робота містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг складає 78 сторінки комп'ютерного тексту, включаючи 17 рисунків та 5 таблиць.

У першому розділі подано теоретичні основи охорони лісів від пожеж, висвітлено екологічну небезпеку лісових пожеж, їх класифікацію та наслідки. Розглянуто нормативно-правову базу України, світовий та вітчизняний досвід профілактики, виявлення та гасіння лісових пожеж, а також економічні та екологічні втрати, спричинені вогнем.

У другому розділі проаналізовано природно-географічні умови Макарівського надлісництва та статистику лісових пожеж за останні роки. Оцінено стан діючої системи охорони лісів, ефективність наявної інфраструктури, технічне забезпечення, роботу спостережних веж і відеомоніторингу, організацію взаємодії між лісовою охороною та ДСНС.

У третьому розділі наведено методику та результати аналізу пробних площ, закладених для вивчення типів лісорослинних умов (ТЛУ). Подано характеристику об'єктів, описано особливості росту деревостанів, проведено порівняльний аналіз отриманих даних, визначено вплив пожежної небезпеки на різні типи насаджень.

У четвертому розділі сформульовано комплекс заходів щодо підвищення ефективності протипожежного захисту. Запропоновано впровадження сучасних інформаційних технологій: систем автоматичного моніторингу, дрон-патрулювання, тепловізійних камер, сенсорних мереж раннього виявлення. Наведено пропозиції з удосконалення організаційної роботи, підвищення рівня взаємодії між лісовою охороною, місцевими громадами та службами ДСНС, а

також окреслено напрямки екопросвітницької діяльності. Проведено економічне обґрунтування впровадження запропонованих рішень.

У роботі визначено головні чинники зростання пожежної небезпеки в регіоні, серед яких: зміна клімату, антропогенний вплив та воєнні дії. Отримані результати можуть бути використані у практичній діяльності лісогосподарських підприємств, при плануванні протипожежних заходів та модернізації системи охорони лісів від пожеж.

Ключові слова: лісові пожежі, пожежна небезпека, протипожежна охорона, моніторинг, Макарівське надлісництво, охорона лісу.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ЛІСІВ ВІД ПОЖЕЖ..... | 10 |
| 1.1. Пожежі як екологічна загроза лісовим екосистемам | 10 |
| 1.2. Нормативно-правова база охорони лісів від пожеж в Україні..... | 12 |
| 1.3. Системи попередження, виявлення та гасіння лісових пожеж (світовий та український досвід)..... | 14 |
| 1.4. Екологічні та економічні наслідки лісових пожеж..... | 18 |
| Висновки до розділу 1 | 21 |
| РОЗДІЛ 2 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ..... | 23 |
| 2.1 Мета та методика дослідження..... | 23 |
| 2.2 Оброблення та узагальнення експериментальних матеріалів | 26 |
| Висновки до розділу 2 | 28 |
| РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПРОБНИХ ПЛОЩ ЗА ОПИСОМ ТИПІВ ЛІСОРΟΣЛИННИХ УМОВ (ТЛУ)..... | 30 |
| 3.1 Характеристика об'єктів дослідження..... | 30 |
| 3.3 Опис пробних площ | 11 |
| 3.4 Порівняльний аналіз отриманих даних..... | 21 |
| Висновки до розділу 3 | 28 |
| РОЗДІЛ 4 ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЛІСІВ ВІД ПОЖЕЖ..... | 29 |
| 4.1. Використання сучасних інформаційних технологій і технічних засобів у попередженні та гасінні пожеж | 29 |
| 4.2. Удосконалення організаційних заходів та системи взаємодії між державними структурами | 32 |
| 4.3. Розробка екологічних та освітньо-просвітницьких програм для населення | 35 |
| 4.4. Економічне обґрунтування впровадження запропонованих заходів..... | 39 |
| Висновки до розділу 4 | 41 |
| ВИСНОВКИ..... | 43 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 46 |

ВСТУП

Проблема лісових пожеж набула особливої гостроти в сучасних умовах. Україна, 22 % території якої вкрито лісами (наприклад, у Київській області ліси займають близько 648,7 тис. га, або понад п'яту частину області), останніми роками переживає істотне зростання частоти та інтенсивності лісових пожеж. Цьому є кілька причин: глобальні кліматичні зміни, екстремальні погодні явища, а від 2022 року – ще й військові дії, що безпосередньо спричиняють загорання та ускладнюють їх гасіння. За офіційною статистикою ДСНС, у 2021 році в Україні було зареєстровано 660 лісових пожеж на площі лише 300 га (сприятливий рік), тоді як у 2022 р. – вже 1052 пожежі на 15,8 тис. га, а у 2023 р. – 1278 пожеж на 51 тис. га. Площа, пройдена вогнем, зросла в 170 разів у порівнянні з 2021 роком. Обсяги збитків від пожеж також зросли: якщо у 2021 р. вони становили близько 2,1 млн грн, то у 2022 р. – вже 302,4 млн грн, а у 2023 р. перевищили 2 млрд грн. Для порівняння, катастрофічні пожежі 2020 року (насамперед у Чорнобильській зоні та на Житомирщині) за оцінками завдали прямих збитків понад 6,6 млрд грн, а вигоріла площа сягнула близько 75 тис. га. Таким чином, тенденція дуже тривожна. Особливо різкий стрибок відбувся з початком війни: за даними Держлісагентства, у 2022 році кількість лісових пожеж зросла в 2,3 раза, а площа – у 77 разів порівняно з попереднім роком. Близько 70 % таких пожеж були спричинені бойовими діями (обстрілами, підривами мін тощо). Лише за перші два роки повномасштабної війни в Україні вогнем було спустошено понад 10 тис. км² території, з них 1 047 км² лісів, що вигоріли внаслідок воєнних дій або через неможливість їх гасіння. Такі масштаби збитків є безпрецедентними і становлять загрозу для екологічної безпеки країни.

Пожежі в лісових екосистемах – серйозна екологічна небезпека, яка проявляється відразу (знищення деревостанів, загибель тварин, забруднення повітря продуктами горіння) і має довгострокові наслідки (деградація ґрунтів, ерозія, опустелювання територій, втрата біорізноманіття тощо). Особливо потерпають соснові ліси та інші пожежонебезпечні насадження Полісся і

лісостепу, де в тепловій хвилі чи посушливий період вогонь може поширюватися блискавично. Важливо зазначити, що понад 90 % причин займань – антропогенні (навмисні підпали або необережне поводження з вогнем). Зокрема, на Київщині більшість займань у природних екосистемах виникають через спалювання сухостою та сміття місцевими мешканцями, що підтверджує статистика складених адмінпротоколів. Водночас кліматичні зміни посилюють природні фактори: теплі безсніжні зими, затяжні посухи, аномальна спека та сильні вітри створюють ідеальні умови для масштабних пожеж. Останні десятиліття кількість та інтенсивність лісових пожеж зростає в усьому світі: вчені відзначають, що глобально щороку вигоряє орієнтовно на 5 % більше площі, ніж попереднього року, і ми фактично вступили в «епоху вогню» – піроцен. Одним із найгірших за всю історію став 2023 рік у світі (близько 12 млн га лісу згоріло на планеті), а в Європі сезони 2022–2023 років побили сумні рекорди за площею лісових пожеж. Отже, дослідження системи охорони лісів від пожеж є надзвичайно актуальним завданням, особливо в контексті зміни клімату та воєнних реалій в Україні.

Актуальність теми зумовлена необхідністю забезпечити надійний захист лісів як важливого компонента довкілля та економіки від вогню в умовах зростання ризиків. По-перше, ліси виконують ключові екосистемні функції – кліматорегулюючу, водоохоронну, ґрунтозахисну, рекреаційну тощо, і їх втрата через пожежі завдає непоправної шкоди. По-друге, війна створила нові виклики: великі території заміновані, що унеможлиблює традиційне гасіння пожеж; навмисні підпали лісів використовуються ворогом як тактика екологічного терору. По-третє, сучасний стан матеріально-технічного забезпечення лісової галузі для протидії пожежам залишається недостатнім: більшість пожежних автомобілів зношені (90 % експлуатуються понад 16 років), потребує вдосконалення система моніторингу та раннього виявлення. За таких умов науковий пошук рішень щодо удосконалення системи охорони лісів від пожеж є вкрай важливим завданням, від реалізації якого залежить екологічна безпека регіонів і країни в цілому.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану охорони лісів від пожеж у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» та розробка практичних рекомендацій щодо вдосконалення цієї системи в сучасних умовах.

Для досягнення поставленої мети визначені такі завдання:

— узагальнити теоретичні основи охорони лісів від пожеж, зокрема розкрити екологічні загрози, які несуть лісові пожежі, проаналізувати нормативно-правову базу у сфері протипожежного захисту лісів в Україні, а також вивчити існуючі системи попередження, виявлення та гасіння лісових пожеж (світовий та вітчизняний досвід) і оцінити їх ефективність;

— здійснити аналіз стану охорони лісів від пожеж у Макарівському надлісництві, охарактеризувати діяльність підприємства та природно-географічні умови території, проаналізувати статистику лісових пожеж у регіоні за останні роки (динаміку, масштаби, причини), оцінити діючу систему профілактики, виявлення та гасіння пожеж у господарстві, виявити проблемні аспекти;

— запропонувати шляхи удосконалення системи охорони лісів від пожеж – зокрема, впровадження сучасних інформаційних технологій і технічних засобів (систем моніторингу, безпілотних літальних апаратів тощо), удосконалення організаційних заходів та системи взаємодії між органами влади, лісовою охороною, ДСНС і громадськістю, розробити екологічні та освітньо-просвітницькі програми для населення з метою запобігання пожежам, а також здійснити попереднє економічне обґрунтування запропонованих заходів.

Об'єктом дослідження є соснові ліси у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Предмет дослідження – є система охорони лісів від пожеж у лісових екосистемах України в умовах кліматичних змін та воєнних дій

У процесі роботи використано комплекс **методів дослідження**: аналіз і синтез науково-технічної літератури та нормативних документів – для вивчення теоретичних основ та законодавчої бази; статистичний аналіз – для опрацювання

даних про кількість і площі лісових пожеж, тенденції їх змін; геоінформаційні методи та картографування – для просторового аналізу осередків пожеж; порівняльний аналіз – для зіставлення вітчизняного та зарубіжного досвіду протидії лісовим пожежам.

Наукова новизна одержаних результатів. Основні положення магістерської роботи полягають в тому, що вперше комплексно проаналізовано стан пожежної безпеки лісів Київської області в умовах воєнного стану; уточнено статистичні показники динаміки лісових пожеж за 2020–2025 роки; виявлено основні недоліки чинної системи охорони лісу від пожеж (організаційні, технічні, правові) та їх причини; розроблено авторські пропозиції щодо впровадження інноваційних технологій моніторингу (зокрема системи групового дрон-моніторингу лісу) та створення добровільних протипожежних формувань на рівні територіальних громад.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати роботи полягають у тому, що сформульовані рекомендації можуть бути використані Державним агентством лісових ресурсів України, ДСНС та органами місцевої влади при плануванні протипожежних заходів у лісах, вдосконаленні матеріально-технічного забезпечення лісових пожежних станцій, розробці регіональних програм з охорони лісів. Результати дослідження сприятимуть зниженню кількості та масштабів лісових пожеж, мінімізації екологічних та економічних втрат від них, особливо в післявоєнний період відновлення України.

Структура роботи. Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОХОРОНИ ЛІСІВ ВІД ПОЖЕЖ

1.1. Пожежі як екологічна загроза лісовим екосистемам

Лісова пожежа – це неконтрольоване поширення вогню по території лісового фонду, яке виникає переважно стихійно (через природні фактори або діяльність людини) і створює небезпеку для навколишнього середовища та людей [8, 9]. З огляду на характер горючих матеріалів та інтенсивність розрізняють низові (горить підстилка, трав'яний настил), верхові (горить крона дерев) та підземні (торф'яні) пожежі [13, 53].

Екологічні наслідки лісових пожеж надзвичайно руйнівні. Вогонь миттєво знищує живі рослинні організми – від деревного намету до підліску і трав'яного покриву. При великій інтенсивності горіння гинуть також представники фауни, які не встигають втекти: птахи, дрібні ссавці, плазуни, комахи. Відбувається пряма втрата біорізноманіття. Особливо небезпечні пожежі в заповідних та унікальних природних комплексах – вони можуть спричинити локальне зникнення рідкісних видів. За даними екологів, внаслідок воєнних лісових пожеж під загрозою опинилися місця існування десятків видів птахів, зокрема 18 рідкісних, що мешкають лише в Україні [13]. Крім того, пожежа змінює середовище існування: вигорання підстилки і гумусового шару ґрунту погіршує умови для відновлення рослинності. Ґрунтовий покрив зазнає деградації – верхні шари перегріваються, втрачають органічну речовину, мікроорганізми гинуть. Після пожеж часто фіксується зростання кислотності ґрунту та накопичення токсичних продуктів горіння. Дослідження показали, що у згораннях лісів важкі метали можуть переходити у рухомі форми та забруднювати ґрунт [51, 59].

Лісові пожежі спричиняють забруднення атмосферного повітря продуктами горіння. У димових викидах містяться дрібнодисперсні тверді частинки, вуглекислий газ, чадний газ, оксиди азоту, леткі органічні сполуки та інші небезпечні речовини. Під час масштабних пожеж концентрації шкідливих

речовин у повітрі можуть у десятки разів перевищувати гранично допустимі, що загрожує здоров'ю населення навіть на віддалених територіях. За підрахунками Державної екологічної інспекції, лише внаслідок серії лісових пожеж, спричинених обстрілами у Миколаївській області в серпні 2022 року, в атмосферу потрапило понад 160 тис. тонн забруднюючих речовин [12, 57], а економічна шкода від забруднення повітря склала більш як 111 млн грн. Пожежі виділяють також величезні обсяги парникових газів. Згоряння біомаси вивільняє вуглець, накопичений деревами, що посилює парниковий ефект. Таким чином утворюється небезпечний цикл: зміна клімату провокує пожежі, а пожежі, в свою чергу, сприяють подальшому нагріванню планети [29, 40].

Серед причин виникнення лісових пожеж ключове місце посідає людський фактор. За різними оцінками, від 70 до 90 % загорянь у лісах спричинені діяльністю людини [8, 36]. Недбале поводження з вогнем – кинутий непогашений недопалок, залишене багаття – може призвести до великого лиха. Часто пожежі виникають через умисні підпали сухої трави та стерні: вогонь легко перекидається на лісові масиви. Так, на Київщині лише за перше півріччя 2023 року було зафіксовано 993 випадки загорання трав'яного настилу на площі 675 га [4, 5 6]; багато з них переходили в лісові пожежі. Іншою поширеною причиною є аварії та діяльність підприємств: іскра від техніки, займання на сміттєзвалищах, іскріння ЛЕП у вітряну погоду також можуть спровокувати пожежу. У воєнний час додалися і воєнні причини: обстріли запалювальними боєприпасами, вибухи ракет і снарядів у лісах, підриви мін. Як зазначалося, у 2022–2023 роках більшість великих лісових пожеж на півночі України були спричинені саме військовими діями [11]. Ворог цілеспрямовано мінував ліси, залишаючи «пастки», що детонують із затримкою і спричиняють загорання [11, 13]. Це створює вкрай небезпечну ситуацію, коли пожежа поширюється на недоступних для рятувальників територіях.

1.2. Нормативно-правова база охорони лісів від пожеж в Україні

Згідно зі ст. 31 Лісового кодексу, обласні державні адміністрації та органи місцевої влади зобов'язані організовувати заходи з пожежної безпеки у лісах, включаючи залучення населення до боротьби з пожежами [23]. А ст. 86 Лісового кодексу прямо встановлює, що постійні лісокористувачі (лісові господарства) зобов'язані охороняти ліси від пожеж, здійснювати профілактичні протипожежні заходи, вчасно виявляти та ліквідувати загоряння.

Спеціальним актом є Закон України «Про пожежну безпеку» (№3745-ХІІ від 17.12.1993) [43], дія якого поширюється на всі сфери, у тому числі лісове господарство. Цей закон визначає загальні вимоги пожежної безпеки, обов'язки підприємств щодо запобігання пожежам і порядок взаємодії з підрозділами ДСНС. Зокрема, передбачено, що суб'єкти господарювання повинні розробляти і виконувати заходи пожежної безпеки, мати необхідні засоби пожежогасіння, навчати персонал. Невиконання цих вимог тягне адміністративну або кримінальну відповідальність.

Окремо слід відзначити нормативні документи, що стосуються пожежної охорони лісів. Насамперед це Правила пожежної безпеки в лісах України (НАПБ А.01.002-2004) [38], затверджені наказом Держкомлісгоспу №278 від 27.12.2004 р. Ці Правила є основоположним відомчим документом, що регламентує всі аспекти профілактики та гасіння лісових пожеж. У них детально прописано вимоги до облаштування протипожежних розривів, утримання мінералізованих смуг, порядку чергування пожежних сторожів, дій лісової охорони при різних класах пожежної небезпеки, взаємодії з підрозділами ДСНС тощо. Правила 2004 року досі чинні (із змінами) і є обов'язковими для всіх лісокористувачів.

У 2022 році, враховуючи нові виклики воєнного стану, Кабінет Міністрів затвердив Порядок організації охорони і захисту лісів (постанова КМУ №612 від 20.05.2022) [21]. Цей документ, прийнятий на виконання ст. 38 Лісового кодексу, визначає механізм здійснення комплексу заходів, спрямованих на збереження лісів від пожеж, незаконних рубок, пошкоджень та іншого шкідливого впливу

[21]. Порядок 2022 року фактично оновив та систематизував вимоги пожежної безпеки з урахуванням сучасних умов.

Відповідальність за порушення правил пожежної безпеки в лісах передбачена Кодексом України про адміністративні правопорушення та Кримінальним кодексом. Зокрема, ст.77¹ КУпАП встановлює штрафи за самовільне випалювання рослинності: для громадян від 3060 до 6120 грн, для посадових осіб – від 15 300 до 21 420 грн; а якщо ті самі дії вчинені в межах природно-заповідного фонду – штрафи подвоюються [18]. Крім того, ст. 245 Кримінального кодексу України передбачає покарання (аж до позбавлення волі) за знищення або пошкодження лісових масивів вогнем. Це означає, що умисний підпал лісу або необережні дії, які спричинили велику пожежу, караються як злочин [22].

Закон України «Про природно-заповідний фонд» (1992) [45] забороняє випалювання сухої рослинності, розведення вогнищ та інші пожежонебезпечні дії на заповідних територіях. Адміністрації НПП та заповідників зобов'язані розробляти окремі плани протипожежних заходів і забезпечувати їх виконання. Нерідко у межах ПЗФ створюються власні пожежні підрозділи або заключаються угоди з місцевими пожежними командами для оперативного реагування. Проте, як показує досвід, навіть статус заповідності не убезпечує від пожеж: наприклад, у 2020 р. значна частина пожеж припала саме на Чорнобильський біосферний заповідник, де будь-яка господарська діяльність заборонена, але пожежа все одно виникла (причиною був підпал ззовні).

Україна є стороною низки міжнародних договорів та ініціатив, що стосуються охорони лісів і довкілля, опосередковано впливаючи і на політику протипожежного захисту. Серед них – Рамкова конвенція ООН про зміну клімату і Паризька кліматична угода 2015 р., які зобов'язують країну скорочувати викиди парникових газів і збільшувати поглинання (лісовідновлення) [35]; Конвенція про біорізноманіття (1992) [20], яка вимагає зберігати екосистеми та види (боротьба з пожежами є частиною цих зобов'язань); ряд угод щодо охорони лісів від забруднень і шкідників. Хоч ці документи і не

містять прямих вимог щодо пожеж, їх виконання стимулює державу посилювати охорону лісів, у тому числі від вогню, адже неконтрольовані пожежі підривають досягнення цілей сталого розвитку.

1.3. Системи попередження, виявлення та гасіння лісових пожеж (світовий та український досвід)

Ефективна боротьба з лісовими пожежами складається з трьох основних компонентів: попередження (профілактика) виникнення займань, виявлення пожеж на ранній стадії та швидке реагування на їх гасіння.

1. Створення протипожежних бар'єрів: облаштування мережі протипожежних розривів (просік) та мінералізованих смуг, які позбавлені горючої рослинності і перешкоджають перекиданню вогню. Досвід України і світу підтверджує ефективність таких бар'єрів при локалізації низових пожеж [27]. Наприклад, Сухач Р. Ю. та ін. дослідили застосування загороджувальних смуг піною підвищеної стійкості для зупинки трав'яних пожеж – це дозволяє виграти час для підходу основних сил [48, 49].

2. Лісогосподарські заходи: регулярне прибирання горючих матеріалів (валежнику, сухостою), проведення санітарних рубок. У деяких країнах (США, Канада, Австралія) практикують *контрольоване випалювання* підстилки і хмизу у вологу погоду – так звані запобіжні пали. Це зменшує накопичення пального матеріалу в лісі. Застосування таких контрольованих палів дозволено лише під наглядом фахівців і за сприятливих умов [8, 57]. В Україні метод контрольованих палів також використовується обмежено, переважно в степових заповідниках, але потенційно може застосовуватися і в лісах для запобігання великим верховим пожежам.

3. Інформаційно-просвітницька робота: у багатьох країнах значну увагу приділяють навчанню населення правилам пожежної безпеки. Проводяться кампанії на кшталт «Бережіть ліс від вогню!», встановлюються попереджувальні знаки, плакати на входах до лісу тощо.

4. Обмеження доступу в ліс в пожежонебезпечний період: у ряді випадків під час найвищого класу пожежної небезпеки місцева влада тимчасово забороняє відвідування лісів громадянами (особливо вразливі соснові ліси). Встановлюються шлагбауми на в'їздах, чергують патрулі. Наприклад, у Херсонській області ще до війни практикували закриття лісів для населення у пік літньої спеки, що давало позитивний ефект у зменшенні числа займань.

До традиційних засобів додаються сучасні технологічні рішення. Одне з новітніх досягнень – мережі IoT-сенсорів для раннього виявлення диму і підвищення температури. Компанія Dryad Networks (Німеччина) розробила систему Silvanet – це автономні датчики, що встановлюються на деревах і через бездротову mesh-мережу передають сигнал про ознаки займання [50, 58]. Кожен сенсор контролює мікроклімат (температуру, вологість, газовий склад) і має вбудований штучний інтелект, здатний розпізнати початкову фазу тління. За твердженням розробників, система може виявити загорання за кілька хвилин після його початку, ще до того як пожежа розвинеться [51]. Подібні проекти знаходяться на стадії впровадження і можуть здійснити революцію у виявленні пожеж, особливо у віддалених куточках, не покритих відеоспостереженням.

Ще один технологічний тренд – використання безпілотних літальних апаратів. Дрони, обладнані тепловізорами та камерами, активно застосовуються для повітряної розвідки пожеж в реальному часі [11]. Вони можуть патрулювати ліс з повітря, особливо після гроз (для пошуку займань від блискавок) або у вихідні дні (коли вірогідні людські підпали). В Україні таку практику теж починають запроваджувати. За повідомленням компанії DroneUA, низка підрозділів ДСНС вже має дрони-розвідники, що допомагають виявляти осередки горіння і навіть доставляти невеликі ємності з водою чи вогнегасним засобом для ліквідації дрібних займань [7]. Українські науковці також не стоять осторонь: у 2025 році група дослідників Херсонського національного технічного університету розробила нову систему моніторингу лісових пожеж за допомогою рою дронів, оснащених оптичними камерами, тепловаченням та лідарами [15]. Така мультисенсорна група БПЛА може точно визначати координати осередку

пожежі, оцінювати інтенсивність горіння і динаміку поширення вогню. Подібні розробки відкривають можливість в майбутньому цілком автоматизувати авіаційний нагляд за лісами.

Не слід забувати і про супутниковий моніторинг. Сучасні супутникові системи (NASA MODIS, Suomi NPP, європейська EFFIS) забезпечують оперативне виявлення термоточок з космосу. В Україні дані супутників також використовуються: Держлісагентство підключене до сервісів NASA FIRMS та EFFIS, що дає можливість бачити термічні аномалії і осередки пожеж навіть у віддалених та важкодоступних районах [23]. Супутникові знімки дозволяють оцінити площу пожежі, напрямок її руху, прогнозувати розвиток. Щоправда, роздільна здатність супутників не завжди достатня для виявлення маленького загоряння, і дані надходять із затримкою в кілька годин. Тому їх використовують як допоміжний інструмент та для постфактум аналізу згорілих площ.

Організація гасіння залежить від масштабів пожежі та наявних сил. У світовій практиці існують спеціалізовані пожежні служби для лісів: у США – Служба лісового пожежництва (US Forest Service Fire & Aviation), у Канаді – підрозділи при провінційних лісових департаментах, в Австралії – добровільні протипожежні бригади тощо. В Україні безпосередньо гасінням лісових пожеж займаються як підрозділи ДСНС, так і відомча державна лісова охорона (лісопожежні станції у складі лісгоспів).

Важливою частиною системи є міжвідомча взаємодія. В Україні налагоджено співпрацю між Держлісагентством та ДСНС: підписані спільні накази, плани дій. Лісова охорона часто першою виявляє й починає локалізувати загорання, а рятувальники ДСНС підтягуються для повної ліквідації та захисту населених пунктів. Під час надзвичайних ситуацій (як, наприклад, великі пожежі 2020 р. на Луганщині) залучаються підрозділи Збройних сил, Нацгвардії, техніка Держспецтрансслужби – для створення мінералізованих смуг танками, підвозу води тощо [16]. В умовах війни така взаємодія ще більш актуальна: коли лісова пожежа трапляється на забрудненій вибухівкою території, тільки військові сапери можуть забезпечити безпеку рятувальників [56, 57]. Тому зараз при

обласних військових адміністраціях діють координаційні штаби, що відповідають і за реагування на пожежі в екосистемах.

Нарешті, важливим елементом є добровольці та громади. Як згадано, законодавство тепер дозволяє створювати добровільні пожежні дружини для охорони лісів [39]. У 2023 р. Всеукраїнська екологічна ліга розпочала пілотний проєкт зі створення громадської системи протипожежного захисту лісів [37]. Його мета – залучити місцеві громади до протидії лісовим пожежам шляхом навчання добровольців, оснащення їх базовим інвентарем та координації зусиль з лісгоспами і ДСНС. Пілотні громади (наприклад, у Полтавській та Черкаській областях) вже формують такі загони. Світовий досвід (наприклад, Австралія з її Volunteers Rural Fire Service) свідчить, що добре навчена місцева добровільна пожежна команда здатна значно підвищити оперативність реагування, особливо в віддалених селах поблизу лісів.

Для наочності на рис.1.1 зображено структуру системи охорони лісів від пожеж, зокрема взаємодію основних суб'єктів. Лісова охорона (у складі ДП «Ліси України» та його регіональних філій) відповідає за профілактику і перше реагування, ДСНС – за професійне гасіння і порятунок людей, органи влади – за координацію і ресурси, громади – за допомогу та дотримання правил.

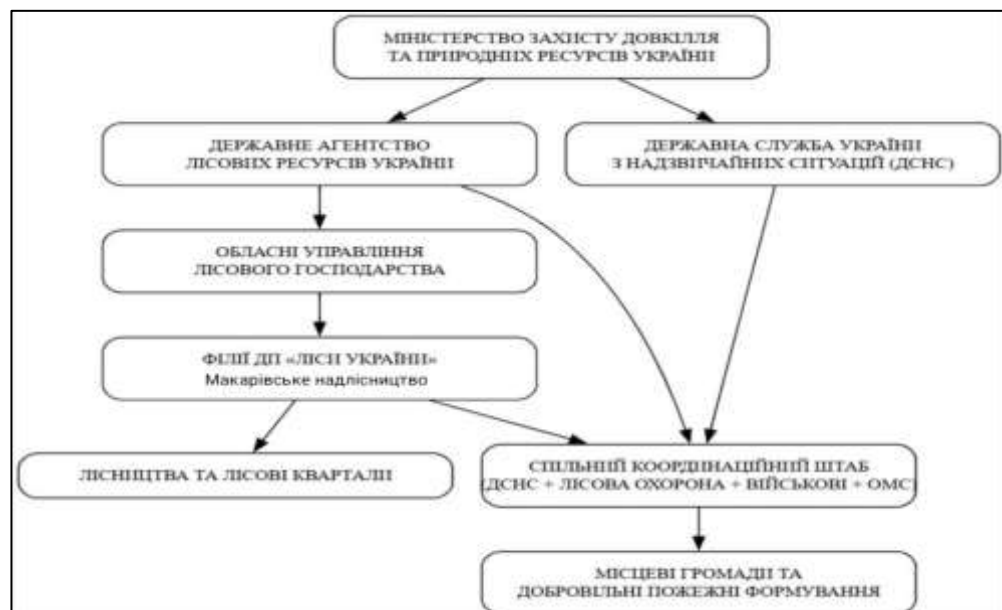


Рис. 1.1. Організаційна схема системи охорони лісів від пожеж у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

У підсумку, сучасна система протипожежного захисту лісів повинна бути комплексною і багаторівневою. Світовий досвід демонструє важливість профілактики (просвіта, попереджувальні заходи), використання високотехнологічних засобів моніторингу (камери, сенсори, супутники, дрони) та забезпечення достатнього технічного оснащення для гасіння (пожежна техніка, авіація).

1.4. Екологічні та економічні наслідки лісових пожеж

Лісові пожежі завдають комплексної шкоди, яка проявляється на екологічному, соціальному та економічному рівнях. Екологічні наслідки частково вже розглянуто вище: це і знищення флори та фауни, і деградація ґрунтів, і забруднення повітря, води та ґрунту продуктами горіння. Варто зауважити, що відновлення лісових екосистем після великої пожежі є тривалим і складним процесом. В залежності від інтенсивності горіння, ліс може відновлюватися природним шляхом десятки років, а то й століття. У випадку верхових пожеж, коли гине весь деревостан, часто потрібне штучне лісовідновлення – висадка сіянців, догляд за ними. Це значні затрати праці і коштів, і успіх не гарантований, адже мікроклімат на згарищі змінився (більше сонця, сухіше, можливий розвиток бур'янів). За оцінками фахівців, окремі особливо цінні ділянки лісу, знищені під час війни (наприклад, старовікові соснові бори), втрачені назавжди або на дуже довгу перспективу [9]. Таким чином, пожежі ведуть до збіднення біорізноманіття і порушення стійкості екосистем. Зникають середовища існування для спеціалізованих видів, змінюється структура лісу (після пожеж нерідко на місці хвойного лісу відростає чагарникова або трав'яниста рослинність, формується вторинне рідколісся).

Одним з довгострокових наслідків частих пожеж є ризик опустелювання територій. Постійне вигорання рослинності та перегрів ґрунту призводять до втрати гумусу, ущільнення та водовідштовхувальних властивостей ґрунту (утворення склоподібного шару від високої температури). Як результат –

зменшується інфільтрація води, посилюється стік і ерозія. На крутих схилах після пожеж часто трапляються зсуви ґрунту через втрату укріплюючої ролі коріння. У південних регіонах, де клімат і так сухий, великі пожежі здатні перевести екосистему в стан, близький до напівпустелі [15, 18]. Саме тому ООН оголосила боротьбу з опустелюванням одним з пріоритетів, а запобігання лісовим пожежам – частиною цієї боротьби. Зокрема, у степових районах України (де ліси представлено штучними лісосмугами, байраками) пожежі часто нищать останні осередки деревної рослинності, що стримує поширення пустельних ландшафтів.

Економічні наслідки лісових пожеж є багатограними. Перш за все, це прямі втрати деревини та лісопродукції. Згорілий ліс вже не придатний як ділова деревина (після сильного підгоряння деревина втрачає технічні властивості, синіє, швидко заселяється шкідниками). Частково його можна використати як паливо, але вартість цього низька. За підрахунками Держлісагентства, загальні збитки від лісових пожеж 2022 року склали близько 6,9 млн грн лише за перші 8 місяців (в основному це втрачена деревина) [6], а за 2023 рік – вже понад 2 млрд грн [5]. Друга складова – витрати на гасіння та ліквідацію наслідків. Залучення значної кількості техніки, пально-мастильних матеріалів, людських ресурсів (пожежні, лісова охорона, інші служби) потребує фінансування. Після пожежі треба проводити санітарні рубки, розчищати згарища, висаджувати нові ліси – все це додаткове навантаження на бюджет лісгоспів. Непрямі економічні втрати включають зниження рекреаційної привабливості територій (після великих пожеж туризм може занепадати, люди не поїдуть в обгорілі ліси), погіршення умов ведення сільського господарства (вітри, що раніше стримувалися лісом, тепер суховії без перепон висушують поля; ґрунти видуваються). Якщо згорають захисні лісосмуги на полях – це одразу мінус до врожайності культур.

Ще один аспект – соціальні збитки. Коли пожежа наближається до населених пунктів, може виникати необхідність евакуації людей, трапляються випадки втрати житла, господарських будівель. Найбільш трагічні випадки – загибель людей під час лісових пожеж. На щастя, в Україні це поодинокі випадки,

проте в 2020 році на Луганщині пожежі призвели до загибелі кількох селян і пошкодили сотні будинків. Це свідчить, що пожежна безпека лісів – це і питання безпеки населення. Особливо в умовах війни, коли ресурси ДСНС розпорошені, ризики для громад зростають.

В умовах воєнного часу лісові пожежі мають ще одну важливу складову: вони можуть підірвати обороноздатність (вигорання лісів спрощує ворожій авіації та дронам візуальне виявлення військових об'єктів, позбавляє війська маскування), а також загрожують радіаційній безпеці (пожежі в Чорнобильській зоні можуть підняти радіонукліди та перенести їх з димом на великі відстані). Тому гасіння лісових пожеж у прифронтових і радіаційно забруднених районах стає питанням національної безпеки, і його вирішення потребує координації сил цивільного захисту та військових.

Підсумовуючи, екологічна шкода від лісових пожеж включає деградацію екосистем, втрату біорізноманіття, погіршення якості компонентів довкілля (повітря, ґрунтів, води) та вплив на кліматичну систему через викиди парникових газів. Економічні втрати охоплюють пряму матеріальну шкоду (втрачена деревина, витрати на ліквідацію), непрямі збитки (зниження продуктивності земель, туристичні збитки), а також соціальні наслідки (витрати на медичні потреби через задимлення, компенсації постраждалим, відновлення інфраструктури). Згідно з даними Міністерства захисту довкілля, сумарні збитки довкіллю України від воєнних лісових пожеж, забруднення повітря та земель за 11 місяців війни оцінюються майже в 1,9 трильйона гривень [61]. Ця величезна цифра підкреслює, що пожежі – не лише локальна проблема лісової галузі, а й загальнонаціональна екологічна катастрофа, яка потребує уваги на найвищому рівні.

Враховуючи сказане, охорона лісів від пожеж має розглядатися як пріоритетний напрямок державної екологічної політики. Інвестуючи в профілактику та сучасні технології гасіння, Україна зможе зберегти свої ліси – безцінний природний ресурс – від знищення, забезпечити населення і зменшити

економічні втрати. Досвід останніх років – і трагічний 2020-й, і воєнні 2022–2023 – став тривожним сигналом, що стара система вже не справляється.

Висновки до розділу 1

Теоретичний аналіз показав, що лісові пожежі формують комплексну екологічну загрозу: порушується структура лісових екосистем, деградують ґрунти, зростають викиди парникових газів, посилюється ризик опустелювання та ерозійних процесів. Вогонь трансформує видову структуру насаджень, зменшує частку цінних та вибагливих видів, сприяє поширенню малопродуктивних ценозів, що безпосередньо впливає на довгострокову стійкість лісового покриву й здатність виконувати захисні та кліматорегулювальні функції.

Подальший розгляд показав, що правове поле України формально охоплює всі базові аспекти охорони лісів від пожеж: розподілено повноваження між державними органами, визначено відповідальність постійних лісокористувачів, встановлено вимоги до профілактики й гасіння, закріплено санкції за порушення. Проте реальна практика демонструє розрив між нормами та їх виконанням: недофінансування профілактичних робіт, незадовільний стан частини інфраструктури, слабка реалізація механізмів відповідальності населення за підпали, недостатнє врахування воєнних чинників у діючих документах.

Аналіз міжнародного й вітчизняного досвіду показав, що превентивні заходи та раннє виявлення створюють основу ефективної протипожежної системи. Найбільший ефект дає поєднання лісівничих рішень (структура насаджень, зменшення горючого навантаження, створення бар'єрів) з високотехнологічним моніторингом на основі відеоспостереження, супутникових даних, дронів, сенсорних мереж. Особливу роль виконують інформаційні кампанії та участь громад, оскільки антропогенний чинник

залишається домінуючим джерелом загорянь навіть за розвиненої технічної інфраструктури.

У підсумку розділ сформував цілісне розуміння пожеж як фактору деградації лісів, окреслив сильні й слабкі сторони нормативно-правової системи та визначив концептуальні орієнтири для сучасної моделі протипожежної охорони: пріоритет профілактики над гасінням, інтеграція природоохоронних і безпекових підходів, поєднання класичних лісівничих інструментів з цифровими технологіями моніторингу і управління ризиками.

РОЗДІЛ 2 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Мета та методи дослідження

Метою дослідження було кількісно оцінити накопичення лісових горючих матеріалів у соснових насадженнях різних типів лісорослинних умов Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» та встановити їхній вплив на природну пожежну небезпеку і лісомеліоративні властивості лісу (регулювання водного режиму, формування мікроклімату, протиерозійні функції).

Дослідження проводили із 2019 по 2024 рр. на території Макарівського надлісництва. Для забезпечення репрезентативності були відібрані ділянки, що відображають основні ТЛУ, представлені в регіоні: сухі, свіжі та вологі бори (А1–А3), субори (В2, В3), сугруди (С2, С3), діброви (D2, D3) і заболочені вільшняки (Е5). В межах кожного типу лісу вибирали насадження з максимально однорідними умовами місцезростання та типовою для даного типу структурою деревостану.

На базі обраних ділянок було закладено 10 тимчасових пробних площ площею 0,1 га кожна. Межі пробних площ фіксували в натурі за допомогою кілків та сигнальної стрічки; координати центру ділянки визначали з використанням GPS-приймача. Про кожен пробну площу складали польовий паспорт, де зазначали квартал, виділ, тип лісорослинних умов, вік, повноту, склад насадження, наявність підліску та трав'яного покриву.

Для характеристики деревостанів застосовували стандартизовані таксаційні методи:

- визначення віку насаджень за даними лісовпорядкування з уточненням за приростом;
- оцінка повноти та зімкнутості пологу;
- опис складу у вигляді таксаційних формул (наприклад, 10С, 6С4Д тощо);

— візуальне оцінювання стану дерев (наявність сухих гілок, ступінь очищення стовбурів від сучків, розвиток підросту та підліску).

Лісорослинні умови визначали за прийнятою лісотипологічною класифікацією з урахуванням трофності ґрунту, зволоження, рельєфу, складу деревостану та характеру трав'яно-чагарникового покриву. Це дало змогу віднести кожен пробну площу до відповідного ТЛУ (А1, А2, А3, В2, В3, С2, С3, D2, D3, Е5), що надалі використано як основний фактор порівняння.

Оцінку лісомеліоративних властивостей насаджень проводили опосередковано – через показники накопичення та вологості підстилки, ступінь зімкнутості пологу, розвиток підліску й трав'яного покриву, наявність заболочених або перезволожених ділянок. Таке трактування дозволило розглядати ліс як природний регулятор водного режиму та мікроклімату, а також як бар'єр для поширення вогню.

Вивчення лісових горючих матеріалів на пробних площах здійснювали двома взаємодоповнюючими методами:

1. Кількісний облік дрібних горючих матеріалів (лісової підстилки, опаду, дрібного хмизу до 2 см) методом рамок: на кожній пробній площі відбирали зразки підстилки в межах квадратних рамок розміром 0,5×0,5 м. Рамки розміщували по діагоналі площі або за лінійним трансектом (не менше 5 точок відбору на 0,1 га), що дозволяло врахувати мікрорізноманіття умов. Весь матеріал у межах рамки (листя, хвоя, дрібні гілочки, суха трава) згрібали до мінерального ґрунту, пакували в марковані пакети та доставляли до лабораторії для висушування та зважування. Товщину шару підстилки в кожній точці вимірювали лінійкою з точністю до 0,5 см.
2. Оцінка запасів грубих горючих матеріалів (гілки товщиною понад 2 см, повалені стовбури, валежник) здійснювалася візуально з використанням прийнятих у лісівництві шкал та за допомогою вибіркового замірів. У межах 0,1 га підраховували кількість і приблизний об'єм сухих стовбурів та великих гілок, що лежать на поверхні, з наступним перерахунком у м³/га.

Потенційну пожежну небезпеку насаджень оцінювали за бальною шкалою, адаптованою до класифікації природної пожежної небезпеки лісів (I–V клас). При визначенні класу брали до уваги:

- тип лісорослинних умов;
- вік і склад насадження (частка хвойних порід);
- товщину та вологість лісової підстилки;
- наявність та безперервність шару сухої трави;
- обсяг грубих горючих матеріалів.

Окремо фіксували метеорологічні умови в період обстеження (середньодобову температуру, наявність або відсутність опадів у попередні дні), що дозволило інтерпретувати отримані дані з урахуванням реального рівня зволоження підстилки.

Для збору інформації використовували такі засоби та обладнання:

- GPS-приймач для фіксації координат пробних площ;
- таксаційні стрічки та рулетки для розмітки площ;
- лінійки та штангенциркулі для вимірювання товщини підстилки і діаметра гілок;
- ваги (лабораторні) для зважування висушених зразків підстилки;
- компас, польові журнали, марковані пакети для відбору зразків;
- персональний комп'ютер із програмним забезпеченням (MS Excel або аналогічні статистичні пакети) для подальшої обробки результатів.

Загальна програма досліджень передбачала послідовне виконання таких етапів:

- добір репрезентативних насаджень і закладання тимчасових пробних площ;
- лісотипологічна діагностика ТЛУ та таксаційний опис деревостанів;
- відбір та лабораторне дослідження зразків лісової підстилки і дрібних горючих матеріалів;
- оцінка запасів грубих горючих матеріалів у межах пробних площ;
- віднесення кожної ділянки до певного класу природної пожежної небезпеки;

– аналіз зв'язків між типом лісу, віком і складом насаджень, запасом горючих матеріалів і класом пожежного ризику.

2.2. Оброблення та узагальнення експериментальних матеріалів

Первинні польові дані – таксаційні показники насаджень, результати вимірювань товщини підстилки, маса відібраних зразків, обсяги грубих горючих матеріалів, класи пожежної небезпеки – заносили у зведені електронні таблиці для подальшої обробки.

На першому етапі проводили перерахунок маси підстилки до стандартних одиниць виміру. Зважені після висушування зразки (у грамах) переводили в масу на 1 м², з урахуванням площі рамки 0,25 м². Далі, використовуючи співвідношення 1 т/га = 0,1 кг/м², розраховували запас дрібних лісових горючих матеріалів у т/га для кожної точки відбору, а потім – середнє значення по пробній площі. Аналогічно узагальнювали дані про товщину підстилки, обчислюючи середній та мінімально-максимальний рівні для кожної ділянки.

Отримані значення запасів дрібних ЛГМ групували в категорії, що використовувалися у подальшому аналізі (0–2; 2–5; 5–10; 10–15; 15–20; 20–30 т/га). Це дозволило встановити частоту трапляння різних рівнів накопичення опадів у певних типах лісорослинних умов і простежити типові інтервали значень для борів, суборів, сугрудів, дібров та вільшняків.

Для грубих горючих матеріалів, облік яких здійснювався в м³/га, обчислювали середній запас по кожній пробній площі та порівнювали його між різними типами насаджень. Окремо виділяли ділянки з підвищеним накопиченням валежнику й сухостою, оскільки це впливає на інтенсивність уже розвинених пожеж, хоч і меншою мірою на їх виникнення.

На наступному етапі проводили описову статистичну обробку даних:

- обчислення середніх значень, стандартних відхилень, варіаційних інтервалів для запасів дрібних та грубих ЛГМ, товщини підстилки, частки хвойних порід, віку насаджень;
- побудову варіаційних рядів і графіків розподілу (діаграм), які в подальшому

використано для ілюстрації залежностей у третьому розділі (рис. 3.1–3.12, 3.9–3.11 тощо).

Особливу увагу приділяли аналізу кореляційних зв'язків між:

- типом лісорослинних умов (як якісною градацією від бідних сухих борів до багатих вологих дібров і вільшняків) та запасом дрібних ЛГМ;
- віком насаджень і масою підстилки;
- часткою хвойних порід у складі деревостану та класом пожежної небезпеки;
- показниками зволоження місцезростання (опосередковано – через ТЛУ і спостережувану вологість підстилки) та горючістю поверхневого опаду.

Залежності між віком насаджень і запасом дрібних ЛГМ, між типом лісу і класом пожежної небезпеки відображали графічно (побудова регресійних кривих на зразок рис. 3.8–3.10, 3.11, 4.1). Для цього використовували стандартні інструменти електронних таблиць (побудова трендових ліній, розрахунок коефіцієнтів кореляції).

Окремим блоком проводився типологічний аналіз: кожен пробну площу розглядали як представника певного ТЛУ і порівнювали між собою за сукупністю характеристик – товщиною та масою підстилки, вмістом дрібних і грубих ЛГМ, часткою хвойних порід, класом пожежної небезпеки. Це дозволило побудувати «профілі пожежного ризику» для основних типів лісу, що згодом лягло в основу узагальнювальних схем і висновків.

Для перевірки узгодженості отриманих результатів із літературними даними здійснювали порівняльний аналіз із результатами інших досліджень, присвячених пожежній небезпеці борів, суборів, сугрудів та листяних лісів. Співставляли типові діапазони запасів підстилки та прийняті в інших роботах класи природної пожежної небезпеки для аналогічних ТЛУ. Це дало змогу оцінити, наскільки результати, одержані в Макарівському надлісництві, відповідають загальним закономірностям, описаним у наукових джерелах.

Підсумкове узагальнення експериментальних матеріалів здійснювали шляхом:

- виділення градацій пожежного ризику за типами лісорослинних умов (від І

- класу в сухих борах до IV–V у вологих дібровах і заболочених вільшняках);
- формування диференційованих рекомендацій щодо протипожежних заходів для кожної групи ТЛУ, з урахуванням встановленого рівня ризику та характеру накопичення ЛГМ;
 - інтерпретації даних з позицій лісомеліоративних властивостей насаджень – здатності різних типів лісу стримувати або, навпаки, посилювати поширення вогню через особливості підстилки, водного режиму та мікроклімату.

Таким чином, оброблення та узагальнення експериментальних матеріалів дало змогу перетворити розрізнені польові спостереження на цілісну систему кількісних показників, що характеризують пожежну небезпеку соснових насаджень різних типів лісорослинних умов і їхні лісомеліоративні властивості, що було використано при формуванні висновків третього та четвертого розділів роботи.

Висновки до розділу 2

У розділі сформовано цілісну методику дослідження соснових та мішаних соснових насаджень Макарівського надлісництва, яка дає змогу комплексно оцінити накопичення лісових горючих матеріалів і пов'язані з ними лісомеліоративні властивості насаджень. Чітко визначено об'єкт (соснові й сосново-мішані ліси різного віку та складу) і предмет дослідження (кількість, структура та просторовий розподіл дрібних і грубих ЛГМ у різних ТЛУ).

Дослідження організовано на основі лісотипологічного підходу: усі пробні площі прив'язані до конкретних типів лісорослинних умов (бори, субори, сугруди, діброви, вільшняки), що дало змогу надалі інтерпретувати результати не лише на рівні окремих ділянок, а в контексті типологічних рядів. Такий підхід забезпечує можливість типового, а не випадкового узагальнення та прив'язки висновків до системи лісогосподарського планування.

Закладання десяти тимчасових пробних площ площею 0,1 га з фіксованими координатами, проведення повного таксаційного опису деревостанів (вік, повнота, склад, структура полог, стан підросту й підліску) та діагностика ТЛУ за чинними

класифікаціями створили надійну базу для кількісних оцінок. Поєднання польових замірів і даних лісовпорядкування забезпечило достатню точність вихідної інформації.

Ключовою складовою методики стало поєднання кількісного обліку дрібних ЛГМ (лісової підстилки, опаду, дрібного хмизу) методом рамок $0,5 \times 0,5$ м та орієнтовної оцінки запасів грубих горючих матеріалів (сухостою, валежнику) на рівні 0,1 га. Перерахунок маси відібраної підстилки до т/га з урахуванням площі рамок дав змогу одержати порівняльні показники запасів ЛГМ для різних насаджень і ТЛУ.

Оцінка природної пожежної небезпеки за адаптованою бальною шкалою (I–V класи) з урахуванням типу лісу, частки хвойних порід, віку, товщини та вологості підстилки, розвитку трав'яного покриву та обсягу грубих ЛГМ забезпечила можливість кількісно пов'язати пожежний ризик із конкретними структурними характеристиками насаджень. Це створює основу для подальшого лісомеліоративного аналізу та практичних рекомендацій.

Ретельна система оброблення результатів (перехід до стандартних одиниць, групування запасів дрібних ЛГМ у діапазони, описова статистика, побудова графіків і профілів ризику, аналіз кореляцій між віком, часткою хвойних, ТЛУ та запасами ЛГМ) дала змогу перетворити первинні польові спостереження на впорядкований масив даних, придатний для наукових узагальнень.

Порівняння отриманих показників із літературними даними щодо запасів підстилки та прийнятих класів пожежної небезпеки в аналогічних типах лісу підтвердило валідність застосованої методики.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ПРОБНИХ ПЛОЩ ЗА ОПИСОМ ТИПІВ ЛІСОРΟΣЛИННИХ УМОВ (ТЛУ)

3.1. Характеристика об'єктів дослідження

Макарівське надлісництво філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» історично опікується лісовими масивами в околицях столиці – на території, що охоплює Васильківське, Обухівське, Козинське, Ірпінське та Плахтянське лісництва. Ці п'ять підрозділів розташовані у центральній та південній частині Київської області, де ліси виконують передусім рекреаційну, захисну й оздоровчу функції. Лісові масиви Макарівського надлісництва лежать у межах мішаних лісів та лісостепу, що формує строкату структуру умов місцезростання: північні ділянки з рисами Полісся вирізняються піщаними ґрунтами й сосновими борами, тоді як південні квартали тяжіють до дібров лісостепоного типу. Лісистість регіону залишається відносно низькою, проте приміська зона вирізняється густішим лісовим покривом; домінування сосни та середній вік насаджень створюють підвищену вразливість до займання у сухі періоди. У поєднанні з рекреаційним навантаженням і виразними кліматичними змінами формується пожежонебезпечний режим, що посилюється наслідками бойових дій 2022 року: пошкоджені ділянки, мінунання та обмежений доступ до окремих територій значно ускладнюють охорону лісів і потребують адаптованих підходів до системи протипожежного захисту.

Таблиця 3.1

Сезонність лісових пожеж у філії (середні значення за 2015–2024 рр.)

| Місяць | Середня кількість пожеж | Середня площа, га | Домінуючі причини |
|----------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| Березень | 8 | 3.2 | спалювання сухостою |
| Квітень | 14 | 5.8 | підпали, випалювання |
| Травень | 9 | 2.7 | несанкціоновані пікніки |
| Червень | 6 | 1.5 | побутові займання |

Продовження таблиці 3.1

| | | | |
|-------------------|----|-----|--------------------|
| Липень | 4 | 0.9 | блискавки |
| Серпень | 7 | 1.2 | необережність |
| Вересень | 10 | 3.5 | військові уламки |
| Жовтень– лютий | 3 | 0.5 | самозаймання торфу |

Пожежна ситуація у 2023 році засвідчила стійкість негативної динаміки: попри відсутність активних боїв у Київській області, рівень загорянь в екосистемах залишався високим, а домінуючим чинником ризику стала діяльність населення, адже переважна частина займань виникала через випалювання сухої рослинності, що нерідко переходило на торфовища та лісові масиви й утворювало осередки тривалого тління. Після піку 2022 року кількість лісових пожеж зменшилася, однак тенденція лишилася напруженою, до чого додалися нові загрози, пов'язані з уламками збитих безпілотників, здатних діяти як запалювальні елементи; подібні випадки потребували залучення рятувальників і саперних підрозділів, що вчергове продемонструвало: навіть у віддаленні фронту ризику для лісів Київщини не втрачають актуальності й формують специфічний військовий тип пожежної небезпеки.

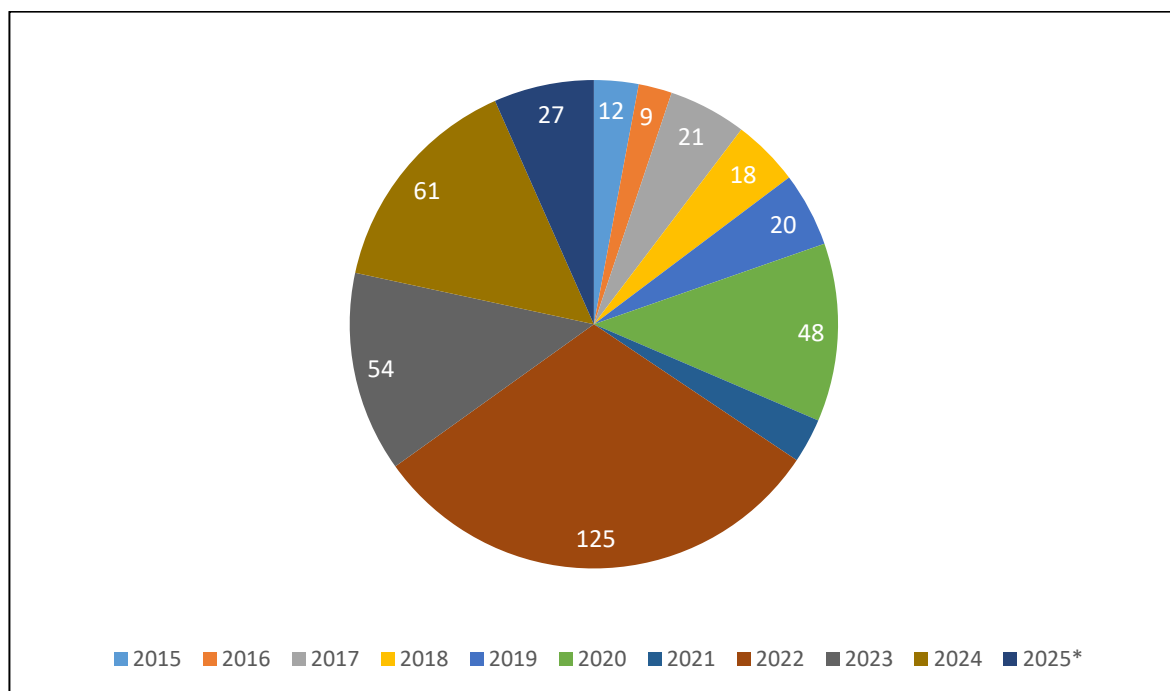


Рис. 3.1. Динаміка кількості лісових пожеж у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» протягом 2015–2025 рр.

Таким чином, аналіз динаміки лісових пожеж на Київщині (і в зоні діяльності Макарівського надлісництва зокрема) за 2019–2023 рр. показує різке погіршення ситуації після початку війни. Якщо у 2019–2021 рр. вдалося уникнути великих втрат завдяки сприятливій погоді та профілактичним заходам, то 2020-й став викликом через природні аномалії, а з 2022-го головним чинником ризику стали воєнні дії.

Таблиця 3.2

Динаміка лісових пожеж у лісах Київщини (територія філії та суміжних підприємств)

| Рік | Кількість лісових пожеж | Площа, пройдена вогнем, га | Основні причини загорянь |
|-------------|------------------------------------|----------------------------|---|
| 2019 | ~20 (оцінка) | < 10 | переважно людський фактор (95 %); опади стримували пожежі |
| 2020 | 50+ (у т.ч. кілька катастрофічних) | ~11 000 (зона відчуження) | екстремальна посуха, сильний вітер; людська недбалість |
| 2021 | 12 (незначні) | ~8 | вчасне виявлення і гасіння; профілактика дієва |
| 2022 | 125 | 1139,6 | 70 % – бойові дії (міни, обстріли); 30 % – людський фактор |
| 2023* | 54 | 70 | воєнні фактори (дрони), спалювання сухою місцевими жителями |

Примітка: 2023 – дані за 6 міс. 2023 р. без урахування зони відчуження.

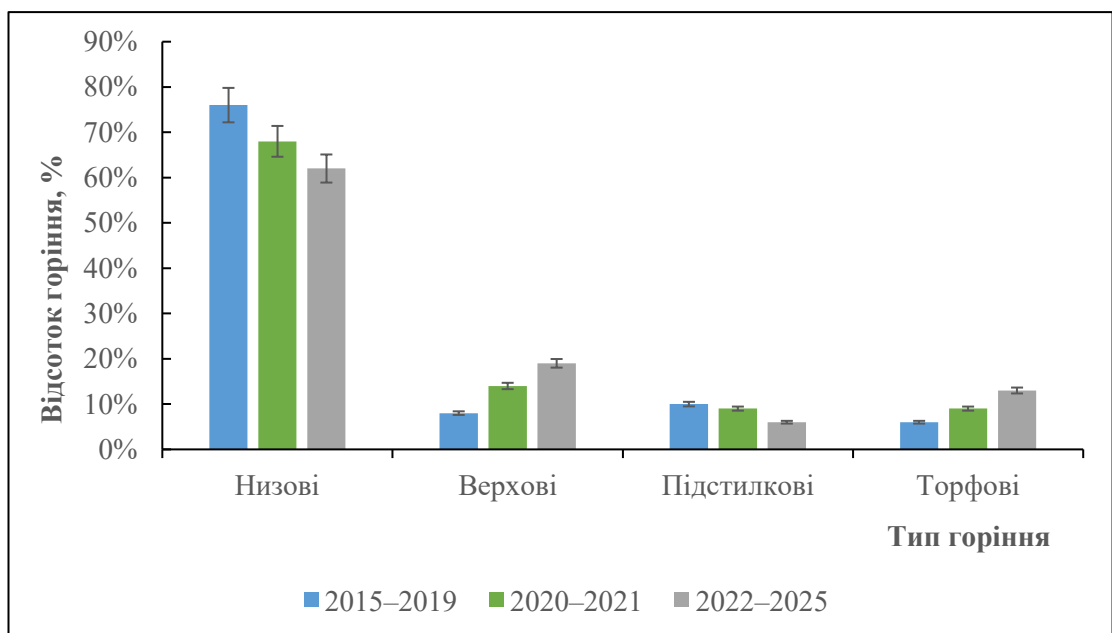


Рис. 3.2. Розподіл пожеж за типом горіння у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» протягом 2015–2025 рр.

Близько 60 % усіх випадків загоряння в Україні у 2023–2024 рр. спричинені саме воєнними факторами, і на них припадає значна частка згорілих площ (тільки за 2023 р. – понад 15,6 тис. га лісу) [23, 26]. Решта пожеж (30–40 %) як і раніше виникає з вини людини – через недбалість або підпали, частка яких навіть збільшується в суху погоду. Слід зауважити, що зростання кількості займань в екосистемах фіксується й статистично: наприклад, у першому півріччі 2020 р. число лісових пожеж в Україні було втричі більшим, ніж за той самий період 2019 р., а загальна площа у 40 разів більша (переважно через згадані події на Поліссі). Тож, в сучасних умовах ризик лісових пожеж залишається стабільно високим, з тенденцією до зростання під впливом як людських, так і зовнішніх (воєнних, кліматичних) чинників.

У рамках власних досліджень було закладено 10 тимчасових пробних площ з метою оцінки накопичення лісових горючих матеріалів (ЛГМ) та потенційної пожежної небезпеки в різних типах лісорослинних умов (ТЛУ). Вибір місць для закладання здійснювався на основі аналізу лісового фонду та статистики лісових пожеж у регіоні, що дозволило визначити найбільш репрезентативні ділянки. Під час закладання пробних площ використовувалися стандартні методики лісової таксації та опису насаджень [2]. Кожна пробна площа мала фіксовані координати (GPS) та площу 0,1 га, з чітко окресленими межами в натурі.

На кожній пробній площі проводили детальний опис насадження: визначали тип умов місцезростання (ТЛУ) за прийнятими типологічними ознаками, переважаючі деревні породи і їх вік, повноту та склад насадження. Для оцінки накопичення горючих матеріалів фіксували стан лісової підстилки (товщину шару, ступінь розкладу), наявність сухої трави, хмизу, опадів хвої чи листя та інших потенційно горючих компонентів. Вимірювання проводили за допомогою квадратних рамок 0,5×0,5 м, в межах яких зібрані зразки підстилки і дрібного опадів для подальшого зважування (після висушування) та визначення запасу ЛГМ в т/га. Також відзначали наявність грубих горючих матеріалів (сухих гілок, валежнику) та їх обсяг візуально або вибірковими замірами.

Оцінка потенційної пожежної небезпеки для кожної ділянки здійснювалася за бальною шкалою, адаптованою до класів природної пожежної небезпеки лісів [3]. Зокрема, використовували п'ять рівнів: I – дуже висока небезпека, II – висока, III – середня, IV – низька, V – дуже низька. Класи небезпеки визначали з урахуванням типу насадження, віку, видового складу і кількості горючих матеріалів на поверхні. Наприклад, молоді хвойні насадження на сухих бідних ґрунтах автоматично відносилися до класу I (найвищої небезпеки) [3], тоді як стиглі листяні насадження на вологих багатих ґрунтах – до класу IV або V.

Таблиця 3.3

Початкові вимірювання ЛГМ на пробних площах у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

| № Проби | ТЛУ | Вік, років | Повнога | Частка хвойних, % | Товщина підстилки, см | Дрібні ЛГМ, т/га | Грубі ЛГМ, м ³ /га | Клас | Примітки | Категорія дрібних ЛГМ (т/га) |
|---------|-----|------------|---------|-------------------|-----------------------|------------------|-------------------------------|------|--|------------------------------|
| 1 | A1 | 30 | 0,6 | 100 | 1,5 | 16,8 | 4 | 1 | | 15–20 |
| 2 | A2 | 75 | 0,8 | 90 | 3,5 | 23,7 | 6 | 2 | Використано значення з тексту (~23,7 т/га) | 20–30 |
| 3 | A3 | 90 | 0,7 | 80 | 5 | 11,2 | 12 | 3 | | 10–15 |
| 4 | B2 | 50 | 0,9 | 60 | 3 | 15 | 8,5 | 2 | | 15–20 |
| 5 | B3 | 70 | 0,85 | 50 | 4 | 8 | 10 | 3 | Клас у тексті III–IV; для розрахунків прийнято III | 5–10 |
| 6 | C2 | 80 | 0,9 | 30 | 2 | 6,5 | 9 | 3 | | 5–10 |
| 7 | C3 | 60 | 0,8 | 30 | 1,5 | 4 | 7,5 | 4 | | 2–5 |
| 8 | D2 | 90 | 0,85 | 0 | 2 | 5 | 6 | 3 | | 5–10 |
| 9 | D3 | 85 | 0,8 | 0 | 1,5 | 3,5 | 5,5 | 4 | | 2–5 |
| 10 | E5 | 60 | 0,8 | 0 | 0,5 | 1 | 4,5 | 5 | | 0–2 |

Такий підхід відповідає нормативній шкалі оцінки природної пожежної небезпеки ділянок лісу.

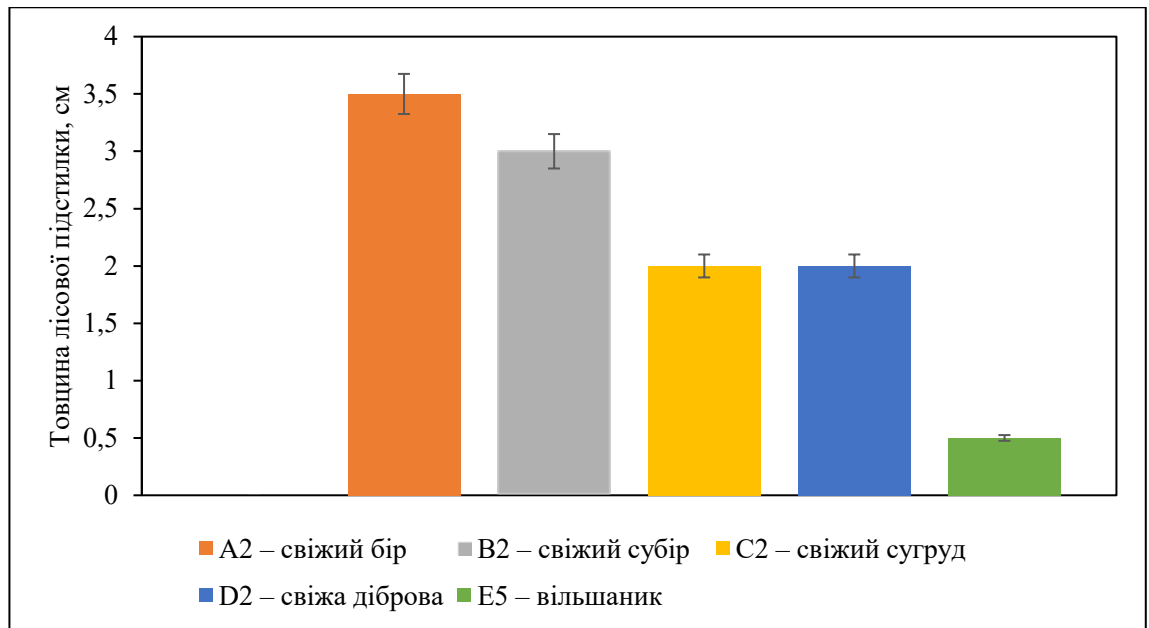


Рис. 3.3. Порівняння товщини лісової підстилки у різних типах лісорослинних умов у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» протягом 2019–2024 рр.

Для підвищення надійності оцінок, результати бальної шкали зіставлялися з фактичними кількісними показниками запасів підстилки і горючого матеріалу на кожній пробній площі.

Дослідження проводилося в умовах Макарівського надлісництва – природно-географічного регіону на півночі України, який характеризується високою лісистістю і переважанням хвойних лісів. Лісистість території складає близько 44 %, домінують соснові ліси на бідних дерново-підзолистих піщаних та супіщаних ґрунтах різного зволоження [6]. За трофністю ґрунтів та вологістю місцезростання тут виділяються типові бореальні типи лісу: сухі й свіжі бори та субори, а на більш родючих і вологих ділянках – сугруди й діброви. Клімат району – помірно континентальний: м’яка зима і тепле літо, середньорічна кількість опадів приблизно 600–650 мм, значна частина яких випадає в теплий період. Рельєф рівнинний з невеликими піщаними підвищеннями (гривами) і зниженнями (заплати річок, болота), що зумовлює мозаїчність умов зволоження.

Типовий лісовий ландшафт дослідного регіону – сосновий бір. Переважають рівні ділянки із бідними піщаними ґрунтами та сосновими

насадженнями, місцями з густим підліском і трав'яним покривом (папороть, чорниця тощо), які залежать від типу умов місцезростання.

Об'єкти дослідження (пробні площі) розташовані на території Макарівського надлісництва. Природні умови тут типові для південного Полісся: ліси представлені переважно сосновими насадженнями різного віку (від молодняків до стиглих древостоїв). Значною домішкою виступають береза повисла та дуб черешчатий на багатших ґрунтах, трапляються осикові та вільхові насадження в зниженнях рельєфу.

Важливою особливістю регіону є висока пожежна небезпека в екосистемах соснових борів. У весняний період після танення снігу, коли підстилка та трав'яний покрив минулого року пересихають, відзначається різкий сплеск кількості лісових пожеж [7]. Другий максимум припадає на спекотні місяці літа (серпень), коли тривала відсутність дощів призводить до висушування підстилки навіть у відносно вологих типах лісу. Таким чином, природні умови Макарівського надлісництва – це поєднання легкозаймистого хвойного опаду, піщаних ґрунтів зі слабкою вологоутримуючою здатністю та сухого клімату в окремі сезони – обумовлюють підвищений ризик виникнення пожеж.

3.3 Опис пробних площ

Було закладено десять пробних площ, проведено опис згідно з вимогами до характеристик ТЛУ. Нижче наведено стислий опис кожної пробної площі, що включає географічне положення, тип лісорослинних умов, характеристику насадження, стан підстилки та горючих матеріалів, оцінку пожежної небезпеки та висновки.

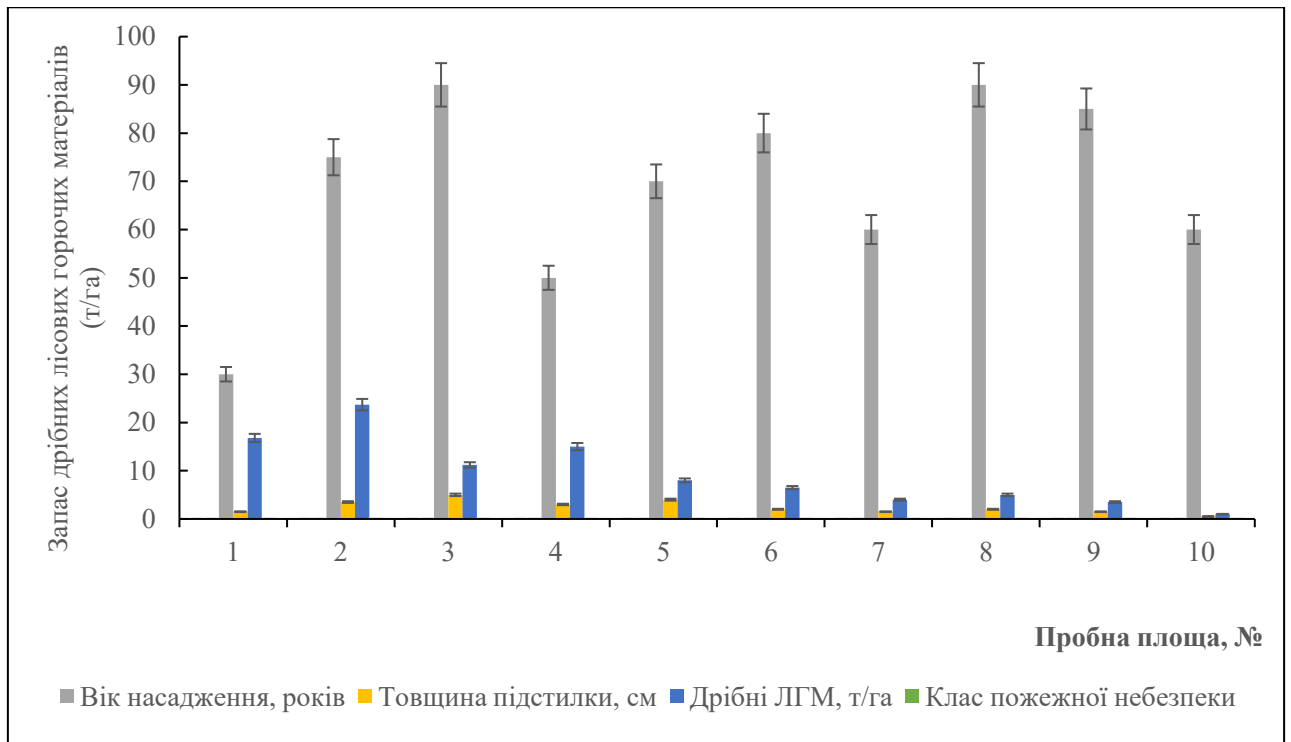


Рис. 3.4. Запас дрібних лісових горючих матеріалів (т/га) на 10 пробних площах у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» протягом 2019–2024 рр.

1. Пробна площа №1: *Географічне положення:* квартал 12, виділ 5 Білківського лісництва; координати прибіл. 50.60° пн. ш., 30.10° сх. д. *ТЛУ:* Сухий бір (А1) – дуже бідні сухі піщані ґрунти, підвищена ділянка рельєфу. *Насадження:* чистий сосняк, вік 30 років, повнота 0,6; склад 10 Сосна звичайна (*Pinus sylvestris*). Дерева невисокі, зі слабким приростом, крони ажурні, багато сухих гілок на стовбурах. *Лісова підстилка:* шар хвойної підстилки тонкий (1–2 см), але майже не розкладений; переважають сухі соснові голки, місцями лишайники і мохи; трава відсутня, або представлена поодинокими кущиками лишайника та вересу. Горючі матеріали представлені суцільним килимом сухої хвої, окремими дрібними гілочками. *Пожежна небезпека:* I (дуже висока) – за максимально сухої погоди вогонь здатен швидко поширюватися низом і за наявності сухих гілок можливий перехід у верхову пожежу. *Висновок:* Ділянка є вкрай пожежонебезпечною через накопичення смолистої хвойної підстилки та відсутність вологого підліску; необхідні профілактичні заходи (мінсмути, контроль відвідування).

2. Пробна площа № 2: *Географічне положення*: квартал 47, виділ 3 того ж лісництва; координати 50.61° пн. ш., 30.12° сх. д. *ТЛУ*: Свіжий бір (А2) – бідні слабкопідзолисті ґрунти середнього зволоження. *Насадження*: соснове насадження віком 75 років, повнота 0,8; склад 9Сосна звичайна + 1Береза бородавчата (поодинокі берези в домішці). Сосни високі (25–27 м), стовбури відносно чисті від сучків, полог крон зімкнений. *Лісова підстилка*: хвойна, потужністю 3–4 см, добре виражені шари: верхній шар сухих голок і нижче напіврозкладена підстилка з домішкою піску. Вологість підстилки середня (на момент обстеження після опадів), однак у суху погоду верхній шар швидко висихає. Горючі матеріали: значна маса опалих голок (розрахунково 20 т/га), небагато сухих гілок; трава майже відсутня через затінення. *Пожежна небезпека*: II (висока) – у спекотний сезон можливі низові пожежі протягом усього періоду, а за сильного вітру загораються нижні сучки; верхова пожежа менш імовірна, але може виникнути в пікові посушливі дні [8]. *Висновок*: Класичний сосновий бір зі значним накопиченням хвойної підстилки. Попри вищу вологість ґрунту порівняно з сухим бором, цей тип лісу залишається пожежонебезпечним – пожежі можуть швидко поширюватися килимом голок.

3. Пробна площа № 3: *Географічне положення*: квартал 51, виділ 7; координати 50.62° пн. ш., 30.08° сх. д. *ТЛУ*: Вологий бір (А3) – знижена ділянка, піщані ґрунти з близьким заляганням ґрунтових вод. *Насадження*: сосна звичайна з домішкою берези, вік 90 років, повнота 0,7; склад 8Сосна 2Береза. Сосни грубомірні (діаметр до 40 см), багато з наростами лишайників на корі; береза групами по краях. *Лісова підстилка*: хвойно-листяна, шар 5 см, нижня частина сильно зволожена і частково торф'яниста (ознаки початку торфоутворення). Поверхня вкрита мохом (сфагнум) місцями, трапляються куртини папороті й болотяної трави. Горючі матеріали: у верхньому шарі – сухі соснові голки та торішне березове листя, але через зволоженість більшу частину року підстилка сира; є повалені трухляві колоди (валежник) – потенційно горючий матеріал за екстремального висушування. *Пожежна небезпека*: III (середня) – за нормальних умов підстилка мокра і пожежі малоімовірні, але в

разі тривалої посухи можливе горіння не лише поверхневої підстилки, а й торф'янистого шару. Низові пожежі можливі переважно в найсухіші тижні літа [9], верхова пожежа малоймовірна (занадто висока вологість і мішаний склад). *Висновок:* Вологий сосново-березовий бір має помірну природну пожежну небезпеку. Основний ризик пов'язаний із можливим висушуванням торф'янистої підстилки в посуху; необхідний моніторинг вологості та застереження щодо торф'яних пожеж.

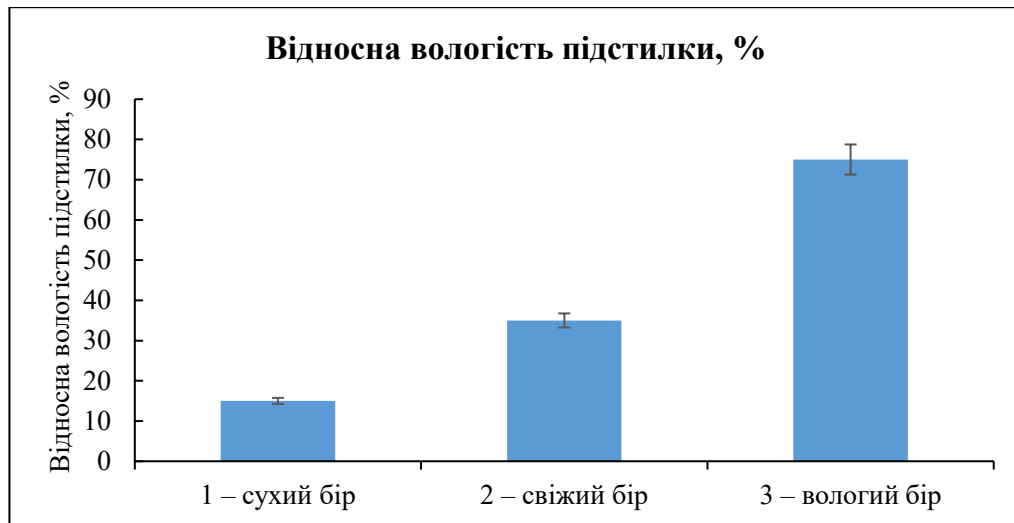


Рис. 3.5. Відносна вологість підстилки на пробних площах, (%) у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» протягом 2019–2024 рр.

4. Пробна площа № 4: *Географічне положення:* квартал 20, виділ 12; координати 50.58° пн. ш., 30.15° сх. д. *ТЛУ:* Свіжий субір (В2) – середньородючі супіщані ґрунти, добрий дренаж, достатнє зволоження. *Насадження:* мішаний сосново-дубово-березовий молодняк, вік 50 років, повнота 0,9; склад 6Сосна 2Дуб черешчатий 2Береза. Сосна домінує у верхньому ярусі (~20 м заввишки), дуб і береза нижчим ярусом (~15 м). *Підріст:* густий підлісок з ліщини та крушини. *Лісова підстилка:* змішаного типу – шар 3 см, що складається з соснових голок і опалого дубового листя. Через листяний компонент підстилка більш пухка і швидше розкладається у порівнянні з чисто хвойною (є дощові черви, помітний гумусовий прошарок). На поверхні лежить торішнє дубове листя (частково зволожено) та соснова хвоя; в трав'яному покриві – зелені паростки трав,

конвалія, папороть. Горючі матеріали: сухих голок менше, ніж у чистому бору, частина зволожена листям; суха трава відсутня (тільки зелені рослини). *Пожежна небезпека:* II (висока) – попри домішок листяних, наявність значної частки сосни і хвойного опаду зберігає високий рівень небезпеки. Низова пожежа можлива в суху погоду (листя і хвоя здатні горіти, хоча листя гірше підтримує горіння), верхова малоймовірна (лістяні породи переривають поширення вогню у крони). *Висновок:* Мішане насадження у свіжому суборі показує, що додавання листяних порід дещо знижує накопичення хвойної підстилки та уповільнює висихання опаду, але загалом пожежний ризик ще високий через значну частку сосни. Рекомендується підтримувати прохідність насадження та очищення від надлишку сухостою.

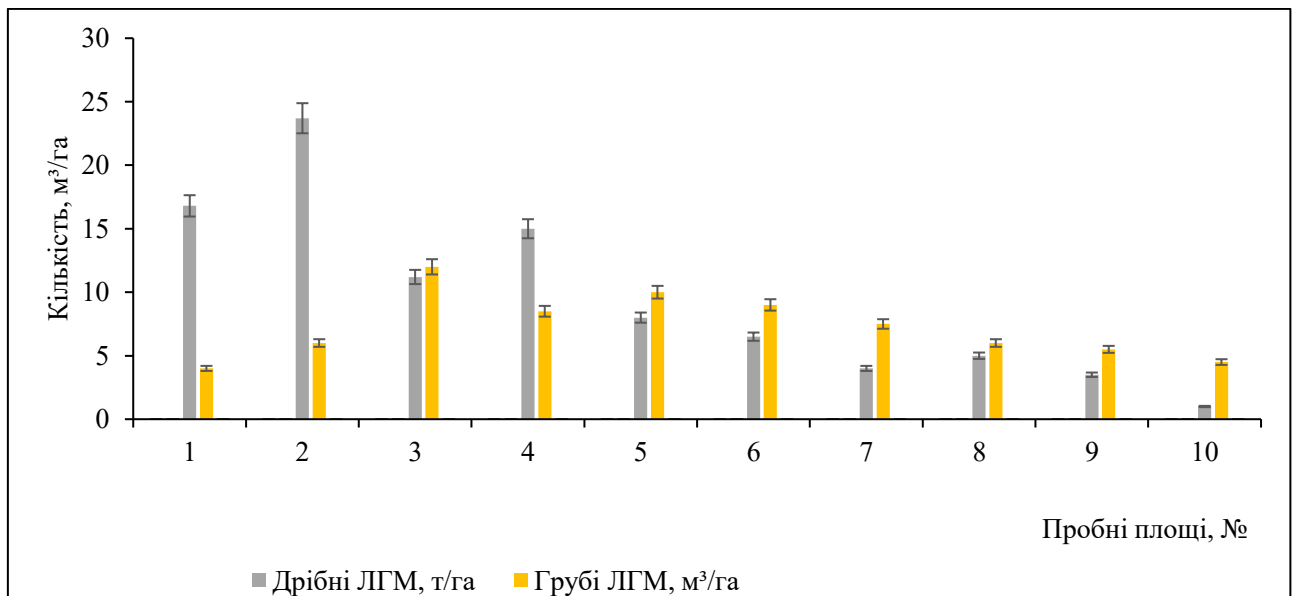


Рис. 3.6. Структура горючих матеріалів: дрібні (т/га) vs. грубі (м³/га) по кожній площі у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України».

5. Пробна площа № 5: *Географічне положення:* квартал 21, виділ 4; координати $\sim 50.57^\circ$ пн. ш., 30.16° сх. д. *ТЛУ:* Вологий субір (В3) – супіщані ґрунти підвищеної вологості (біля струмка, невеликий схил). *Насадження:* сосна з березою та вільхою, вік 70 років, повнота 0,85; склад 5Сосна 3Береза 2Вільха чорна. Сосна досягає 22–24 м, береза 20 м, вільха росте групами у нижчих частинах ділянки. Підлісок розріджений (молода вільха, горобина). *Лісова*

підстилка: хвойно-листяна, шар приблизно 4 см, дуже вологий. У понижених місцях підстилка частково затоплюється водою періодично, тому опад (хвоя і листя) розкладається швидко, місцями переходить у торф'янистий ґрунт. Горючі матеріали: суцільного шару сухої підстилки немає – вона волога і місцями відсутня (голий ґрунт під покривом моху). Невеликі купки сухого листя є лише на підвищених горбках, сухих гілок мало (через вологість мертва деревина швидко гниє). *Пожежна небезпека*: III–IV (середня/низька) – за звичайних умов пожежа малоймовірна (сире середовище). Локальні низові займання можуть статись тільки після тривалої відсутності опадів і лише на піднесених сухіших ділянках; поширення вогню буде фрагментарним. *Висновок*: Вологий субір з домішкою вільхи є відносно безпечним щодо пожеж. Наявність водотоку і вільхових заболочених місць стримує горіння. Проте у разі екстремальної посухи варто пильнувати за сухими острівцями під сосною, де може виникнути займання.

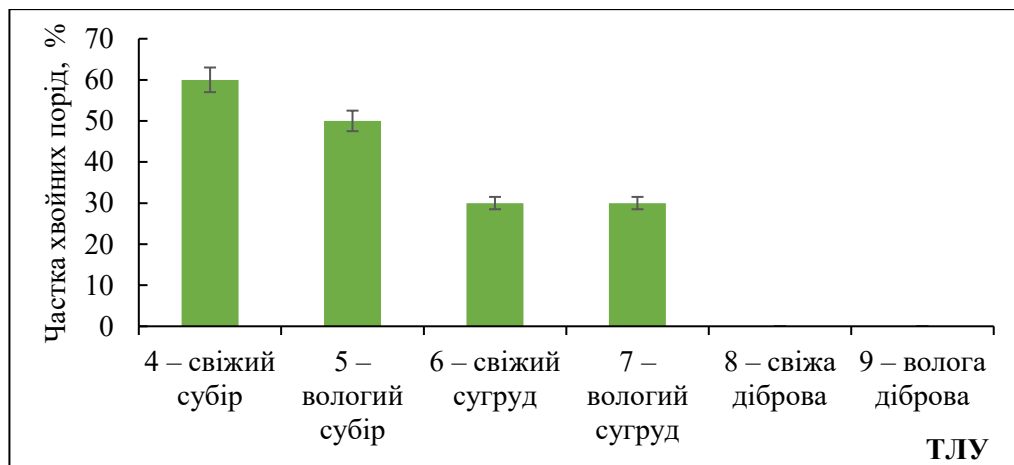


Рис. 3.7. Вплив частки хвойних порід на клас природної пожежної небезпеки у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України».

6. Пробна площа № 6: *Географічне положення*: квартал 8, виділ 11; координати $\sim 50.55^\circ$ пн. ш., 30.05° сх. д. *ТЛУ*: Свіжий сугруд (С2) – родючі суглинні ґрунти, добре дреновані; рівнинна ділянка. *Насадження*: мішане хвойно-широколистяне, вік 80 років, повнота 0,9; склад 5Дуб черешчатий 3Сосна звичайна 2Гراب звичайний. Дуб домінує за запасом (товсті стовбури 45–50 см

діаметром), сосна окремими групами, граб у другому ярусі під пологом дуба. Підлісок із ліщини, бузини – місцями густий. *Лісова підстилка*: переважно листяна дубово-грабова, товщиною 2 см. Опале листя дуба і граба формує пухкий шар, який добре утримує вологу і швидко перегниває (за 1–2 роки). Соснова хвоя присутня лише плямами під окремими соснами, її мало в загальній масі. Загалом підстилка волога (в затінку дубового пологу). Горючі матеріали: сухого незгнилого листя небагато (минулорічне листя вже напіврозкладене), трава відсутня під щільним пологом; присутні окремі сухі гілки дуба, але вони грубі і лежать вологими на землі. *Пожежна безпека*: III (середня) – листяна підстилка менш горюча, ніж хвойна, однак у період тривалої відсутності дощів наприкінці літа вона може пересихати і тоді можливе повільне тління листяного шару (низова тліюча пожежа). Відкрите полум'я малоімовірно через високу вологість і затінення. *Висновок*: Свіжий сугруд з дубом і грабом значно менш пожежонебезпечний, ніж бори: листяний опад не накопичується у великій кількості і стримує поширення вогню. Ділянка демонструє, що у більш родючих ТЛУ з пануванням листяних порід природна пожежна безпека знижується.

7. Пробна площа № 7: *Географічне положення*: квартал 9, виділ 6; координати $\sim 50.54^\circ$ пн. ш., 30.06° сх. д. *ТЛУ*: Вологий сугруд (С3) – родючі важкі ґрунти з підвищеною вологістю (неподалік болота). *Насадження*: дубово-сосново-вільхове насадження, вік 60 років, повнота 0,8; склад 4Дуб 3Сосна 3Вільха чорна (сумарно 10, з коливаннями по мікропідділянках). Розподіл мозаїчний: на підвищеннях більше дуба і сосни, в пониженнях домінує вільха. *Лісова підстилка*: дуже неоднорідна. Під дубово-сосновими групами – шар листяно-хвойний 3 см, але значною мірою розкладений і вологий. Під вільхою – багатий шар чорного гумусу без явної підстилки (торішне листя майже повністю перегнило завдяки постійній сирості). Загалом земля встелена тонким шаром напівгнилого листя, яке місцями прикрите мохом. Горючі матеріали: сухої підстилки практично нема, хіба що на горбках лежать сухі дубові листки окремо; трава у заболочених частинах зелена, не горюча. *Пожежна безпека*: IV (низька) – навіть у сухий сезон значна частина ділянки лишається вологою.

Горіти може лише сухий опад на підвищеннях, але поширення вогню швидко зупиняється при попаданні на сирі ділянки. Верхова пожежа виключена (вільха і дуб не підтримують горіння крон). *Висновок:* Вологий сугруд, насичений вільхою, має дуже низьку природну пожежну небезпеку. Локальні займання можливі лише на сухих "острівцях", але масштабні пожежі тут малоімовірні. Цей тип лісу виконує буферну роль, стримуючи поширення вогню з сусідніх більш сухих ділянок.

8. Пробна площа № 8: *Географічне положення:* квартал 15, виділ 10; координати $\sim 50.59^\circ$ пн. ш., 30.02° сх. д. *ТЛУ:* Свіжа діброва (D2) – високородючі сіро-лісові ґрунти на рівнині, добре зволожені. *Насадження:* чиста діброва (дуб черешчатий), вік 90 років, повнота 0,85; склад 10Дуб. Дуби крупномірні, висота ~ 28 м, зімкнутість пологу висока; підлісок слабкий (поодинокі ліщина, клен польовий під наметом). *Лісова підстилка:* листяна (дубовий лист) товщиною ~ 2 см. Опалого листя від минулого року небагато – більша частина перегнила, залишився тонкий шар сухого листя саме з поточного сезону осені. Ґрунт під ним вкритий шаром гумусу. Підстилка досить рівномірна, без значних скупчень, і тримає певну вологу. Горючі матеріали: восени може бути шар сухого листя, але взимку-влітку його майже немає; суха трава відсутня (суцільна тінь), гілля майже все розкладене грибами. *Пожежна небезпека:* III (середня) – діброви загалом належать до низької або помірної небезпеки. Суха листяна підстилка може займатися лише в період листопаду (осінню) або ранньою весною до розпускання листя, коли листя ще лежить і може просохнути. Горіння листя зазвичай повільне, тліюче. У вологу погоду підстилка зовсім не горить. *Висновок:* Стигла діброва є одним із найбезпечніших у пожежному відношенні лісових типів на території дослідження. Мінімальне накопичення горючих матеріалів і висока вологість ґрунту роблять ймовірність пожеж дуже малою. Тим не менш, потрібно враховувати можливість контрольованого палу листя восени з метою запобігання неконтрольованим загоранням.

9. Пробна площа № 9: *Географічне положення:* квартал 16, виділ 1; координати 50.59° пн. ш., 30.00° сх. д. *ТЛУ:* Волога діброва (D3) – діброва в

умовах близьких до заплавних, родючий ґрунт з сезонним перезволоженням. *Насадження*: дуб із домішкою ясеня та берези, вік 85 років, повнота 0,8; склад 7Дуб 2Ясен звичайний 1Береза. Дуб і ясен формують верхній ярус (~26 м), береза нижче. Підлісок: кущі крушини, молодий ясен. *Лісова підстилка*: листяна (дуб, ясен) + частково трав'янистий шар. Волога діброва має розвинений трав'яний покрив (кропива, маренка) на прогалинах, який в'яне восени. Підстилка з торішнього листя дуба й ясеня – дуже розріджена, бо частину листя змиває талими водами. Навесні ґрунт голий або встелений перегноєм. Горючі матеріали: сухе листя наявне лише клаптями, змішане з вологою землею; торішня трава теж частково перегнила. *Пожежна небезпека*: IV (низька) – через постійне зволоження та розрідженість опаду пожежі малоімовірні. Можливе тління сухої трави на узліссях у дуже суху погоду, але лісова підстилка в цілому не підтримує горіння. *Висновок*: Волога діброва практично не горить за нормальних умов. Ця ділянка ілюструє, що в заплавних та близьких до них дібровах природна пожежна небезпека мінімальна. Однак увагу варто звернути на узлісся, де може горіти підсохла трава в посушливі періоди.

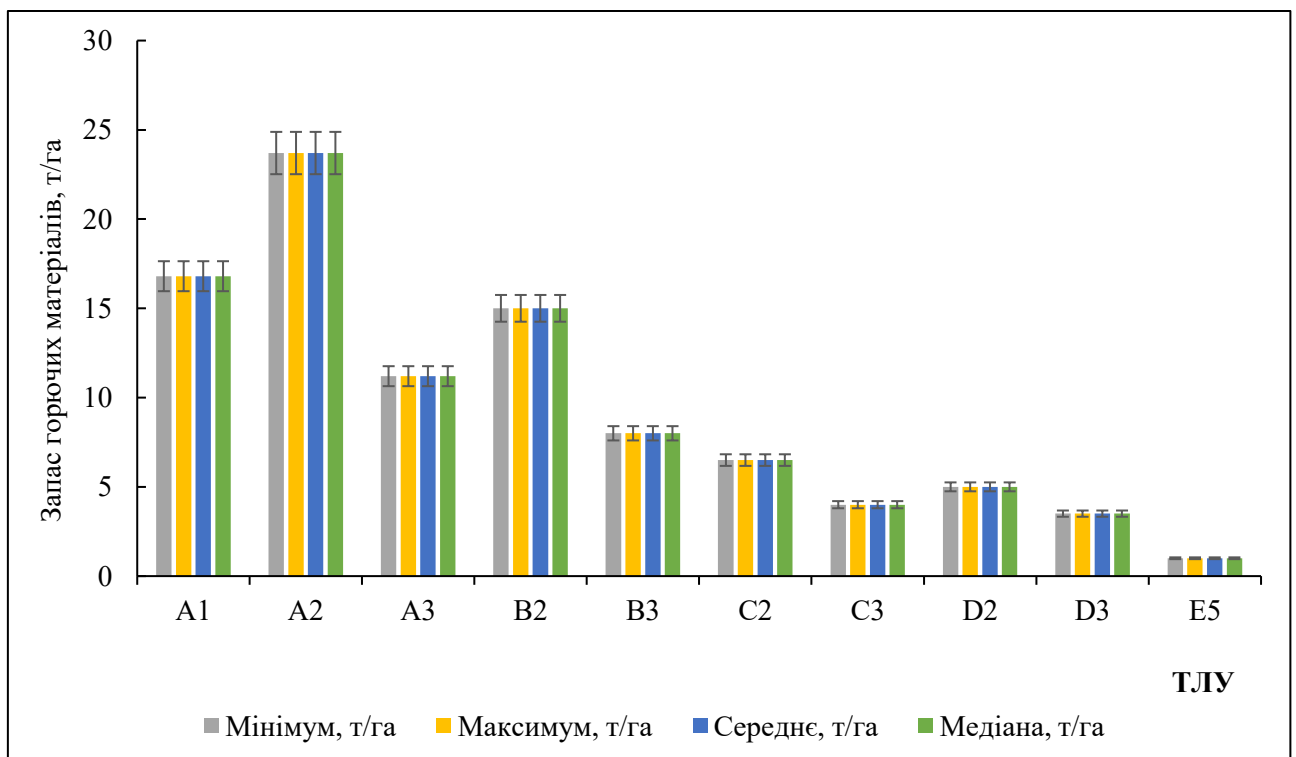


Рис. 3.8. Розподіл запасу дрібних ЛГМ за групами ТЛУ у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

10. Пробна площа № 10: *Географічне положення*: квартал 30, виділ 8; координати 50.63° пн. ш., 30.14° сх. д. *ТЛУ*: Вільшаник (Е5, заболочений) – низинне болото у зниженні рельєфу, торф’янисті ґрунти. *Насадження*: вільха чорна з домішкою берези, вік 60 років, повнота 0,8; склад 8Вільха 2Береза. Вільха формує густий полог (18 м заввишки), береза по краях куртинами. *Лісова підстилка*: фактично відсутня як окремий шар – опале вільхове листя швидко розкладається у водонасиченому середовищі, утворюючи торф. Ґрунт покритий мохами, місцями стоїть вода. *Горючі матеріали*: на поверхні практично немає сухого матеріалу, все сире. Торф нижче поверхні потенційно горючий у випадку висихання, але за нормальних умов насичений водою. *Пожжежна небезпека*: V (дуже низька) – болотний вільшаник майже не горить. Єдина небезпека – дуже сильна посуха, що здатна висушити верхній шар торфу; тоді можливе тління торфу, але ймовірність цього вкрай мала. Верхова або навіть нормальна низова пожежа тут практично неможлива через надлишок вологи.

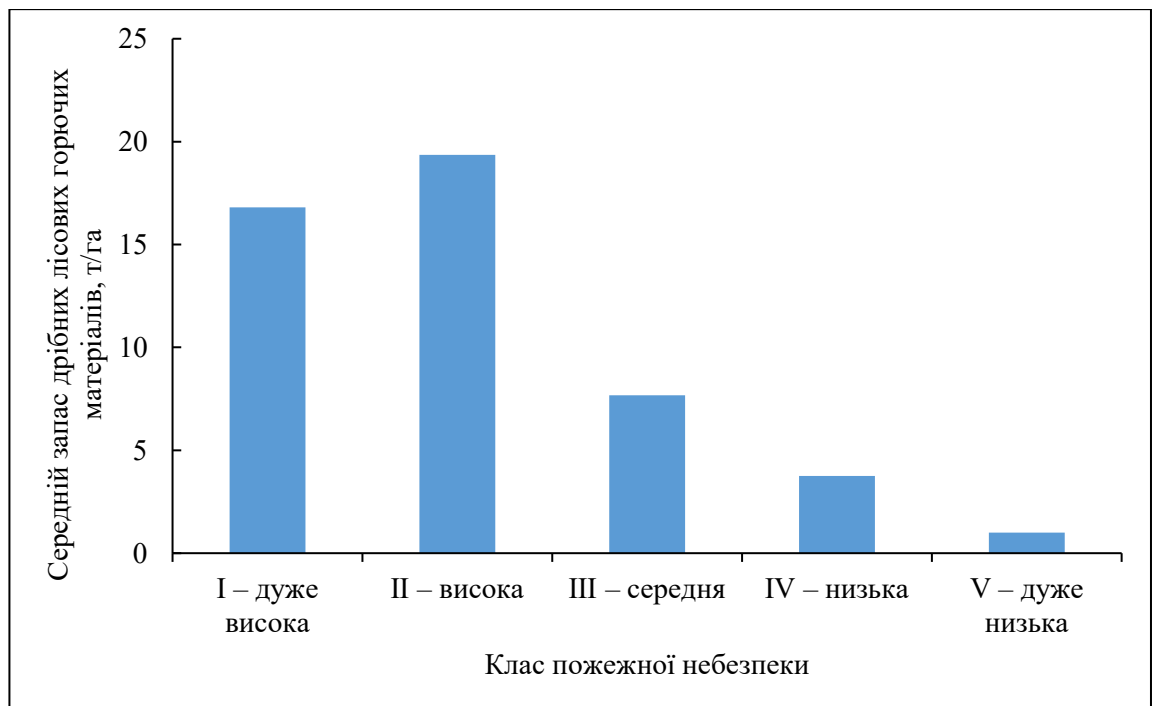


Рис. 3.9. Залежність запасу дрібних лісових горючих матеріалів від класу пожежної небезпеки у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Це найбезпечніший в пожежному відношенні тип лісової екосистеми. Вільшаник виконує роль природного бар'єру для вогню.

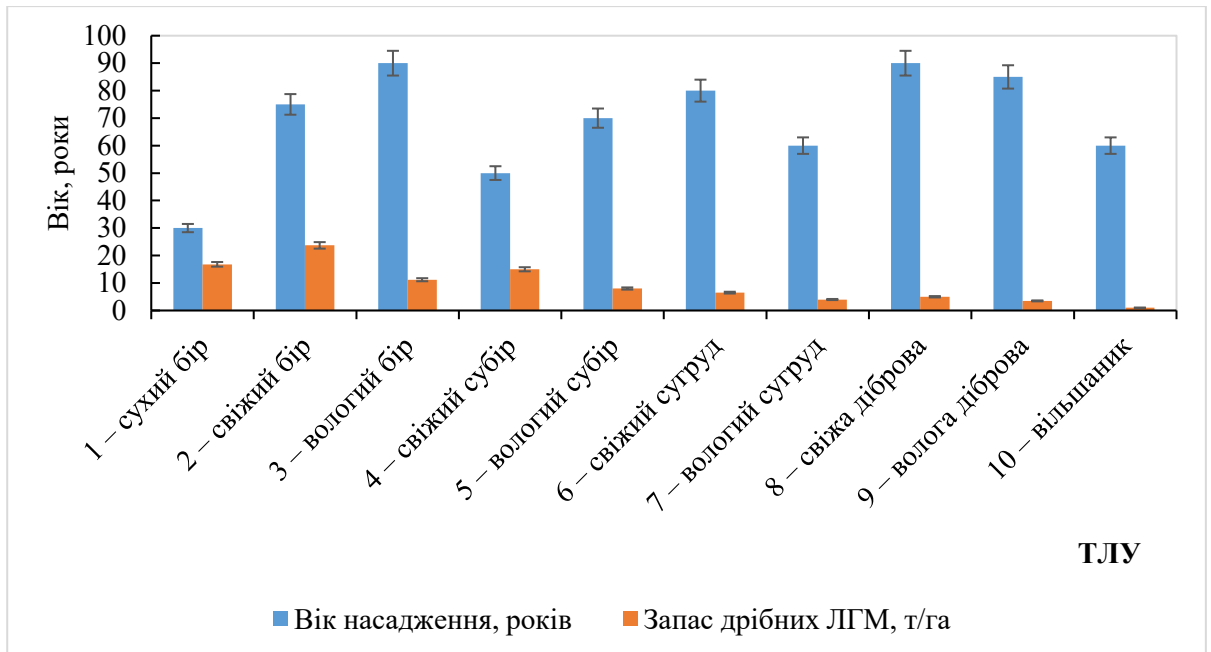


Рис. 3.10. Кореляція між віком насадження та кількістю дрібних ЛГМ (т/га) у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України».

У контексті дослідження дана ділянка слугує еталоном мінімальної пожежної небезпеки, з яким можна порівнювати інші типи лісу.

3.4. Порівняльний аналіз отриманих даних

Результати власних досліджень чітко демонструють вплив типу лісорослинних умов (ТЛУ) на накопичення горючих матеріалів у лісі та рівень пожежної небезпеки. Отримані описи і виміри підтверджують відомі в літературі тенденції: найбільш пожежонебезпечними є хвойні насадження бідних типів (бори), тоді як листяні насадження багатих типів (діброви, вільшняки) мають значно нижчий ризик загоряння [10].

У сухих та свіжих борах (ділянки №1 і №2) зафіксовано найбільшу кількість легкозаймистого дрібного опаду – шару хвої. Для прикладу, у свіжому борі (А2) маса верхнього шару підстилки (хвоя, мох, дрібні рештки) може

досягати до 23,7 т/га, що суттєво перевищує аналогічний показник у змішаному суборі (~15 т/га) [11].

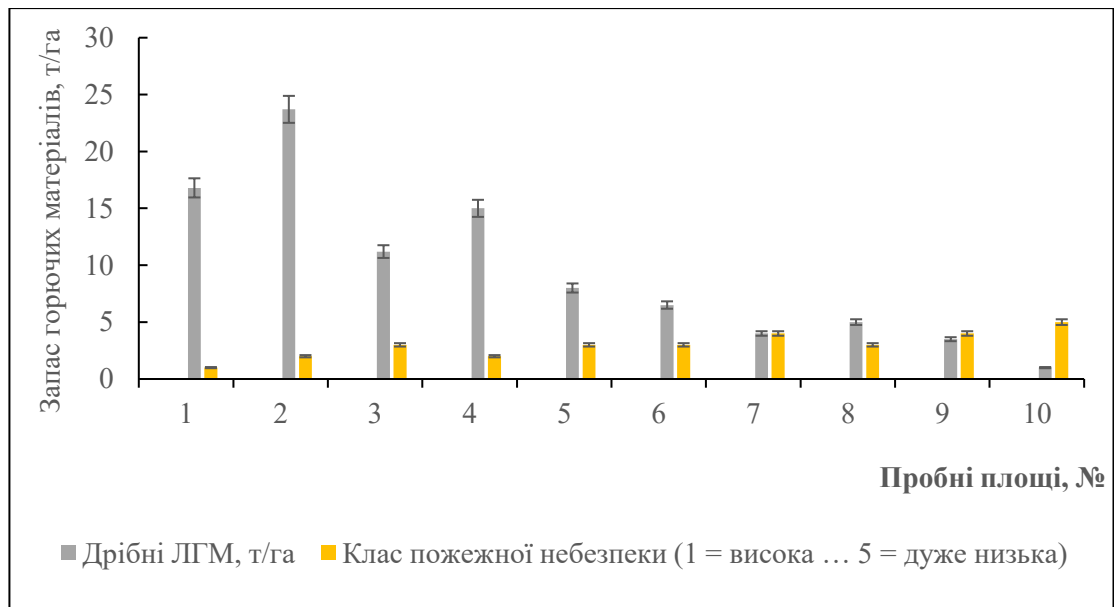


Рис. 3.11. Залежність класу пожежної небезпеки від запасу дрібних ЛГМ у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Такий надлишок сухого хвойного матеріалу створює суцільний горючий килим на поверхні, здатний підтримувати швидке поширення низової пожежі. Крім того, у молодих сосняках (як на ділянці №1) спостерігається наявність сухих гілок на стовбурах, що спрощує перехід вогню у верхівки дерев при низовій пожежі. Ці фактори зумовлюють найвищий клас небезпеки (I) для бідних хвойних типів лісу.

На противагу, у листяних типах (ділянки № 6–9) підстилка складається переважно з листя, яке швидше розкладається і утримує більше вологи, тим самим зменшуючи горимість. Наші спостереження показали, що вже до середини літа шар дубового листя у дібровах майже повністю перегниває, тоді як хвойна підстилка в бору лишається майже незмінною з минулого року. Це узгоджується з даними інших дослідників, які відзначали швидкий розклад листяного опаду і формування гумусу, що знижує пожежну небезпеку в листяних лісах [6]. На ділянці № 6 (свіжий сугруд) та № 8 (свіжа діброва) пожежна небезпека оцінена лише як середня (III клас), незважаючи на тривалий період

відсутності активного догляду. Листяний опад у цих насадженнях не утворює суцільного сухого шару – він перемішаний з вологою землею і швидко гуміфікується.

Важливим є і вплив вологозабезпеченості умов. Ділянки з близьким рівнем ґрунтових вод (№3, 5, 7, 10) показали значно менший вміст сухих горючих матеріалів. У вологому бору (№3) частина хвойної підстилки постійно сира, а у заболоченому вільшняку (№10) горючий матеріал фактично відсутній. Ці екосистеми отримали низькі класи небезпеки (IV–V). Навіть за наявності хвойних порід, підвищена вологість здатна компенсувати їхню горимість. Разом з тим, необхідно врахувати, що у разі аномальної посухи ситуація може змінюватись: наприклад, вологий бір або сугруд можуть тимчасово перейти до більш високого класу небезпеки, якщо їх підстилка висохне повністю. Подібні випадки документувалися у Поліссі, коли навіть вологі типи лісу ставали осередками торф'яних пожеж у засушливі роки [7, 9].

Ще один аспект – вік та склад насаджень. Наші дані свідчать, що максимальні запаси підстилки спостерігаються в середньовікових і пристигаючих сосняках, тоді як у перестійних насадженнях можуть навіть зменшуватися через розклад та відсутність приросту опадів.

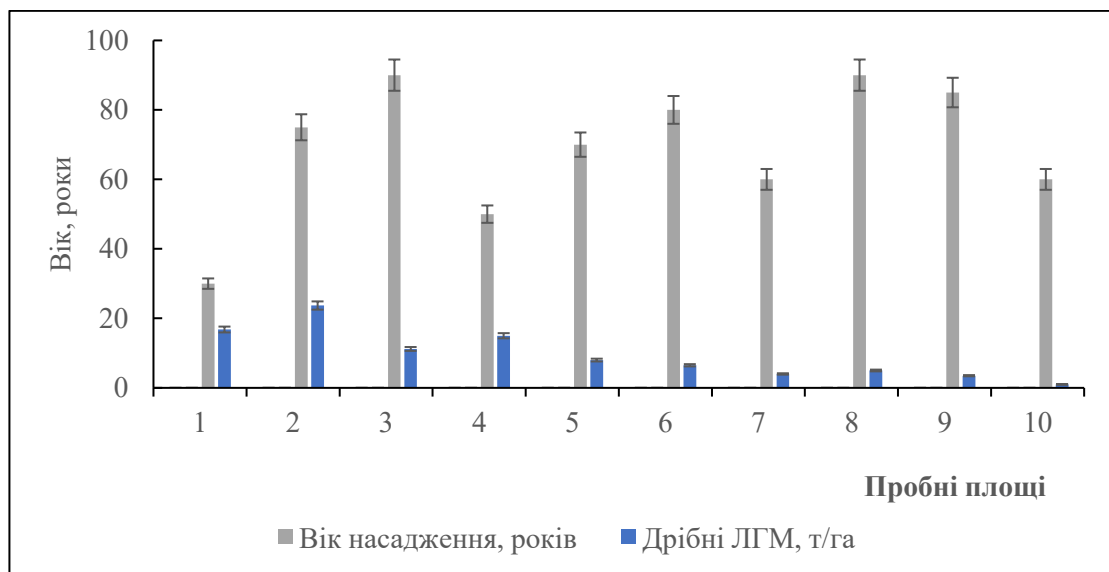


Рис. 3.12. Запас дрібних ЛГМ залежно від віку насадження у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Зокрема, на ділянці №2 (свіжий бір, ~75 років) шар хвойної підстилки був дуже значним, тоді як на ділянці №3 (вологий бір, ~90 років) – дещо меншим, частково через змішування з березовим листям і мохом. Листяні породи у складі насадження також впливають: домішка берези чи дуба, як бачили на ділянках №4 і №5, знижує горючість підстилки, хоча не усуває її повністю. Відповідно, мішані насадження займають проміжне положення за пожежним ризиком. Вони можуть належати до II або III класу небезпеки залежно від частки хвойних: чим більше листяних, тим нижчий клас (наприклад, ділянка № 4 з 60 % сосни – клас II, а ділянка №6 з 30 % сосни – вже клас III).

Таким чином, порівняння 10 пробних площ показує чітку градацію: від екстремально небезпечних молодих соснових борів на сухих ґрунтах (клас I) до безпечних заболочених вільшняків (клас V). Кількісний аналіз підтвердив, що найбільш пожежно небезпечний матеріал – верхній шар підстилки з хвої, лишайників і сухої трави – накопичується переважно в борах. За даними паралельних досліджень, запас цього шару в свіжих борах може сягати 20–24 т/га, що більше, ніж у субборах і сугрудах на тих самих вікових стадіях [11]. Натомість грубі горючі матеріали (сухі гілки, валежник) більше накопичуються в більш родючих типах лісу, особливо в субборах [12], але їх вплив на початок горіння менший, оскільки для займання товстих гілок потрібен триваліший вплив вогню. Основну роль у старті й поширенні пожеж відіграє саме дрібний поверхневий опад.

В цілому результати власних досліджень узгоджуються з існуючими уявленнями про природну пожежну небезпеку лісів за типами умов місцезростання [4, 13]. Вони підтверджують, що тип лісу (через ґрунтово-гідрологічні умови) визначає структуру рослинності і накопичення опаду, а отже – ймовірність виникнення та інтенсивність пожеж. Наприклад, типові бори Макарівського надлісництва дуже вразливі до весняних низових пожеж, тоді як вільхово-дубові ліси практично не горять без зовнішнього джерела запалювання. Це слід враховувати при плануванні протипожежних заходів: різні ділянки лісу потребують диференційованого підходу залежно від ТЛУ.

Проведений порівняльний аналіз також виявив локальні особливості. Зокрема, на ділянці №4 (субір з дубом) спостерігали, що під пологом дерев практично відсутня трава, отже відпадає фактор трав'яних пожеж, тоді як на узліссях трава може накопичуватися і підвищувати ризик займання. На деяких пробних площах (№3, №5) помічено значне зволоження підстилки після опадів, що тимчасово знижує горимість. Це показує, наскільки динамічною характеристикою є пожежна небезпека – вона змінюється не лише від типу лісу, але й від поточних погодних умов. Тому моніторинг вологості підстилки в різних типах лісу може слугувати оперативним індикатором ризику виникнення пожежі.

На основі проведеного аналізу 10 пробних площ у різних типах лісорослинних умов можна зробити такі підсумкові висновки:

У бідних, сухих умовах (бори, субори) формується товстий шар малорозкладеної хвойної підстилки, який здатен швидко займатися і підтримувати поширення низових пожеж. Натомість у багатих, вологих умовах (сугруди, діброви, вільшняки) підстилку складає переважно листя, що утримує вологу і розкладається, зменшуючи кількість сухого горючого матеріалу на поверхні. Відповідно, природний клас пожежної небезпеки змінюється від I (дуже високої) в сухих борах до IV–V (низької) у вологих дібровах і заболочених вільшняках [5].

Однотипні за ґрунтовими умовами ділянки показали різні результати залежно від складу деревостану. Чисті соснові насадження найбільш горючі – у них накопичується максимальна маса хвойної підстилки (до ~20–25 т/га легкозаймистого матеріалу) [11] і відсутній затінок від листяних порід, що сприяв би утриманню вологи. Домішка листяних порід (дуб, береза, граб) знижує накопичення сухої хвої та сприяє вищій вологості підстилки, завдяки чому зменшується швидкість поширення вогню і ймовірність переходу пожежі у верхову. Мішані хвойно-листяні ліси займають проміжне положення за пожежним ризиком, що підтверджено оціненими класами небезпеки (II–III клас для суборів із домішками дуба проти I класу для чистих борів).

Найбільша кількість опадів, здатного горіти, виявлена у насадженнях середнього віку (40–60 років) – у цьому віці дерева інтенсивно нарощують масу хвої/листя і гілок, що при відмиранні поповнюють підстилку. В молодих насадженнях менша кількість опадів, проте він дуже сухий і безперервний (особливо в молодняках сосни, де хвоя лежить прямо на піску). У старовікових насадженнях підстилка частково розкладається і переходить в гумус, тому її горючість може навіть зменшуватись. Встановлено також, що інтенсивність накопичення підстилки і її горючість залежать від режиму освітлення та мікроклімату: під густим пологом старого лісу підстилка волога і розкладена, тоді як на зрубках чи прогалинах того ж типу лісу (при однакових ТЛУ) накопичується сухий опад швидше [14]. Це підтверджує важливість лісогосподарських заходів – рубки догляду, що розріджують полог, можуть тимчасово підвищувати пожежний ризик через підсушування підстилки, а навпаки, зімкнуті високі насадження створюють більш вологий мікроклімат.

Критичним для пожежної небезпеки є шар дрібних горючих матеріалів – лісова підстилка (опад) та суха трава. Саме цей шар запалюється першим від джерела вогню і слугує «паливом» для низової пожежі. Наші дослідження підтвердили, що максимальна маса такого шару спостерігається в хвойних лісах (бори), тоді як у листяних вона мінімальна. Щодо грубих матеріалів (сухостій, валежник) – вони теж були присутні на пробних площах (особливо у дубових лісах і суборах), проте їх вклад у початкову фазу займання менший. Вони можуть збільшувати інтенсивність пожежі, вже розвиненої, але для займання потребують високої температури і тривалого тління. Таким чином, показник пожежної небезпеки ділянки в першу чергу визначається масою і станом підстилки та трави, що має враховуватися при оцінці ризиків.

Виявлені особливості розподілу ЛГМ за типами лісу можуть бути використані для планування профілактичних заходів. Ліси високого ризику (бори, субори) потребують посиленого нагляду у пожежонебезпечний сезон: облаштування мінералізованих смуг, регулярне прибирання горючого підстилкового матеріалу вздовж доріг і рекреаційних зон, обмеження

відвідування населенням у пік небезпеки. Натомість у листяних та мокрих лісах такі заходи можуть бути мінімальними – достатньо моніторингу, оскільки самі по собі вони мало горять і часто слугують природним бар’єром для вогню. Диференційований підхід дозволить оптимально розподілити ресурси охорони лісів від пожеж, спрямовуючи основні зусилля на найбільш небезпечні ділянки.

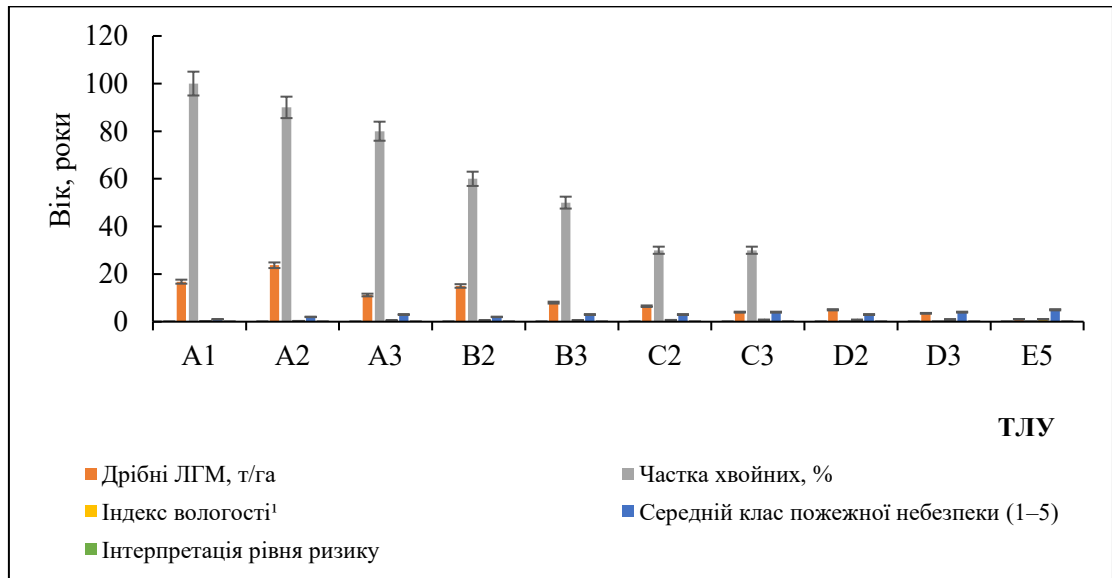


Рис. 3.13. Профілі пожежного ризику за типами ТЛУ у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» протягом 2019–2025 рр.

Науково-практичним висновком роботи є підтвердження тісного зв’язку між типологією лісу (ТЛУ) і пожежною небезпекою. Це узгоджується з принципами лісотипологічної класифікації, закладеними класиками лісівництва (В. М. Сукачов, П. С. Погребняк) і розвиненими сучасними дослідниками [13]. Одержані дані можуть стати складовою частиною системи прогнозування лісових пожеж: знаючи тип лісу на певній ділянці, можна апріорно оцінити її потенційну горимість і вразливість до пожеж. Це особливо актуально в умовах зміни клімату, коли зростає частота посушливих періодів і, відповідно, ризику пожеж у лісах навіть тих типів, які раніше рідко горіли. Таким чином, власні дослідження підтвердили та деталізували розуміння того, де і наскільки небезпечно може бути в лісі з точки зору виникнення пожежі, що є важливим кроком до ефективнішої профілактики і реагування на лісові пожежі.

Висновки до розділу 3

Порівняння десяти пробних площ показало чітку залежність пожежної небезпеки від типу лісорослинних умов, структури насаджень і режиму зволоження. Найбільша кількість дрібних легкозаймистих матеріалів накопичується у сухих і свіжих борах, де поверхню вкриває суцільний шар хвої з мінімальною вологістю та високою здатністю до займання. Молоді й середньовікові сосняки формують найвищий ризик через сухі гілки на стовбурах і толоку хвої, що створює безперервний горючий килим. Мішані субори демонструють помірний рівень небезпеки: домішка листяних порід зменшує товщину та сухість підстилки, однак частка сосни все ще підтримує високий потенціал поширення низових пожеж.

У сугрудах та дібровах підстилка переважно листяна, волога, добре розкладена, що знижує швидкість займання. Тут пожежі можливі лише у короткі періоди пікової посухи або на узліссях із сухою травою. Вільшняки й заболочені ділянки виявили найнижчий рівень ризику: підстилка практично відсутня, а торф'янистий шар насичений вологою. Аналіз підтвердив, що вологість є ключовим регулятором горючості: підвищення зволоження на 20–30 % зменшує можливість займання у кілька разів.

Важливу роль відіграє і віковий стан деревостану: максимальні запаси хвої та дрібного опаду характерні для середньовікових сосняків, тоді як у стиглих насадженнях частина опаду гуміфікується, роблячи підстилку менш горючою. Мішані й листяні ліси формують більш стабільний мікроклімат, що стримує висушування поверхневого шару. Отримані дані створили диференційовану модель ризиків: від класу I у сухих борах до класу V у заболочених вільшняках. Така градація дає можливість визначити пріоритетні ділянки для профілактичних заходів та розробити адресні плани охорони лісів, що підвищує ефективність управління пожежними ризиками.

РОЗДІЛ 4

ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЛІСІВ ВІД ПОЖЕЖ

4.1. Використання сучасних інформаційних технологій і технічних засобів у попередженні та гасінні пожеж

Лісові пожежі не пробачають зволікання: що швидше їх виявити – то менше шкоди буде завдано. Саме тому сучасні інформаційні технології стають на захист лісу. Якщо раніше єдиним оком вартового була людина на пожежній вежі, то тепер на допомогу приходять електронні «вартові» – відеокамери, дрони та супутники. Цифрова революція відкриває нові можливості для моніторингу та раннього виявлення займань, що ще донедавна здавалися фантастикою. Застосування сенсорів, геоінформаційних систем та безпілотних літальних апаратів дозволяє відстежувати ситуацію в реальному часі навіть у важкодоступних районах.

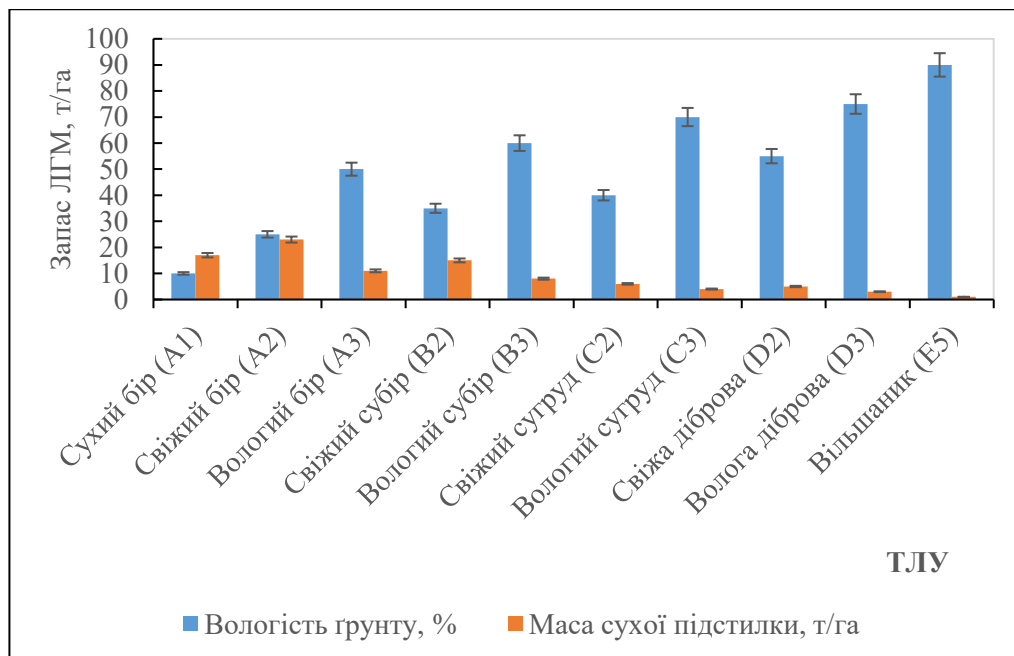


Рис. 4.1. Середня маса сухої підстилки в залежності від вологості ґрунту у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Пильне око камер доповнюють швидкі та маневрові безпілотики. Ще десять років тому безпілотні літальні апарати були рідкістю, а нині стають буденним інструментом лісової охорони. Дрони оснащуються відео- та тепловізійними камерами, що дає змогу «бачити» крізь дим і крони дерев. Два-три дрони в небі можуть прочесати великий масив набагато швидше, ніж наземний патруль. Як свідчить досвід, сучасний квадрокоптер із тепловізором здатен виявити осередок загоряння швидше за спостерігача на вежі та негайно передати координати вогню [1]. Приміром, дрон DJI Mavic 2 Enterprise, оснащений тепловізійною камерою, під час навчань у Макарівському надлісництві за лічені хвилини знайшов «пожежу» і потерпілих, випередивши чергового на вищі.

Не менш суттєвим є використання супутникових технологій та геоінформаційних систем (ГІС). Дані з космосу дозволяють відстежувати термоточки – осередки підвищеної температури, що можуть свідчити про пожежу, майже в режимі реального часу. Сервіси на кшталт NASA FIRMS або європейської EFFIS щоденно надсилають лісівникам координати таких термоточок. Ще вчора ліс горів – сьогодні його вже видно із космосу. Завдяки ГІС-технологіям черговий може накласти ці координати на електронну карту лісового фонду і миттєво визначити, в якому кварталі виникла пожежа. Це економить безцінні хвилини, адже пожежні команди виїжджають одразу в точку загоряння, а не шукають її хаотично. Більше того, на основі супутникових знімків будуються прогностичні моделі: враховується погода, типи деревостанів, вологість – і алгоритми прогнозують напрямок поширення вогню.

Для наочного узагальнення сучасних засобів моніторингу та боротьби з вогнем доцільно розглянути їх основні характеристики. У таблиці 4.1 наведено порівняння традиційних та інноваційних методів.

Таблиця 4.1

Порівняння характеристик засобів виявлення та боротьби з лісовими пожежами у насадженнях Макарівського надлісництва

| Засіб | Радіус дії / охоплення | Переваги | Обмеження |
|--|--|---|--|
| Сторожові вежі з пожежними спостерігачами | До 10–15 км (візуально) | Проста технологія; безпосередній людський контроль ситуації на місці | Людський фактор (втома, помилки); обмежений кут огляду; залежність від погодних умов (туман, ніч) |
| Відеоспостереження (телекамери) | До 20–30 км (вдень і вночі при використанні тепловізора) [8] | Безперервний моніторинг 24/7; автоматичне виявлення диму; фіксація координат займання | Висока вартість встановлення; потребує стабільного інтернет-зв'язку та електроживлення; статична зона огляду |
| Безпілотні літальні апарати (дрони) | До 5–10 км (радіус польоту) | Оперативний огляд великих площ; тепловізори «бачать» крізь дим; маневровість і мобільність | Обмежений час польоту (акумулятори); залежність від погоди; потреба в операторі або автопілоті |
| Супутниковий моніторинг | Глобальний (вся територія лісів) | Виявлення термоточок на великих площах; незалежність від наземної інфраструктури | Затримка в оновленні даних (до кількох годин); мінімальний розмір пожежі для виявлення ~30 м ² ; потребує фахової інтерпретації знімків |
| Пожежна авіація | Десятки кілометрів (патрулювання з повітря) | Швидке реагування на віддалені загоряння; можливість скидання води або ретардантів безпосередньо на осередок пожежі | Висока вартість експлуатації; залежність від погодних умов (видимість); ризик для екіпажів |
| Наземні роботизовані системи | Локально (десятки метрів від оператора) | Безпечна робота в небезпечних умовах; висока точність дій (створення просік, прокладання мінералізованих смуг) | Поки на стадії випробувань; складність технології; потреба у стабільному радіозв'язку |

Як видно з таблиці 4.1, кожен засіб має свою нішу: стаціонарні камери забезпечують постійний контроль, дрони – мобільність і деталізацію, супутники – глобальний огляд, а стара добра пожежна вежа служить резервними «очима», особливо там, де нема цифрового покриття. На практиці найкращий результат дає комбінування цих методів. Прикладом є, камери охоплюють основні масиви, дрони перевіряють окремі ділянки або виїжджають на сигнал від камери/супутника, а оператор на вежі за потреби підтверджує тривогу і координує наземні бригади. Вже зараз у лісах Макарівського надлісництва така синергетична система почала формуватися: за даними ДП «Лісів України», на території області діють 37 пожежних спостережних веж, з них 36 обладнані телевізійними системами, а також використовуються 6 безпілотників [6]. Лісівники відзначають, що завдяки цьому вдалося своєчасно виявити і ліквідувати десятки займань на ранній стадії. Отже, сучасні IT-рішення поступово інтегруються у систему охорони лісів від пожеж, підвищуючи її ефективність та надійність.

4.2. Удосконалення організаційних заходів та системи взаємодії між державними структурами

У Макарівському надлісництві такий підхід уже випробувано: у 2022 році лісівники спільно з рятувальниками і поліцією розробили мобілізаційно-оперативні плани ліквідації лісових пожеж, затверджені на рівні районних адміністрацій [6]. Це означає, що кожна служба знає свою ділянку роботи ще до виникнення надзвичайної ситуації. Зокрема, задіяно алгоритм: в разі виявлення загоряння лісова охорона негайно повідомляє оперативно-рятувальну службу, котра висилає пожежні підрозділи, а Національна поліція – патрулі для перекриття доріг та, у разі потреби, евакуації населення. Вже не кажучи про те, що такі плани передбачають і підкріплення технікою: визначено, скільки пожежних машин, тракторів, мотопомп необхідно скерувати, з яких найближчих

лісництв чи пожежастин їх залучити. Отже, гасіння пожежі перетворюється на добре сплановану спецоперацію, де кожен знає своє місце. Регулярні спільні навчання підвищують злагодженість дій: приміром, у квітні 2023 року у Дарницькому лісопарковому господарстві м. Києва відбулися масштабні тренування за участю лісників, ДСНС, медслужби, Червоного Хреста та поліції [1]. У ході навчань відпрацювали одночасно і гасіння умовної пожежі, і порятунок постраждалих, і координацію різних відомств. Такий досвід наочно демонструє, наскільки необхідно налагодити співпрацю заздалегідь, а не вже під час пожежі.

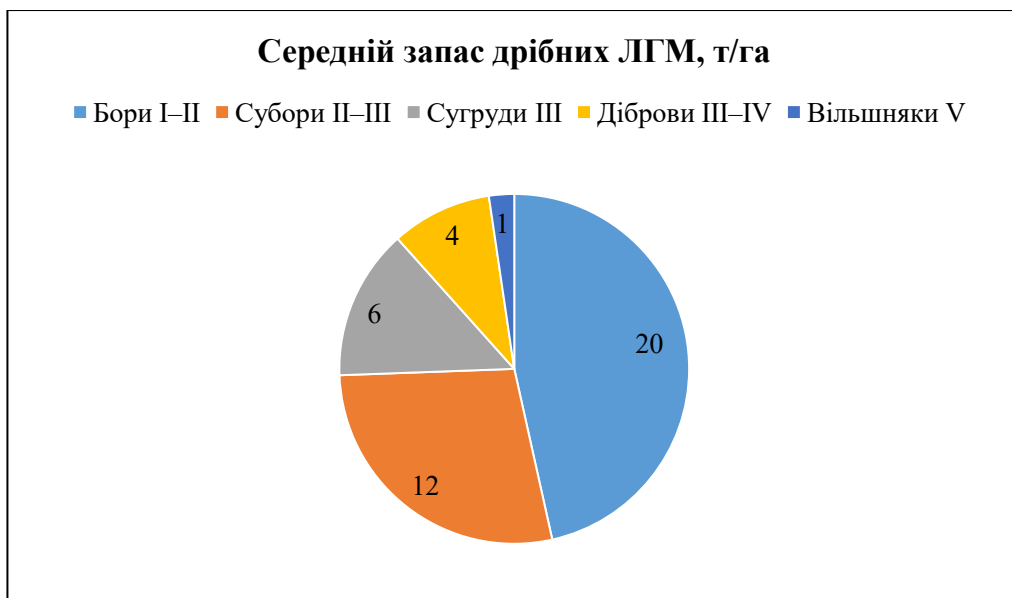


Рис. 4.1. Розподіл пожежних класів по типах лісу (бори, субори, сугруди, діброви, вільшняки) у насадженнях Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Окремим напрямом удосконалення є спільні рейди та превентивні заходи. Жодна структура поодиночі не здатна забезпечити повний контроль за дотриманням правил пожежної безпеки в лісах. Тому практикуються регулярні патрулювання змішаними групами: лісівник + рятувальник + поліцейський. Такі спільні рейди мають подвійну користь: вони не лише виявляють порушників (необачних туристів, паліїв сухої трави тощо), а й зміцнюють взаємодію служб. У 2025 році на території лісгоспів України проведено понад 4,5 тис. рейдів, в результаті яких оштрафовано майже 200 порушників [4]. Серед них були й

випадки навмисного підпалу, і грубе недотримання заборони на відвідування лісів у пожежонебезпечний період. Кожен спійманий порушник – це не лише поповнення бюджету штрафами, а й профілактика нових пожеж через виховний ефект.

Для покращення координації між державними структурами корисно створити міжвідомчі штаби або робочі групи з питань охорони лісів. Такі штаби доцільно збирати на початку пожежонебезпечного сезону та після його завершення для підбиття підсумків.

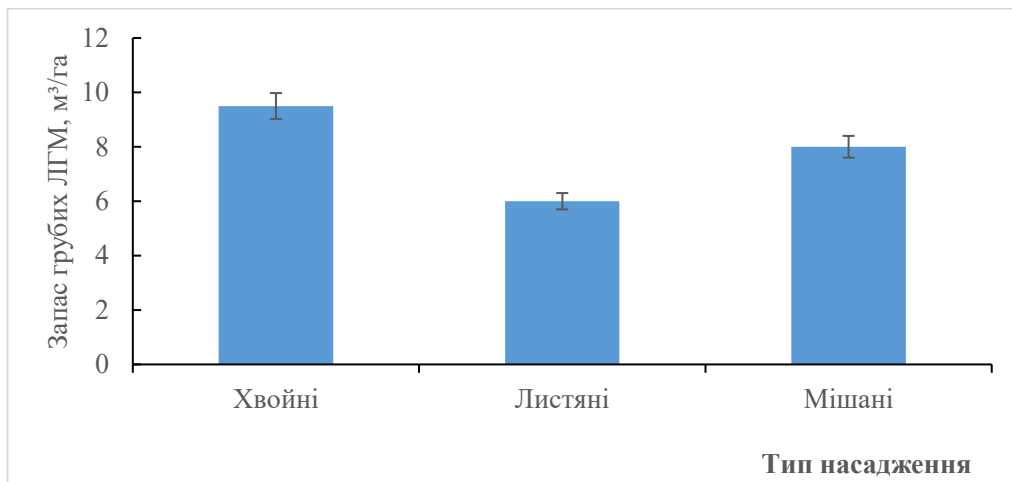


Рис. 4.2. Порівняння кількості грубих ЛГМ (м³/га) у хвойних і листяних насадженнях у Макарівському надлісництві філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України»

Ще один вагомий аспект – залучення місцевого населення та добровільних пожежних формувань до системи виявлення і гасіння пожеж. Світовий досвід показує, що громади, які живуть біля лісів, можуть стати найпершими союзниками у боротьбі з вогнем. У США та Європі діють програми «сусідської варті» за лісами, коли місцеві мешканці проходять навчання і співпрацюють з лісовою охороною. В Україні цей підхід тільки зароджується. Зокрема, Всеукраїнська екологічна ліга у 2023 році започаткувала пілотний проєкт щодо створення добровільних пожежних дружин у п'яти територіальних громадах [2]. Мета – організувати місцевих мешканців, які за підтримки ДСНС і лісгоспів патрулюватимуть ліси і оперативно реагуватимуть на займання до прибуття

професіоналів. Для цього Верховна Рада вже прийняла закон про місцеву та добровільну пожежну охорону (реєстр. № 7557) – до добровільного пожежного підрозділу мають бути залучені громадяни, які постійно проживають на певній території [2]. Отже, законодавче підґрунтя закладено, тепер справа за практикою. Макарівському надлісництву філії Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» варто перейняти цю ініціативу: налагодити співпрацю з прилеглими ОТГ, провести навчання для бажаючих селян або навіть створити підрозділи добровільної пожежної охорони при надлісництвах. Це розширить людські ресурси для боротьби з вогнем, особливо у пік пожежонебезпечного періоду, коли одночасно може виникати кілька займань.

4.3. Розробка екологічних та освітньо-просвітницьких програм для населення

Жодна протипожежна стратегія не буде повною без роботи з людьми, адже, за статистикою, 95 % лісових пожеж виникає з вини людини [6]. Це може бути кинутий недопалок, непогашене багаття чи навмисний підпал – та у підсумку саме людський фактор стає найпоширенішою причиною лиха. Відтак, просвіта населення – не менш важлива складова, ніж техніка чи плани. Ліс охороняють не лише сторожі, а і свідомі громадяни. Екологічне виховання та інформаційні кампанії мають на меті змінити поведінку людей у лісі, сформувати у них відповідальність за природу. Особливо це актуально для відвідувачів лісопарків поблизу великих міст (таких як Київ), де щороку тисячі городян виїжджають на пікніки. Лісова охорона Київщини щовесни нагадує: у вихідні й святкові дні кількість відпочивальників різко зростає, а разом з нею – і ризик пожежі [6, 63]. Тому перед початком сезону розробляються графіки чергувань, посилюється патрулювання популярних рекреаційних зон, встановлюються додаткові аншлаги та інформаційні щити з правилами поведінки.

Екологічні програми для населення повинні починатися з наймолодших. Де вже працюють учнівські лісництва – гуртки, коли школярів навчають любити і розуміти ліс. Вихованців таких гуртків залучають до посадки дерев, прибирання

лісових галявин, пояснюють їм небезпеку пустощів з вогнем. Ці діти згодом самі стають провідниками екологічної культури у своїх сім'ях. До речі, у багатьох країнах Європи практикують шкільні уроки на тему лісових пожеж, демонстрацію відео про наслідки підпалів. Подібні методичні матеріали варто розробити й на рівні ДП «Лісів України»: яскраві плакати, буклети, презентації, адаптовані для різних вікових груп. Краще один раз побачити, ніж сто разів почути. Приміром, можна показувати фото випалених гектарів лісу, загиблених тварин – такі образи впливають на емоції і запам'ятовуються надовго.

Для дорослого населення слід робити акцент на почутті відповідальності та потенційній карі за порушення. Хороший ефект дають соціальні реклами і ролики на телебаченні: коли з екрана до людей звертається авторитетна особа (відомий рятувальник, еколог, артист) і закликає берегти ліс від вогню. Також ефективні реальні історії: приміром, розповідь лісівника про те, як маленька іскра перетворилася на велику пожежу і що він побачив на згарищі. Такі сюжети періодично з'являються у ЗМІ, особливо під час пожежонебезпечного періоду. Макарівському надлісництву філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України» варто співпрацювати з місцевими телеканалами, щоб готувати репортажі та новини на цю тему. Крім того, дієвим є адресний вплив на групи ризику – наприклад, на фермерів, які мають звичку спалювати стерню. У 2020 році країна зіткнулася з масовими пожежами на Поліссі саме через підпали сухої трави, що вийшли з-під контролю. Тому зараз лісівники разом з екологами проводять рейди по селах, де роз'яснюють людям небезпеку спалювання рослинності та відповідальність згідно із законом. Як результат такої роботи – у законодавство внесено зміни, що посилюють відповідальність за підпал трави та лісу.

Екологічна просвіта має йти пліч-о-пліч з природоохоронними ініціативами, до яких долучають громадськість. Один із прикладів – акції з висаджування лісу («Майбутнє лісу у твоїх руках» тощо). Коли людина своїми руками посадила дерево, вона десять разів подумає, перш ніж розпалювати поруч вогнище. Так само очищення лісу від сміття, створення мінералізованих

протипожежних смуг навколо сіл за участю громади – це практичні заходи, що підвищують екологічну свідомість. У деяких громадах запроваджують чергування добровольців у пожежонебезпечний сезон: місцеві мешканці по черзі патрулюють ліс і стежать, щоб ніхто не порушував заборони. Подібна громадська система протипожежного захисту, яку нині впроваджують екологічні організації, поступово набирає обертів [2]. Звісно, такі заходи не дадуть ефекту миттєво – виховання культури бережливого ставлення до лісу займає роки. Але починати слід уже зараз, аби наступні покоління з дитинства знали просту істину: ліс пожежі не пробачає.

Інформаційно-просвітницька робота повинна бути безперервною. Не можна обмежуватися разовими акціями – потрібна система. Доречно розробити регіональну програму (наприклад, "Ліси Київщини без пожеж"), яка передбачатиме комплекс заходів: від створення тематичних відеороликів, розміщення білбордів на в'їздах до лісів, до проведення лекцій у школах і дня відкритих дверей у лісгоспі для всіх охочих. Фінансувати такі програми можна спільно з місцевою владою, адже захист лісу – це захист і громадського добробуту. До того ж, варто залучати міжнародні гранти, багато з яких спрямовані на підтримку екологічної освіти та сталого управління лісами.

Невід'ємною складовою є і екологічна пропаганда через позитивний приклад. Коли люди бачать, що лісівники дбають про ліс – створюють просіки, облаштовують рекреаційні зони з безпечними місцями для вогнищ, – то й самі починають поводитися обережніше. На території Макарівського надлісництва облаштовано кілька таких зон відпочинку («лісовичків»), де є накриття, мангали, вододжерела для гасіння – усе для безпечного пікніка. У 2025 р. по країні планують побудувати ще 50 нових рекреаційних пунктів саме з метою зменшити неорганізоване розведення багать у лісі [4]. Отже, людям пропонують альтернативу: якщо вже відпочивати з вогнищем, то в спеціально обладнаному місці під наглядом.

Для підсумку основних напрямів просвітницької діяльності доцільно узагальнити їх у структурованому вигляді (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Основні напрямки екологічної та протипожежної просвіти населення

| Напрямок програми | Цільова аудиторія | Приклади заходів | Очікуваний ефект |
|--|--|---|---|
| Освіта дітей і молоді | Школярі, студенти | Створення учнівських лісництв; уроки екології та безпеки життєдіяльності; конкурси малюнків і плакатів на тему лісових пожеж; еколого-пізнавальні екскурсії до лісгоспів | Формування екологічної культури з раннього віку; виховання покоління, обізнаного з правилами поведінки в лісі та з повагою до природи |
| Соціальна реклама | Широка громадськість | Телевізійні й радіоролики; білборди «Бережи ліс від вогню!»; публікації у ЗМІ; серії коротких відео в соціальних мережах; історії очевидців | Підвищення обізнаності населення; створення емоційного впливу, що спонукає до відповідальної поведінки; формування негативного іміджу палія |
| Адресна робота з групами ризику | Місцеві жителі сіл поблизу лісів, фермери, аграрії | Рейди та бесіди у селах про заборону спалювання трави; роз'яснювальні листівки в сільрадах; інструктажі для фермерів; повідомлення про штрафи | Скорочення кількості випадків випалювання сухоостою; попередження необережних дій; усвідомлення невідворотності відповідальності |
| Залучення громадськості | Активні громадяни, молодь, неурядові організації | Волонтерські акції (садіння лісу, прибирання територій); створення добровільних пожежних дружин; спільні патрулі з лісівниками; тренінги з первинного гасіння | Пряма участь населення у збереженні лісів; посилення громадської відповідальності; розширення людських ресурсів без додаткових бюджетних витрат |
| Покращення умов для відпочинку | Відвідувачі лісопарків, туристи, рибалки | Облаштування рекреаційних зон із безпечними місцями для вогнищ; встановлення стендів і протипожежних знаків; онлайн-інформування про заборону відвідування лісів у пожежонебезпечний період | Зменшення кількості пожеж, спричинених необережністю; розвиток культури безпечного відпочинку; зміна поведінкових звичок відвідувачів |

Отже, екопросвітництво та робота з населенням – це довгострокова інвестиція у безпеку лісів. Люди, озброєні знаннями і повагою до природи, стають союзниками лісівників. Особливо під час війни, коли навантаження на державні служби зростає, свідомо громадянська може взяти на себе частину функцій: і вчасно повідомити про загорання, і не допустити пожежі власною обережністю. Поступово, крок за кроком, треба змінювати ментальність: від байдужості – до розуміння, що ліс – наш спільний скарб, і його захист залежить від кожного.

4.4 Економічне обґрунтування впровадження запропонованих заходів

Впровадження нових технологій та заходів вимагатиме певних фінансових витрат, проте ці вкладення є інвестицією в збереження значно більших цінностей. Гасити пожежу завжди дорожче, ніж запобігти їй. Тож економічне обґрунтування спирається на порівняння: скільки коштує реалізація запропонованих кроків і яку потенційну вигоду (вірніше, зекономлені збитки) це дасть у перспективі. Особливо актуально це розглянути на прикладі Макарівського надлісництва, яке має обмежений бюджет і людські ресурси.

Для початку – оцінка прямих втрат від лісових пожеж. За даними Державної служби статистики України, у 2023 році лісові пожежі завдали країні збитків на суму близько 2,05 млрд грн [3]. Це колосальна сума, що в 6,8 раза перевищила показник попереднього року. На Київщині лише за перше півріччя 2022 р. було знищено вогнем понад 1 100 га лісів [6]. А у масштабах всієї України наслідки російської агресії призвели до вигорання щонайменше 330 тис. гектарів лісового фонду у 2022 році [5] – і через забруднення вибухонебезпечними предметами значна площа цих пожеж лишалася неконтрольованою. Якщо перевести такі втрати у гроші – вартість деревини, витрати на відновлення, упущену вигоду від екосистемних послуг лісу – цифри будуть астрономічні. Таким чином, навіть багатомільйонні вкладення в модернізацію системи охорони лісів виглядають виправданими на тлі потенційних збитків у мільярди.

Розглянемо конкретні статті витрат на запропоновані заходи (табл. 4.4). Для Макарівського надлісництва доцільно окреслити перелік пріоритетних інвестицій: придбання декількох дронів, встановлення додаткових камер спостереження, створення резервуарів з водою у критичних точках, покращення матеріальної бази добровільних пожежних дружин тощо. У таблиці подано орієнтовний кошторис з огляду на середні ціни станом на 2025 рік.

Таблиця 4.4

**Орієнтовна вартість впровадження основних протипожежних заходів
(на прикладі Макарівського надлісництва)**

| Захід / обладнання | Кількість | Оцінка вартості за одиницю, грн | Загальні витрати, грн |
|---|-------------------------|--|-----------------------|
| Модернізація системи відеонагляду (камери + щогли) | 2 комплекси | 550 000 за комплекс (камера + вежа) | 1 100 000 |
| Придбання дронів з тепловізорами | 2 шт. | 300 000 за одиницю | 600 000 |
| Створення додаткових резервуарів з водою (протипожежних водойм) | 3 од. | 100 000 за 1 водойму (з облаштуванням) | 300 000 |
| Оснащення добровільної пожежної дружини (помпи, ранцеві вогнегасники, захисний одяг) | 1 комплект (на команду) | 200 000 | 200 000 |
| Додаткове обладнання для лісової охорони (рації, бензопили для створення просік тощо) | 1 комплект | 150 000 | 150 000 |
| Разом: | — | — | 2 350 000 |

Окрім прямих фінансових вигод у вигляді збережених матеріальних цінностей, слід врахувати і непрямі економічні ефекти. Лісові пожежі завдають шкоди довкіллю – а отже, впливають на здоров'я людей, на клімат (викиди CO₂), на рекреаційну привабливість територій. Згідно з дослідженнями, зміна клімату призвела до збільшення тривалості сезону лісових пожеж, частоти їх виникнення та площі вигорання [7], створюючи замкнене коло: чим більше горить лісів, тим більше парникових газів викидається і тим вищий ризик нових пожеж. Приміром, науковці вже говорять про те, що ми вступили в епоху піроцену – еру вогню. Лісові пожежі стають дедалі поширенішими по всій планеті, спалюючи сьогодні щонайменше вдвічі більше площ, ніж два десятиліття тому [7]. Отже, кожен

збережений від вогню гектар – це внесок у стабільність кліматичної ситуації (менше витрат у майбутньому на ліквідацію наслідків стихійних лих). Крім того, непошкоджені пожежами ліси продовжують виконувати свої екосистемні функції: очищують повітря, захищають водні ресурси, є домівкою для фауни. В грошовому вираженні ці послуги важко порахувати, але вони безперечно мають значну цінність для суспільства.

Не слід забувати і про соціально-економічний аспект. Запропоновані заходи – це інвестиції не лише у техніку, а й у людей. Закупівля нового обладнання супроводжується навчанням персоналу, підвищенням кваліфікації кадрів. Організація добровільних дружин стимулює громадську активність, що теж має позитивний вплив на громади (підвищує згуртованість, створює нові навички). Усе це побічно сприяє розвитку людського капіталу. В умовах воєнного часу, коли бюджетні кошти обмежені, варто шукати й альтернативні джерела фінансування. На щастя, охорона лісів – напрям, який підтримують міжнародні партнери. Існують грантові програми від урядів країн ЄС, США, міжнародних екологічних організацій, що спрямовані на протидію змінам клімату та стихійним лихам. Приміром, у 2023 р. на згаданий проєкт Всеукраїнської екологічної ліги щодо добровільних пожежних формувань було залучено фінансування Лісової служби США [2]. Подібно, закупівлю частини обладнання для лісгоспів можна здійснювати за донорські кошти. Головне – підготувати обґрунтовані проєкти і показати їхню значущість.

Висновки до розділу 4

Аналіз можливостей модернізації системи охорони лісів показав, що ключовими напрямками підвищення ефективності є технологічна модернізація, організаційне вдосконалення та формування екологічної свідомості населення. Інноваційні засоби контролю — відеоспостереження з тепловізійними камерами, дрони, супутниковий моніторинг — здатні скоротити час виявлення пожежі з

десятків хвилин до лічених хвилин, що критично зменшує площу поширення вогню. Технологічна інтеграція ГІС-платформ забезпечує оперативне визначення осередків та прогнозування динаміки пожеж на основі погодних умов і типології лісів.

Організаційний компонент виявився не менш значущим: ефективність гасіння залежить від чіткої взаємодії між лісовою охороною, ДСНС, поліцією, військовими та громадами. Спільні оперативні плани, регулярні навчання та створення єдиного диспетчерського центру формують систему реагування, здатну діяти швидко та координовано. Важливою умовою є розвиток добровільних пожежних формувань на рівні громад, що дає змогу залучити додатковий людський ресурс у пікові періоди небезпеки.

Превентивний блок потребує особливої уваги: більшість пожеж виникає через людську недбалість, тому освітньо-просвітницькі програми мають стати постійним інструментом. Робота зі школами, соціальна реклама, адресні інформаційні кампанії для аграріїв та рекреантів можуть суттєво зменшити кількість небезпечних ситуацій. Облаштування безпечних рекреаційних зон допомагає мінімізувати випадки неконтрольованого розведення вогню.

Економічне обґрунтування доводить, що вартість профілактики у рази нижча за втрати від великих пожеж. Інвестиції у техніку, дрони, камери та навчання персоналу окупаються через збереження лісів, економію ресурсів на гасіння та зниження збитків. Комплексний підхід, що поєднує технології, організацію та просвіту, формує стійку модель охорони лісів, здатну відповідати сучасним викликам — від зміни клімату до воєнних ризиків.

ВИСНОВКИ

У ході виконання даного дослідження було всебічно проаналізовано проблему охорони лісів від пожеж, зокрема на прикладі Макарівського надлісництва філії «Столичний лісовий офіс» ДП «Ліси України». Отримані результати дозволяють зробити низку важливих висновків та узагальнень.

1. Лісові пожежі становлять критичну екологічну небезпеку для лісових екосистем України, що в останні роки стрімко зростає під впливом зміни клімату та військових дій. Статистика свідчить про різке збільшення кількості та площі пожеж після 2021 року. Зокрема, у 2022–2023 рр. площі вигорілих лісів були на порядок вищі за середньорічні значення минулих десятиліть. Війна додала нові чинники ризику: цілеспрямовані підпали і обстріли спричинили пожежі на понад 59 тис. га лісів, а мінування територій ускладнило їх гасіння. Це підтверджує актуальність та нагальність проблеми.

2. Нормативно-правова база України у сфері охорони лісів від пожеж загалом сформована і включає основні необхідні положення. Лісовий кодекс, закони «Про охорону НПС» та «Про пожежну безпеку» закріплюють обов'язки щодо запобігання і гасіння пожеж. Діють Правила пожежної безпеки в лісах (2004) [30], які регламентують практичні заходи. Останніми роками ухвалено нові документи – Порядок охорони і захисту лісів (2022), що враховує сучасні умови.

3. Система попередження, виявлення та гасіння лісових пожеж в Україні наразі перебуває у стадії модернізації, поступово переймаючи світовий досвід. У розділі 1.3 показано, що ефективний протипожежний захист базується на поєднанні організаційних заходів і сучасних технологій. В Україні активно застосовуються профілактичні заходи: щороку створюються тисячі кілометрів мінералізованих смуг (тільки у 2023 р. – майже 40 тис. км), ведеться масова просвітницька робота з населення. Для раннього виявлення пожеж розбудовано мережу із понад 400 відеокамер на спостережних вежах, використовуються дані супутників. Починають впроваджуватися інновації: системи IoT-датчиків диму,

безпілотні літальні апарати для моніторингу та навіть проєкти зі штучного інтелекту для прогнозування пожеж. Це відповідає глобальним трендам, де на озброєнні стоять дрони-розвідники та автономні сенсори (наприклад, німецькі системи Silvanet здатні виявити пожежу за лічені хвилини). Щодо гасіння, українська система спирається на співпрацю державної лісової охорони та ДСНС. Позитивним є функціонування спеціалізованих лісових пожежних станцій, налагодження міжвідомчої взаємодії (спільні навчання, угоди). Однак виявлено й проблемні місця: матеріально-технічне оснащення застаріле (90 % техніки потребує заміни); не вистачає авіаційних засобів пожежогасіння; система добровільних пожежних дружин лише починає формуватися; існують труднощі з покриттям відеоспостереженням усіх лісів (особливо на сході і півдні).

4. Екологічні та економічні наслідки лісових пожеж є надзвичайно масштабними, а відтак інвестиції в їх запобігання цілком виправдані. В роботі показано, що один тільки 2020 рік приніс прямі збитки понад 6,8 млрд грн, а сумарна шкода довікілью від воєнних пожеж оцінюється у трильйони гривень. Екосистеми Полісся і лісостепу, постраждали від пожеж, відновлюватимуться десятиліттями або ніколи повністю не відновляться (наприклад, унікальні соснові праліси, втрачені на півночі Київщини через бойові дії, не вдасться повернути до попереднього стану). Лісові пожежі погіршують якість атмосферного повітря до небезпечного рівня, підвищують викиди парникових газів, спричиняють деградацію ґрунтів і опустелювання територій.

5. На прикладі Макарівського надлісництва проаналізовано реальний стан справ на регіональному рівні (результати цього аналізу наведено у розділі 2 роботи). Київська область – регіон з високою рекреаційною навантаженістю на ліси та значною площею хвойних насаджень у північній частині (Полісся). За останні три роки в області спостерігається зростання кількості пожеж в екосистемах, що корелює із загальноукраїнською тенденцією. Особливо був складним 2022 рік через бойові дії на частині території: виникали верхові пожежі в зонах, куди не було доступу для пожежних (Іванківський, Димерський райони). У 2023 році, за даними ДСНС, на Київщині в природних екосистемах сталося

1339 пожеж (на 25 % більше, ніж попереднього року), з них лісових – 105 (включно з Чорнобильською зоною). Макарівське надлісництво активно впроваджує заходи охорони: встановлено систему відеонагляду на 32 пожежних вежах, прокладено понад 1000 км протипожежних смуг тощо. Проте виявлено й недоліки: деякі лісництва не забезпечені достатньо технікою, бракує сучасних засобів зв'язку та навігації для бригад, потребує підвищення рівень підготовки персоналу до дій в умовах виявлення ВВП (вибухонебезпечних предметів). Отже, навіть у відносно благополучному центральному регіоні є значний потенціал для зміцнення протипожежної готовності.

6. З урахуванням виявлених проблем у розділі 3 роботи розроблено конкретні пропозиції щодо удосконалення системи охорони лісів від пожеж. Основні з них такі: запровадити сучасні інформаційні технології – єдину цифрову платформу моніторингу пожеж (із інтеграцією даних камер, супутників, дронів); оснастити лісові пожежні станції новими високопрохідними пожежними автомобілями і модульними установками для пікапів (так звані лісопожежні модулі); налагодити широкомасштабне навчання місцевих добровільних пожежних команд і стимулювати їх створення через державні програми; удосконалити систему раннього оповіщення населення про високу пожежну небезпеку (наприклад, SMS-розсилки при 5 класі небезпеки); забезпечити цільове фінансування лісгоспів на відновлення лісів, постраждалих від пожеж, з тим щоби прискорити рекультивацію згарищ.

Наукове дослідження, виконане в межах даної роботи, зробило суттєвий внесок у розуміння проблематики лісових пожеж в Україні та шляхів її розв'язання. Отримані дані та висновки можуть слугувати основою для подальших глибших досліджень – зокрема, математичного моделювання поширення вогню в умовах різних типів лісу, розробки оптимальних стратегій розподілу ресурсів на гасіння, оцінки біогеохімічних наслідків пожеж. Практичні рекомендації вже сьогодні можуть бути використані профільними органами та підприємствами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко Г.М. Пожежна безпека лісів. К. : УкрНДЛГА, 2020. 144 с.
2. Бойко Т.О., Цукаленко В.В. Оцінка впливу бойових дій на стан лісових екосистем півдня України. *Сучасні вектори розвитку аграрної науки*. 2024. С. 495.
3. Визначення впливу лісових пожеж на забрудненість ґрунтів важкими металами. *Сталий розвиток для України*. URL: https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/3_nauka/konkurs/lisovi_pozhezhi.pdf (дата звернення: 03.10.2025).
4. Відеокамери проти пожежі: як лісівники на Волині убезпечують ліси від займань. URL: <https://nubip.edu.ua/news/videokamery-protu-pozhezhi-yak-lisivnyky-na-volyni-ubezpechuyut-lisy-vid-zauman> (дата звернення: 05.10.2025).
5. Вплив лісових пожеж на довкілля: забруднення ґрунтового покриву важкими металами. *Сталий розвиток для України*. URL: <https://sd4ua.org/vplyv-lisovyh-pozhezh-na-dovkillya-zabrudnennya-gruntovogo-pokryvu-vazhkymu-metalamy/> (дата звернення: 03.10.2025).
6. Гербут Ф. Ф. Лісова пірологія: навч. посібник. Ужгород: ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2015. 85 с.
7. Гуржій Р.В., Малованюк А.В. Просторово-часовий розподіл лісових пожеж в Україні за даними супутникової зйомки. Матер. наук.-практ. конф. «Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів». Київ, НУБіП України, 2018. С. 46–47.
8. Гуржій Р.В., Яворовський П.П. Запаси наземних лісових горючих матеріалів в лісах Київського Полісся. *Лісівництво і агролісомеліорація*. Харків 2018. Вип. 132. С. 124–130.
9. Державна служба статистики України. Лісові пожежі у 2015–2023 роках. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 05.08.2025).

10. Державне агентство лісових ресурсів України. URL: <https://forest.gov.ua> (дата звернення: 03.10.2025).

11. Кальчук Є. В., Сошенський О. М. Ландшафтні пожежі на території Українського Полісся в період 2022–2024 рр. Матер. наук.-практ. конф. «Стале управління лісовим комплексом та збалансований розвиток урболандшафтів». Київ, НУБіП України, 2024. С. 83.

12. Кирилів Я. Б., Ковалишин В. В. Аналіз ефективності застосування загороджувальних смуг для локалізації та гасіння пожеж у природних екосистемах. *Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: Зб. наук. праць*. Львів: ЛДУБЖД, 2022. С. 299–302.

13. Конвенція про біорізноманіття. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/bioriznomanittya/mizhnarodni-dogovoryu-sferi-zberezhennya-bioriznomanittya-dykoyi-flory-ta-fauny/konventsiya-pro-bioriznomanittya/> (дата звернення: 03.10.2025).

14. Конвенція про охорону біологічного різноманіття Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/995_030 (дата звернення: 03.02.2025).

15. Кузик А. Кліматичні зміни, шкідники та хвороби лісу як чинники підвищення рівня пожежної небезпеки лісів. Біологічні, хімічні та екологічні загрози під час війни: колективна монографія. Львів: ЛДУБЖД, 2025. С. 303–314.

16. Кузик А. Д. Про взаємний вплив лісових пожеж і ґрунтів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. 19.4, С. 106–111.

17. Левченко В.В., Борсук О.А., Борсук А.А. Лісові горючі матеріали: Навчальний посібник К. : НУБіП України, 2015. 237 с.

18. Лісовий кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3852-12> (дата звернення: 03.10.2025).

19. Лісові пожежі в Європі наближаються до рекордного показника. *Українська правда*. URL: <https://www.pravda.com.ua/news/2022/08/15/7363286/> (дата звернення: 03.10.2025).

20. Лісові пожежі внаслідок російського вторгнення та перспективи повоєнного відновлення українських лісів. URL: <https://epl.org.ua/about-us-posts/lisovi-pozhezhi-vnaslidok-rosijskogo-vtorgnennya-ta-perspektyvu-povoyennogo-vidnovlennya-ukrayinskyh-lisiv/> (дата звернення: 05.10.2025).

21. Лісові пожежі. URL: <http://surl.li/lywhsz> (дата звернення: 03.10.2025).

22. Ліхнєвський Р. В., Білошицький М. В., Боровиков В. О., Жартовський С. В., Копильний М. І., Корнієнко О. В. Загороджувальні смуги як спосіб локалізації пожеж у природних екосистемах. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2016. № 2 (2). С. 55–59.

23. Ноєр Д. Українські вчені розробили нову систему моніторингу лісових пожеж за допомогою дронів. URL: <https://sci314.com/news/ukrainski-vcheni-rozrobyly-novu-systemu-monitorynhu-lisovykh-pozhezh-za-dopomohoiu-droniv/> (дата звернення: 05.10.2025).

24. Палаюча реальність: як зміна клімату провокує лісові пожежі. URL: <https://mepr.gov.ua/palayucha-realnist-yak-zmina-klimatu-provokuye-lisovi-rozhezhi/> (дата звернення: 05.10.2025).

25. Паризька кліматична угода для України. *Global Compact Network Ukraine*. URL: <http://surl.li/xfcgpt> (дата звернення: 03.10.2025).

26. Пелипенко М. М. Екологічний аспект пожежної безпеки лісів та заходи їх захисту від пожеж. *Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Національний університет цивільного захисту України*. 2024. С. 245.

27. Пожежі під час війни в Україні. URL: <https://uriffm.org.ua/uk/news/521> (дата звернення: 03.10.2025).

28. Правила пожежної безпеки в лісах України : наказ Державного комітету лісового господарства України від 27.12.2004 № 278, НАПБ А.01.002-2004. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0328-05> (дата звернення: 03.10.2025).

29. Правила пожежної безпеки у лісах України. К.: Офіційний вісник України, 2005. 38 с.

30. Про затвердження Порядку організації охорони і захисту лісів. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.05.2022 № 612. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/612-2022-%D0%BF> (дата звернення: 03.10.2025).

31. Про затвердження Правил пожежної безпеки в лісах України. Наказ Держкомлісгоспу України від 27.12.2004 № 278. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0328-05#Text> (дата звернення: 03.10.2025).

32. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 26.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 03.10.2025).

33. Про пожежну безпеку. Закон України від 17.12.1993 № 3745-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3745-12> (дата звернення: 03.10.2025).

34. Про природно-заповідний фонд України. Закон України від 16.06.1992 № 2456-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text> (дата звернення: 03.10.2025).

35. Про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату : Закон України від 29.10.1996 № 435/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/96-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 03.10.2025).

36. Рамкова конвенція Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату : Міжнародний договір ООН від 09.05.1992. https://uk.wikipedia.org/wiki/Рамкова_конвенція_ООН_про_зміну_клімату (дата звернення: 03.10.2025).

37. Рибалова О. В., та ін. Визначення небезпеки впливу лісових пожеж на якісний стан ґрунтів. *Науковий вісник будівництва*. 2019. Т. 2, № 2 (96). С. 413–422.

38. Савельєв Д. І. Підвищення ефективності гасіння низових лісових пожеж шляхом використання бінарних вогнегасних систем з роздільним подаванням. Харків: Нац. ун-т цивіл. захисту України, 2020. 170с.

39. Сидоренко С., Ворон В., Мельник Є., Сидоренко А. Особливості формування соснових насаджень після верхових пожеж. *Лісівництво і лісомеліорація*. Харків, 2015. Вип. 127. С. 169–176.

40. Сошенський О.М., Зібцев С.В., Терентьев А.Ю., Воротинський О.Г. Наслідки катастрофічних ландшафтних пожеж в Україні для лісових екосистем та населення. *Український журнал лісівництва та деревинознавства*, 2021, т.12, №3. С. 21–34.

41. Сукач Р. Ю., Ковалишин В. В., Кирилів Я. Б. Застосування загороджувальних смуг для локалізації та гасіння пожеж у природних екосистемах, зокрема що зазнали впливу воєнних дій. Збірник тез доповідей Круглого столу «Лісові пожежі в умовах війни». Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 26–31.

42. Сукач Р. Ю., Ковалишин В. В., Кирилів Я. Б., Войтович Д. П. Створення загороджувальних смуг вогнегасними пінами підвищеної стійкості для запобігання поширенню трав'яних пожеж. *Пожежна безпека: збірник наукових праць*. 2022. № 40. С. 84–91.

43. Яворовський П.П., Гуржій Р.В. Аналіз горимості лісових насаджень Боярської лісової дослідної станції за 2004–2016 роки. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2017. Вип. 131. С. 158–164.

44. Яворовський П.П., Гуржій Р.В., Сидоренко С.Г. Особливості формування комплексу наземних лісових горючих матеріалів у соснових лісах Київського Полісся. *Науковий вісник НУБіП України. Серія «Лісівництво та декоративне садівництво»*. 2019. Вип. № 2. С. 73–81.

45. Holiaka D., Yoschenko V., Cherniaiev O.R., Moskaliuk A., Lesnik O., Levchuk S., Holiaka M., Gumenuk V., Kovbasa Y., Borsuk O. Variability of activity concentrations and radial distributions of ^{137}Cs and ^{90}Sr in trunk wood of Scots pine and Silver birch. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2023. 263. 107186.

46. Hurzhii R. V., Yavorovskyi P. P., Sydorenko S. H., Levchenko V. B., Tyshchenko O. M., Tertyshnyi A. P., Yakubenko B. Ye. Trends in forest fuel accumulation in pine forests of Kyiv Polissya in Ukraine. *Folia Forestalia Polonica. Series A – Forestry*. 2021. Vol. 63 (2). Pp. 116–124.

47. Hurzhii, R. V., Sydorenko, S. H., Andrusyak, Y. I. Approaches to research and classification of forest fuel. *Folia Forestalia Polonica. Series A – Forestry*. 2023. Vol. 65 (3). Pp. 127–135.
48. Zibtsev S. V., Oliver C. D., Goldammer J. G., Hohl A., Borsuk O. A. Wildfires management and risk assessment in the Chernobyl Nuclear Power Plant Exclusion Zone. Twenty-five years after Chernobyl accident. Safety for the future: International Conference, Kyiv, 20–22 April 2011. Kyiv, 2011. P. 187–191.
49. Zibtsev S. V., Goldammer J. G., Robinson S., Borsuk O. A. Fires in nuclear forests: silent threats to the environment and human security. *Unasyuva*. 2015. 243/244 (Vol. 66). P. 40–51.
50. Sydorenko S., Voron V., Koval I., Sydorenko S., Rumiancev M., Hurzhii R. Postfire tree mortality and fire resistance patterns in pine forests of Ukraine. *Central European Forestry Journal*. 2021. Vol. 67 (1). Pp. 21–29.
51. Myroniuk V., Zibtsev S., Bogomolov V., Soshenskyi O., Gumeniuk V., Vasylyshyn R. A web-based platform LANDSCAPE FIRES: regional-level fire management information system for Northern Ukraine. Conference Proceedings. Geoinformatics. 11–14 May 2021. Volume 2021. P. 1–6.
52. Levchenko, V., Gumeniuk, V. Regarding the issue of growing Scots Pine forests in Polissya. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2024. 15(4). pp. 25–39.