

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології  
Кафедра лісівництва, лісових культур та таксації лісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

Захарчук Андрій Володимирович

УДК 630\*27 (477.42)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Аналіз пожежного стану лісів ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове  
господарство»

205 «Лісове господарство»

Подається на здобуття освітнього ступеня «Магістр»  
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання  
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне  
джерело

\_\_\_\_\_ А. В. Захарчук

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Марков Ф.Ф.

к.с-г.н, доцент

Житомир – 2020

## АНОТАЦІЯ

Захарчук А.В. Аналіз пожежного стану лісів ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство». – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 205 – лісове господарство. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

У роботі досліджено пожежний стан лісів підприємства, вивчені основні причини виникнення пожеж. Наведені рекомендації з охорони і захисту лісу, зменшення впливу пожеж на лісові екосистеми.

Ключові слова: пожежний стан, пірологія, охорона лісу, екосистема, пожежний максимум.

Zakharchuk A.V. Analysis of the fire condition of forests of SE "Ovruch Specialized Forestry". – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 205 – forestry. – Polissia National University, Zhytomyr, 2020.

The fire condition of the forests of the enterprise is investigated in the work, the main causes of fires are studied. Recommendations for the protection and preservation of forests, reducing the impact of fires on forest ecosystems.

Key words: fire condition, pyrology, forest protection, ecosystem, fire maximum.

## ЗМІСТ

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП                                                                                       | 4  |
| РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ АСПЕКТИ ВИНИКНЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ<br>ТА БОРОТЬБА З НИМИ                    | 6  |
| Висновки до розділу 1                                                                       | 14 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ                                          | 15 |
| 2.1. Матеріали та методика досліджень                                                       | 15 |
| 2.2. Характеристика дослідного об'єкту                                                      | 15 |
| Висновки до розділу 2                                                                       | 19 |
| РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА ТА<br>ПРОЄКТУВАННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАХОДІВ      | 20 |
| 3.1. Характеристика пожежного стану лісів ДП «Овруцьке СЛГ»                                 | 20 |
| 3.2. Заходи по попередженню лісових пожеж в умовах<br>підприємства                          | 21 |
| 3.3. Пропозиції щодо удосконалення профілактичних<br>попереджувальних протипожежних заходів | 24 |
| Висновки до розділу 3                                                                       | 29 |
| ВИСНОВКИ                                                                                    | 30 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                                                                  | 31 |
| ДОДАТКИ                                                                                     | 37 |

## ВСТУП

Лісова пожежа – стихійне лихо, яке часто трапляється у всьому світі. Катастрофа завдає шкоди лісовим ресурсам, життю людей та власності та створює серйозну загрозу для екосистеми. Для дотримання екологічного балансу необхідно точно моделювати розповсюдження вогню та спиратися на винайдену модель, щоб передбачити тенденцію пожежі та зробити раціональним рішення про порятунок.

У математиці лісова пожежа в основному описується моделлю поширення пожежі. Існуючі моделі розповсюдження лісових пожеж фокусуються на тому, як рельєф місцевості, погода та інші зовнішні фактори впливають на поширення пожежі. Однак немає звітів, які б розглядали динамічне поширення вогню з дерев на дерева або вплив швидкості гасіння дерев на поширення вогню.

В останні роки значні зусилля були вкладені в дослідження з порятунку лісових пожеж. Щоб всебічно зрозуміти існуючі методи порятунку лісових пожеж та узагальнити їх переваги та недоліки, у роботі розглядається дослідження подолання лісових пожеж. Сучасні дослідження лісових пожежних рятувальних робіт в основному займаються плануванням шляхів порятунку та оцінкою пожежі в лісах.

Метою досліджень є вивчення сучасного пожежного стану лісів ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство». Для досягнення цієї мети ставили наступні завдання:

- дослідити сучасні методи виявлення та гасіння лісових пожеж.
- дати оцінку пожежному стану лісових екосистем підприємства.
- з'ясувати питання щодо шляхів удосконалення охорони лісу від пожеж.

Об'єктом дослідження є лісові екосистеми ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство».

Предметом дослідження є пожежний стан лісів підприємства.

Методи дослідження: лісівничо-таксаційні – для встановлення структури лісового фонду; порівняльної екології – для виявлення змін, що відбулися у насадженнях.

Перелік публікацій:

1. Полонська А., Чегус В., Захарчук А. Наслідки пожеж в об'єктах природно-заповідного фонду та їхній вплив на біорізноманіття. Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій : зб. матеріалів міжнар. наук. конф., 10–13 вересня 2020 р. Львів : СПОЛОМ, 2020. С. 91–92.

2. Захарчук А.В. Протипожежні заходи в лісах країн Європейського Союзу. Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів: зб. матеріалів всеукр. наук.-практ. конф., 25 вересня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 103–105.

3. Захарчук А. В. Аналіз пожежного стану лісів у ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство». *Ліс, Наука, Молодь* : матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 24 листопада 2020 р., м. Житомир : ЖНАЕУ, 2020. С. 56–57.

Практичне значення результатів: результати кваліфікаційної роботи можуть бути використанні при проведенні робіт з охорони і захисту лісу від пожеж.

Структура та обсяг роботи: робота включає 39 сторінок друкованого тексту, з них 36 сторінок основного тексту, 3 таблиці, 8 рисунків, 46 використаних джерел літератури.

## РОЗДІЛ 1. НАУКОВІ АСПЕКТИ ВИНИКНЕННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ТА БОРОТЬБА З НИМИ

Вітчизняні вчені Балабух В. та Малитська Л. вважають однією із причин виникнення лісових пожеж зміни клімату [28]. У своїй роботі вони зосереджують свою увагу на об'єктивній оцінці пірологічного режиму в Росії в умовах зміни клімату. Вчені досліджують сучасний стан (1981–2010) кліматичних характеристик природної пожежної небезпеки в Україні. Так, з початку 21-го століття спостерігається зростаюча тенденція до пожежної небезпеки. Це призвело до збільшення кількості лісових пожеж та їх площі. У більшості регіонів України справжність такої зміни становить 90–99%.

У своїй роботі В. О. Балабух та С. В. Зібцев досліджують вплив чинників клімату на кількість та площу пожеж у лісі у північно-чорноморському регіоні України [1]. Вони виявили «кількісні зв'язки рівня ступеню пожежонебезпеки в регіоні із термічним режимом, режимом зволоження та вітром»; вивели «визначальний вплив температури повітря на ступінь природної пожежної небезпеки в регіоні». Пошукування довели, що даний вплив максимально має дію на території лісових пожеж і набагато нижче на їх кількості. Також вчені провели оцінку зміни чинників клімату у період з 1961 по 2010 рр., їх величності та аналітичності і внеску даних змін на розмір територій лісових пожеж у країні [1].

Вітчизняний вчений Яворовський П. П. провів аналіз пожежостійкості лісів України [23]. У даному дослідженні пан Яворський проаналізував вплив середньомісячної температури повітря протягом пожежонебезпечного сезону (квітень – жовтень) за 1961–1990 та 1991–2005 рр. на площу лісових пожеж в Україні. Автор запропонував для пожежостійкості лісів підвищення прибирання природних горючих матеріалів і видалення пожежонебезпечного підросту й підліску в лісах I–III класів природної пожежної небезпеки,

створення протипожежних заслонів, введення в соснові насадження листяних деревних видів рослин та створення пожежостійких узлісь.

Борсук О. А. провів комплексну оцінку пожежної небезпеки лісів зони відчуження [2]. Автор виявив, що «періодичність випадків великих лісових пожеж вказує на вірогідність виникнення неконтрольованої пожежі найближчими роками» [2]. Зниження санітарного стану і захаращеність збільшують звичайну пожежну небезпеку у лісових масивах і є причинами появи пожеж надвисокої сили [2]. Також проблемою пожеж у зоні відчуження займається вітчизняний вчений Зібцев С. В. [6, 7]. Пожежі можуть зіграти велику роль у перерозподілі радіонуклідів у навколишньому середовищі в поєднанні з гідрологічними процесами, такими як поверхневий стік та ерозія ґрунту [33]. Європейський досвід боротьби з лісовими пожежами наведено у нашій роботі [8].

Євдін О. М. вивчав забезпечення захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій [4]. У своєму дослідженні автор наводить загальні відомості про техногенну та природну небезпеку, розглянув класифікацію надзвичайних ситуацій і принципи створення системи підтримки управлінських рішень з регіональної безпеки.

Важливим для прогнозування лісових пожеж є система передбачення кромek вигорання, яку досліджував Васильєв С. В. [3]. Він запропонував формалізований алгоритм і навіть рекурсивні функції, які дозволяють одержати рівняння складного плоского замкненого багатокутника.

Треба розуміти, що лісові пожежі також виникають і на території природно-заповідного фонду, що є доволі небезпечним для збереження рідкісних видів рослин та тварин [18].

Плугатар Ю. В. займався аналізом наслідків катастрофічних лісових пожеж гірського Криму [15]. Вчений розробив класифікацію розподілу дерев за категоріями ураженості, на основі якої визначено стан деревостанів після пожежі. А також провів дослідження щодо заліснення згарищ.

Згідно з дослідженнями Радовановича М. велика частина лісових пожеж спричинена спалахами на сонці. Вчений знайшов найбільш значні чинники активності Сонця (врахована затримка часу), які є причиною пожеж у лісі. Він ще створив функціональну залежність між властивостями активності Сонця і кількістю пожеж у лісі на території Сполучених Штатів Америки використовуючи фрактальний аналіз та гібридні нейронні мережі. Не менш важливими є розроблені ним моделі, які надали змогу виявити причини до 47 % лісових пожеж [19].

Щодо пожежної безпеки лісів України Літвін М. В. розробив методологію моделювання появи пожежонебезпечного періоду у лісах залежно від кліматичних чинників. Разом з тим виконав експериментальні пошуки знищення низових пожеж у лісі із використанням мобільних і первинних засобів пожежогасіння. Вітчизняний вчений на основі проведених ним пошуків розробив технічні та тактичні способи, які збільшують ефективність та оптимізацію боротьби із низовими пожежами [12].

Значну пошукову роботу проводили С. В. Зібцев, О. М. Сошенський, В. В. Гуменюк та В. А. Корень щодо багаторічної динаміки лісових пожеж в Україні [6]. Так, ними виявлено, що зміни клімату, видового складу лісів, землекористування та зростання антропогенного перевантаження на лісові екосистеми призвели до значного збільшення числа пожеж у лісі, а також їх наслідків для населення та навколишнього середовища регіонально та глобально. Вони наголошують на тому, що в Україні та світі є великі проблеми щодо лісових пожеж, про що свідчать дані пожеж, що були виявлені протягом останніх 10 років, а саме величезні лісові пожежі в зоні відчуження Чорнобиля, що в далекому 2015 році зайняли площу орієнтовно близько 15 тисяч гектарів, і разом з тим нищівні лісові пожежі з 2016 по 2018 роки в Швеції, Німеччині, Австралії, Іспанії, Греції та Каліфорнії. Таким чином, через незначну грошову підтримку, стає доцільним виділити значну увагу вирішення питань пожеж у лісових екосистемах нашої держави [6].



Проблему лісових пожеж досліджують також і вчені інших країн. Наприклад, Ноел Варела з колегами вивчав можливість використання мереж wіfі для швидкого реагування на спалахи пожеж [40]. Вони наголошували на тому, що деякі методи виявлення пожежі включають моніторинг з сторожових веж та використання супутникових знімків. На думку авторів, вони, на жаль, неефективні з кількох причин: високі витрати на інфраструктуру (складне обладнання), потребують великої кількості навченого персоналу та ускладнюють моніторинг у реальному часі, оскільки при виявленні явища його швидкість поширення призвела до неконтрольованих рівнів пошкодження. У своїй роботі вчені пропонують метод виявлення лісових пожеж за допомогою мережі бездротових датчиків та методів синтезу інформації.

До них також приєдналися колеги Арнольдо Діаз-Рамірез, Луїс Тафоя, Джорджд Атемпта та Педро Мея-Альварез [32]. Вчені проводили дослідження бездротових сенсорних мереж (WSN) для виявлення лісових пожеж. У цій роботі вони запропонували два алгоритми виявлення лісових пожеж. Запропоновані алгоритми базуються на методах злиття інформації. Перший алгоритм використовує пороговий метод і вузли, оснащені датчиками температури, вологості та освітленості. Другий алгоритм використовує теорію Демпстера-Шафера і передбачає, що вузли використовують датчики температури та вологості. Результати оцінки показують, що обидва методи здатні ефективно виявляти пожежі на початкових етапах.

Дослідники Байо А., Антолін Д., Медрано Н., Калво Б. та Селма С. пропонують низькошвидкісну бездротову мережу сенсорних мереж на основі персональних мереж для раннього виявлення та контролю лісових пожеж [27]. Система була розроблена ними для вимірювання різних параметрів на різних висотах дерев, залежно від рельєфу лісу. Таким чином, можна дізнатися, як вогонь впливає на ґрунтовий покрив, стебла та крони дерев, а також виявити підземні пожежі. Заходи енергоспоживання підтверджують

доцільність впровадження цієї сенсорної мережі. Використовуючи робочий цикл 0,33% та вибрані низьковольтні та малопотужні датчики, термін служби мережі перевищує один рік.

Останнім часом набуває розвитку технологія LiDAR [26]. Так, вчені Бадіа Анна та Гісберт Мерітксел впевнені, що технологія легкого затримання та дистанційного керування (LiDAR) стає джерелом інформації, яке має велике значення завдяки великій точності, яку вона надає щодо земель. Одне з найпоширеніших застосувань даної технології зосереджено на ідентифікації рослинної структури, що дозволяє вдосконалити дії з управління лісами.

Кармін Маффеї та Массімо Мененті провели оцінку небезпеки лісових пожеж, яка спирається на недавню еволюцію метеорологічних змінних для оцінки стану викопного палива [34]. Подальше поєднання останніх із метеорологічними та екологічними змінними, передбачають виникнення та поширення пожежі. У цьому дослідженні вони отримали стан палива під напругою за допомогою мультиспектральних вимірювань MODIS у ближньому та короткохвильовому інфрачервоному діапазоні. Потім вони поєднали ці дані з великим набором даних про фактичні лісові пожежі в Кампанії (13595 км<sup>2</sup>) (Італія) щоб визначити, як стан живого палива впливає на функції розподілу ймовірностей характеристик пожежі.

Вивчаючи досвід іноземних колег щодо раннього виявлення лісових пожеж та боротьбі з ними, ми розуміємо, наскільки Україна відстає від цивілізованих країн. Наприклад, використання системи Faster R-CNN для виявлення диму в лісових пожежах дикої природи [45].

Лісові пожежі щороку спустошують тисячі гектарів лісу по всьому світу. Прогнозування пожежної поведінки є корисним інструментом для сприяння координації та управлінню людськими ресурсами у боротьбі з подібними небезпеками. Будь-яка система прогнозу поширення пожежі потребує оснащення різними даними з високим ступенем невизначеності, такими як, наприклад, метеорологічні дані та карта рослинності. У роботах

вчених [25, 30] застосовано динамічну систему керування даними (DDDAS) щодо більш точного прогнозу розвитку лісових пожеж.

Вчені з Португалії [24] відібрали 517 різних записів щодо пожеж у одному за національних парків, щоб визначити найкращий провісник, який має можливість виявляти лісові пожежі. Ними паралельно було використано п'ять методів м'яких обчислень (SC), заснованих на нейронних мережах, а саме: каскадна кореляційна мережа (CCN), багат шарова нейронна мережа персептрона (MPNN), поліноміальна нейронна мережа (PNN), радіальна базова функція (RBF) та опорна векторна машина (SVM). Результати проведеного дослідження вказують на те, що методика SVM була більш ефективною та результативною.

Нурдіана Анніса та Рісдіянто Ідунг використовували технологію Landsat-5 TM для оцінки вразливості території для лісових пожеж [36].

У науковій роботі [37] вчені проаналізували вплив властивостей людини, пов'язаних з ландшафтом (щільність дороги та людської популяції), біотичні особливості (кількість району протипожежного захисту та зони рослинності) та індекси пожежної погоди (Індекс нарощування, BUI та Індекс початкового поширення, ISI) на виникнення та розміри лісових пожеж у Швеції з 1998 по 2017 рр. Найпівденніші рослинні зони Швеції виявляли найвищі показники пожежі (LFY), характер, який потенційно пов'язаний з більшою щільністю населення в поєднанні з погодою, сприятливішою для пожеж у цій частині країни. Закономірності, що з'явилися на моделях розміру пожежі, вказували на клімат як на головний фактор, що контролює розмір пожежі, незалежно від типу аналізованих років. Щільність доріг, кількість протипожежних осередків та щільність населення показали негативну залежність від розміру пожежі, можливо, вказуючи на вищу ефективність гасіння пожежі в районах із більшою присутністю людей.

Не потрібно забувати й про те, що під час пожежі виділяється значна кількість вуглецю (С). Дослідники припускають, що велику роль у глобальному потеплінні відіграють також і лісові пожежі [38, 46].

У даному дослідженні [44] автори досліджували короточасний вплив лісозаготівельних робіт після пожежі на видове різноманіття та чисельність птахів у нещодавно спаленому змішаному хвойному лісі. Місцеве видове різноманіття, чисельність та індекс видового різноманіття Сімпсона були значно вищими на місцях, що не спалюються, порівняно з тими, на яких були спалені решти лісозаготівельних робіт. Тобто, вирубки лісів після пожежі миттєво впливають на видовий склад та чисельність птахів у бореальних лісах.

У справі лісових пожеж важливим є також джерела води, як засіб боротьби з ними. Дермек Мілан у своїй роботі [31] розглядає різні способи транспортування води до лісових пожеж і порівнює їх за можливістю розгортання. У даному дослідженні вчений вираховував параметри для розгортання окремих способів транспортування води та на основі створених моделей запропонував оптимальний метод для різних умов середовища.

Метою дослідження [35] було оцінити природну регенерацію корінних видів рослин через п'ять років після пожежі, яка була у заповіднику Пугу (Східна Африка). Було задокументовано 116 корінних видів рослин, що належать 46 родинам, які успішно відродились у спаленій зоні. Але значна частина видів, що належать до Червоного списку Міжнародного союзу охорони природи, не відновилися. Тобто, пожежі змінюють характеристики природного середовища, змусивши деякі види рослин змінити свої нормальні ареали поширення.

Крім того, лісові пожежі негативно впливають на стан здоров'я місцевих жителів [43]. Тонкі тверді частинки, що утворюються внаслідок лісових пожеж, пов'язані з широким спектром несприятливих наслідків для

здоров'я, включаючи загострення респіраторних захворювань та підвищений ризик смертності.

Доволі актуальною є визначення моделей поширення пожеж. Наприклад, модель наведена у роботі [42] аналізує поширення вогню від дерева до дерева, забезпечуючи оптимальне рішення для рятувальників. Результати проведених досліджень допомагають мінімізувати збитки та витрати на порятунок лісової пожежі.

Злиття двох лінійних лісових пожежних фронтів, що перетинаються під невеликим кутом, створює прискорений вогонь, який позначається як «пожежний вогонь», враховуючи дуже велике значення швидкості поширення, яке воно може досягти за відносно короткий час [41]. Аналіз точки перетину ліній пожежі має особливе значення для оцінки властивостей вогню стрибка.

Також на розповсюдження пожеж впливають безпосередньо домінуючі види рослин та лісорослинні умови [29]. Великі території сухих хвойних лісів згорають з високою інтенсивністю, загрожуючи життю, майну та природним ресурсам. Практики збереження, такі як механічне проріджування, можуть зменшити потенціал верхової пожежі, заодно сприяючи іншим перевагам, таким як відновлення неоднорідності лісу, зменшення ризику ерозії після пожежі та покращення середовища існування дикої природи.

Хронологію виникнення лісових пожеж можна використовувати у якості вихідних даних для прогнозування крупномасштабних лісових пожеж [22].

Данилова С.С. та Ніколаєва В.М. вважають, що «основними причинами виникнення лісової пожежі є діяльність людини, грозові розряди, самозаймання торф'яної крихти і сільськогосподарські пали в умовах спекотної погоди або в, так званий, пожежонебезпечний сезон (період з моменту танення снігового покриву в лісі до появи повного зеленого покриву або настання стійкої дощової осінньої погоди)» [5].

### **Висновки до розділу 1:**

1. Вивчення виникнення лісових пожеж є доволі актуальним, адже вони впливають на стан здоров'я населення, на збільшення захворюваності на гострі респіраторні хвороби.

2. Лісові пожежі часто є причиною збільшення частки вуглецю у атмосфері, а також росту концентрації радіонуклідів.

3. Прогнозування розповсюдження диму від пожежі та самих лісових пожеж слугує основним методом зменшення збитків та витрат на боротьбу з ними.

4. Для прогнозування та виявлення лісових пожеж доцільно використовувати більш точні математичні моделі та сучасні технології, такі як LiDAR, Faster R-CNN, DDDAS та ін.

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Матеріали та методика досліджень

Під час проведення досліджень використовували пояснювальну записку по веденню лісового господарства у ДП Овруцьке СЛГ» [16], Правила пожежної безпеки в лісах України [17].

Збір польового матеріалу та його аналіз проводили за загальноприйнятими методики у лісовій пірології [14, 20]. Вплив пожежі на лісі досліджували за методикою Усцко І.М. та ін. [21].

При розробці рекомендації щодо гасіння лісових пожеж використовували матеріали вітчизняних вчених [10–12].

### 2.2. Характеристика дослідного об'єкту

Загальна площа ДП „Овруцький спецлісгосп” становить 41045 га. Розподіл по лісництвах наведений на рис. 2.1.

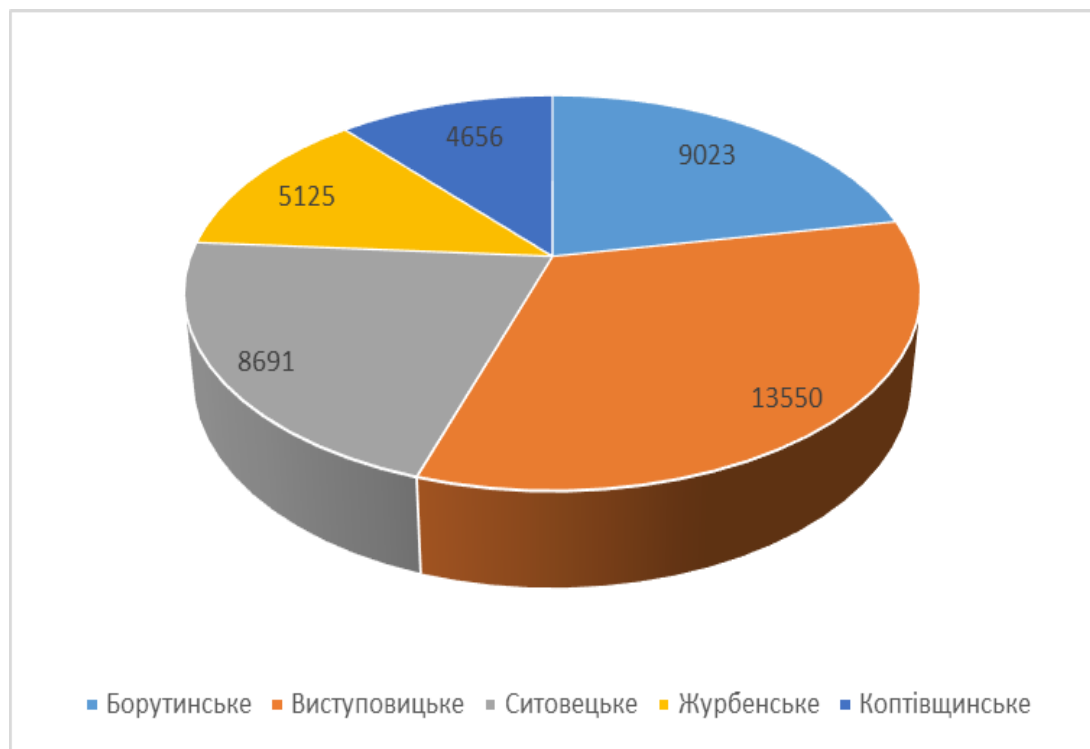
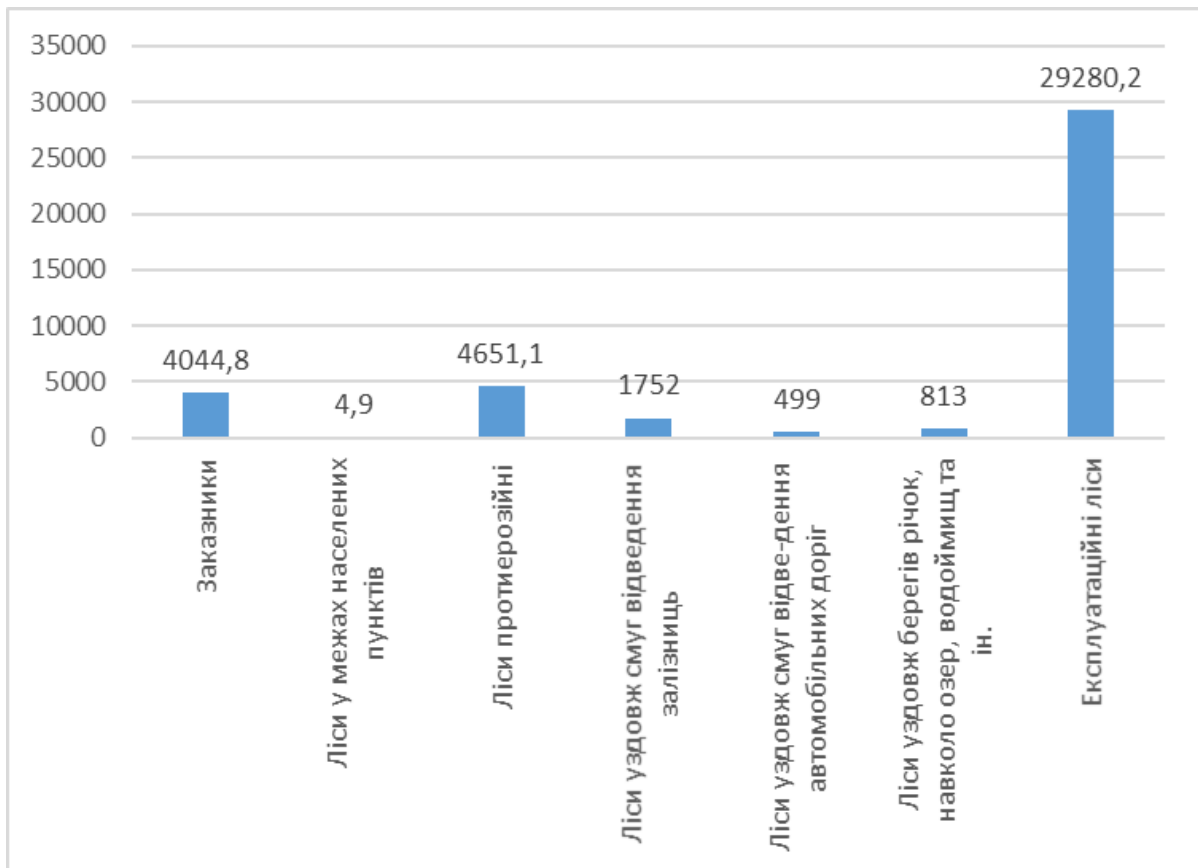


Рис. 2.1. Розподіл території підприємства по лісництвах, га

Розподіл загальної площі спецлісгоспу, приведений у відповідність з постановою КМ України №733 від 16.05.07 р. „Порядок поділу лісів на категорії та виділення особливо захисних лісових ділянок” та затверджений наказом Держкомлісгоспу України „Про віднесення до відповідних категорій лісів” Житомирської області, що знаходяться в постійному користуванні підприємств Держкомлісгоспу №303 від 10.11.2009 р. (рис. 2.2).



**Рис. 2.2. Розподіл лісів підприємства згідно з категоріями захисності**

Значна територія лісових екосистем ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство» розташована у районах радіоактивного забруднення (табл. 2.1). Як ми вже зазначали вище, при захопленні такого лісу вогнем, величезна кількість радіонуклідів попадає в атмосферу. Таким чином викликає збільшення хвороб серед населення. Саме тому важливо, проєктувати заходи захисту від пожеж.



Таблиця 2.1.

**Поділ території за зонами радіоактивного забруднення станом на 1 січня  
2020 р.\***

| Назва лісництв | Загальна<br>площа<br>забруд-<br>нення | Номери кварталів (чисельник) і площа (знаменник) за щільністю забруднення |               |                |               |               |                |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
|                |                                       | зона 1                                                                    | зона 2        |                |               | зона 3        |                |
|                |                                       |                                                                           | підзона       |                |               | підзона       |                |
|                |                                       | а                                                                         | б             | в              | а             | б             |                |
|                | більше<br>15,1                        | 5,1 – 7,0                                                                 | 7,1 –<br>10,0 | 10,1 –<br>15,0 | 1,1 – 2,0     | 2,1 – 5,0     |                |
| Борутинське    | 9023,0                                | 2157,0                                                                    | 2422,0        | 1245,0         | 1024,0        | 80,0          | 2095,0         |
| Виступовицьке  | 13550,0                               | 3375,0                                                                    | 1613,0        | 2410,0         | 1043,0        | 722,0         | 4387,0         |
| Ситовецьке     | 8691,0                                |                                                                           | 1528,0        | 2310,0         | 144,0         | 187,0         | 4522,0         |
| Журбенське     | 5125,0                                | 218,0                                                                     | 1757,0        | 1132,0         | 185,0         | 199,0         | 1634,0         |
| Коптівщинське  | 4656,0                                |                                                                           | 84,0          |                |               |               | 4572,0         |
| <b>Разом</b>   | <b>41045,0</b>                        | <b>5750,0</b>                                                             | <b>7404,0</b> | <b>7097,0</b>  | <b>2396,0</b> | <b>1188,0</b> | <b>17210,0</b> |

Примітка: \* – щільність забруднення ґрунту цезієм – 137 в кІ/кІ<sup>2</sup>

За фізико-географічним районуванням [13] територія пошукань лежить у межах двох провінцій: Поліської на півночі та Дністровсько-Дніпровської на півдні. Більша частина регіону досліджень лежить у межах північну і Поліської низовини. Поверхня її нерівна з пониженням на Пн і ПдСх (починаючи з 220 м і до 150 м включно).

На цій території домінують дерново-підзолисті ґрунти піщаного і супіщаного механічного складу, які є зональним типом ґрунту. У долинах річок, балках домінують дернові ґрунти, а болотні і торфово-болотні ґрунти були сформовані у заплавах і зниженнях рельєфу [13].

В північній і північно-західній частинах району досліджень розповсюджені ліси формації *Pineta sylvestris*, у частині Полісся – *Pineta sylvestris* – *Querceta roboris* [13].

Клімат району досліджень характеризується доволі теплим і вологим літнім та доволі м'яким зимовим періодом [39].

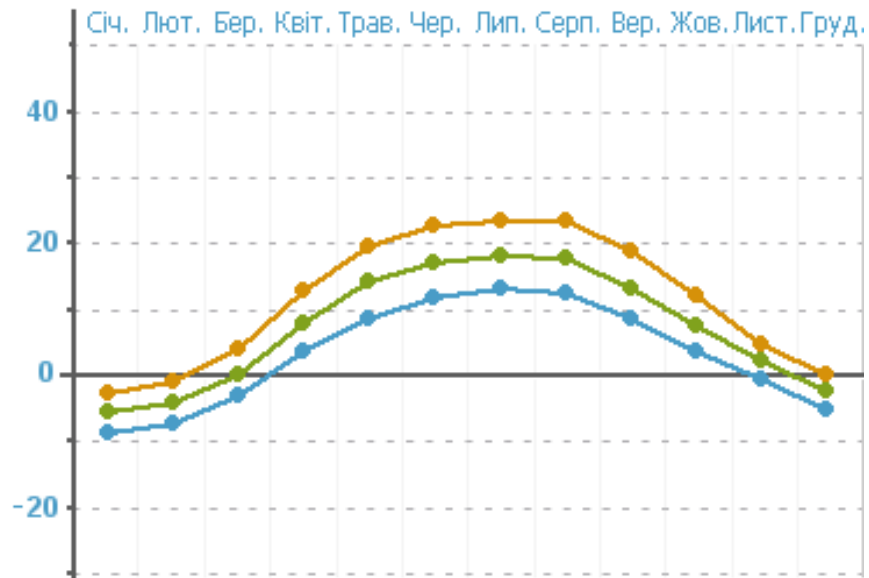


Рис. 2.3. Середня місячна і річна температура (C°):

■ - середня, ■ - максимальна, ■ - мінімальна

Температурний режим характеризується в середньому 22 C° (з травня по вересень), що є доволі довгим періодом. Найбільш холодними місяцями є січень та лютий, коли температура повітря спускається не більше – 10 C°.

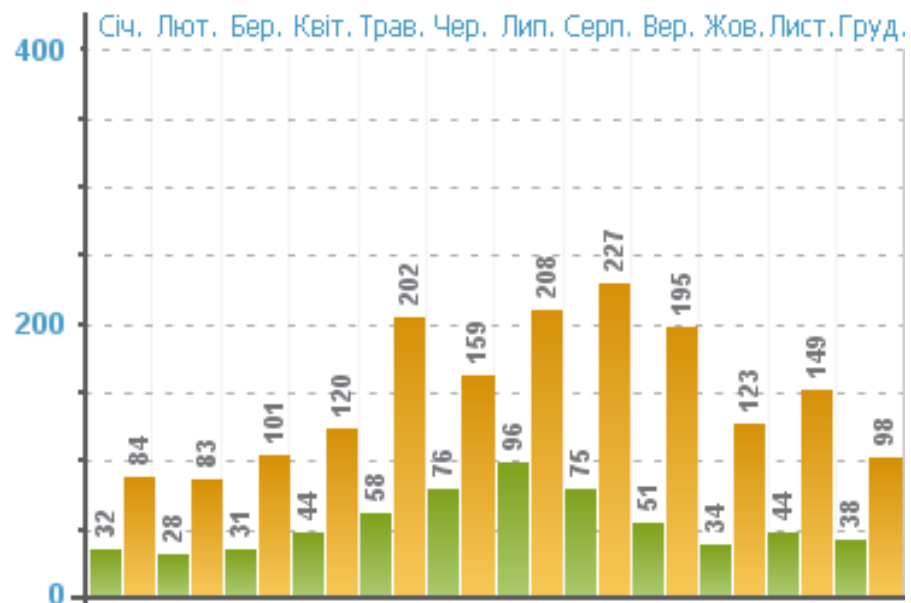


Рис. 2.4. Середня місячна і максимальна кількість опадів (мм):

■ - середня, ■ - максимальна

Загальна кількість опадів за рік складає 607 мм. Цей показник є важливим при проєктування протипожежних заходів.

### **Висновки до розділу 2:**

1. При проведенні пошукань були використані загальноприйняті методики лісової пірології.
2. Значна територія лісових екосистем ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство» розташована у районах радіоактивного забруднення.
3. Глобальні зміни клімату призводять до збільшення суми активних температур та зменшення кількості опадів, що негативно позначається на пожежній безпеці.

## РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА ТА ПРОЄКТУВАННЯ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАХОДІВ

### 3.1. Характеристика пожежного стану лісів ДП «Овруцьке СЛГ»

Противопожежне регулювання включає комплекс правових, організаційно-технічних, лісогосподарських та інших заходів, спрямованих на запобігання пожежам, обмеження їх поширення, зниження пожежної безпеки в лісових екосистемах, підвищення вогнестійкості насаджень, своєчасне визначення пожеж та їх знищення. Заходи щодо захисту лісів від пожеж розробляються з урахуванням економічних, біологічних і екологічних характеристик лісового фонду.

Розподіл площі земель лісогосподарського призначення за класами пожежної небезпеки показаний на рис. 3.1.

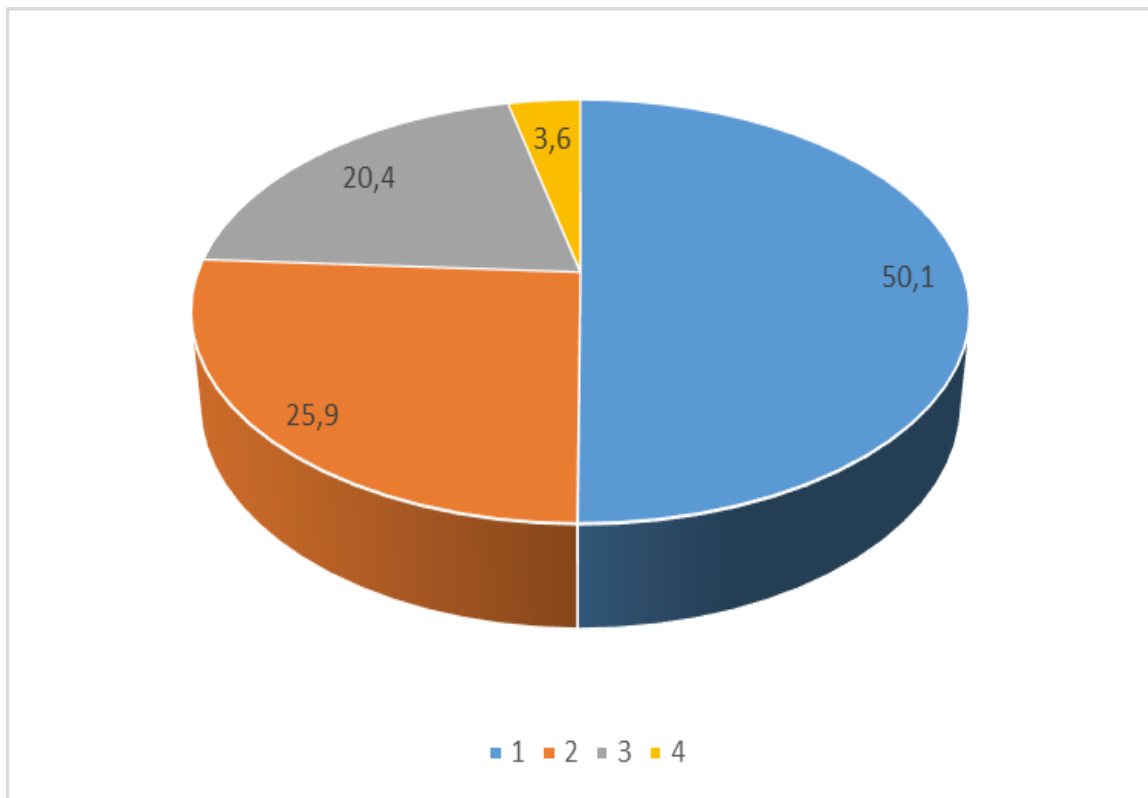


Рис. 3.1. Розподіл площі земель лісогосподарського призначення за класами пожежної небезпеки, %

Площа підприємства визначається в середньому 1,77 класом пожежної небезпеки, через те, що є наявною велика частина лісових ділянок, основою яких є шпилькові пристигаючі (36,8%), середньовікові (27,0%) насадження і молодняки (18,4%), великим рекреаційним навантаженням на лісові екосистеми, а також за умови включення високкого рівня щільності забруднення радацією.

### 3.2. Заходи по попередженню лісових пожеж в умовах підприємства

Пожежна безпека в лісі повинна бути забезпечена шляхом проведення профілактичних заходів, оперативного виявлення і ліквідації лісових пожеж на території лісового фонду [16]. Для цього необхідно розробити оперативні протипожежні плани, встановити правила лісопожежній служби в залежності від пожежної небезпеки і фактичного вигорання лісів, регламентувати відвідування лісових масивів, контролювати дотримання правил пожежної безпеки і ряд інших заходів (табл. 3.1) [16].

Таблиця 3.1

#### Обсяги запроектованих заходів з протипожежного впорядкування

| Найменування                                              | Одиниці вимірювання | Існує | Проектується | Прийнято 2-ою л/в нарадою | Термін виконання |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|-------|--------------|---------------------------|------------------|
| <b>1. Попереджувальні протипожежні заходи</b>             |                     |       |              |                           |                  |
| 1.1. Встановлення протипожежних вітрин                    | шт.                 | 1     | 1            | 1                         | щорічно          |
| 1.2. Встановлення попереджувальних аншлаків               | шт.                 | 50    | 50           | 50                        | рев.період       |
| 1.3. Устаткування місць відпочинку і паління              | шт.                 | 10    | 10           | 10                        | -*_-             |
| 1.4. Встановлення шлагбаумів                              | шт.                 | 40    | 40           | 40                        | -*_-             |
| 1.5. Протипожежна пропаганда                              | тис.грн.            | 2,0   | 2,0          | 2,0                       | щорічно          |
| <b>2. Обмежувальні протипожежні заходи</b>                |                     |       |              |                           |                  |
| 2.1. Створення мінералізованих смуг                       | км                  | 80    | 80           | 80                        | щорічно          |
| 2.2. Догляд за мінералізованими смугами                   | км                  | 240   | 240          | 240                       | -*_-             |
| <b>3. Будівництво об'єктів протипожежного призначення</b> |                     |       |              |                           |                  |
| 3.1. Ремонт і утримання доріг протипожежного призначення  | км                  | 1     | 1            | 1                         | щорічно          |

| Найменування                                                   | Одиниці вимірювання | Існує | Проектується | Прийнято 2-ою л/в нарадою | Термін виконання |
|----------------------------------------------------------------|---------------------|-------|--------------|---------------------------|------------------|
| 3.2. Будівництво протипожежних водоймищ                        | шт.                 |       | 2            | 2                         | рев.період       |
| 3.3. Будівництво під'їздів до водоймищ                         | шт.                 |       | 2            | 2                         | -*-              |
| 4. Дозорно-сторожові протипожежні заходи                       |                     |       |              |                           |                  |
| 4.1. Утримання ЛПС                                             | шт.                 | 2     | 2            | 2                         | щорічно          |
| 4.2. Організація пунктів зосередження протипожежного інвентарю | пункт               | 6     | 6            | 6                         | -*-              |
| 4.3. Утримання тимчасових пожежних сторожів                    | чол.                | 9     | 9            | 9                         | -*-              |
| 4.4. Організація ДПД                                           | шт/чол.             | 6/30  | 6/30         | 6/30                      | -*-              |
| 4.5. Утримання протипожежних спостережних пунктів              | шт.                 | 3     | 3            | 3                         | -*-              |
| 5. Придбання протипожежного обладнання                         | тис.грн.            | 5,0   | 5,0          | 5,0                       | -*-              |

Разом з тим, якщо проаналізувати звіт пожежного стану за останні 4 роки, ми побачимо, що більшість заходів є недовідомими, або їх недостатньо для збереження і охорони лісу від пожеж (табл. 3.2).

У 2017 та 2018 році лісові пожежі не зафіксовані працівниками підприємства. Перша за все на нашу думку потрібно звернути увагу, що за 2 останні роки згоріло майже 10 % території спецлісгоспу, що завдало близько 90 млн грн прямих та майже 17 млн грн побічних збитків. Відомо, що під час цих пожеж згоріла територія кількох сіл, де до сих пір не отримано компенсації від держави.

Важливим також є показник переданих справ для відшкодування збитків. Цей показник складає 74 справи за 2 роки. Але жодних відшкодувань підприємство не отримало загалом.

Також не менш важливими є причини виникнення пожеж. У Розділі 1 ми говорили про те, що значна кількість вчених вважають однією із найбільш впливових причин виникнення лісових пожеж саме зміни клімату і глобальне потепління. Але згідно із табл. 3.2 ми бачимо, що за 2 роки було здійснено 42

підпали, 2 підпали сільськогосподарських користувачів та 23 пожежі виникла з вини населення [9].

Таблиця 3.2

## Звіт по лісовим пожежам по ДП «Овруцьке СЛГ» з 2017 по 2020 рр.

| Роки                                     |                          | 2019            | 2020         | Разом       |        |    |
|------------------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|-------------|--------|----|
| Погашено пожеж за участю ДСНС            |                          | 0               | 5            | 5           |        |    |
| Виникло пожеж по Держлісагенств у        | кількість                |                 | 5            | 69          | 74     |    |
|                                          | площа, га                | всього          | 13,2         | 3694,9      | 3708,1 |    |
|                                          |                          | в т.ч. верхова  | 0            | 402         | 402    |    |
| Відпрацьовано на пожежах Держлісагенства | людиноднів               | ДАЛРУ           | 65           | 870         | 935    |    |
|                                          |                          | ДСНС            | 0            | 48          | 48     |    |
|                                          |                          | інші            | 9            | 0           | 9      |    |
|                                          | машинозмін               | Держлісагенства | пож. автом.  | 8           | 68     | 76 |
|                                          |                          |                 | інш. техніка | 10          | 84     | 94 |
|                                          |                          | ДСНС            | пож. автом.  | 0           | 21     | 21 |
|                                          |                          |                 | інші техніка | 0           | 0      | 0  |
|                                          |                          | інші            | пож. автом.  | 2           | 0      | 2  |
|                                          |                          |                 | інші техніка | 1           | 0      | 1  |
|                                          |                          |                 | всього       | пож. автом. | 10     | 89 |
| інші техніка                             |                          |                 |              | 11          | 84     | 95 |
| Орієнтовні збитки, тис. грн              | прямі                    | 11              | 88989,9      | 89000,9     |        |    |
|                                          | побічні                  | 50              | 16748,3      | 16798,3     |        |    |
| Передано справ для стягнення збитків     |                          | 5               | 69           | 74          |        |    |
| Відшкодовано збитків                     |                          | 0               | 0            | 0           |        |    |
| Причини виникнення пожеж                 | підпали                  | 0               | 49           | 49          |        |    |
|                                          | сільгосп. пали           | 0               | 2            | 2           |        |    |
|                                          | з вини населення         | 5               | 18           | 23          |        |    |
|                                          | від грози                | 0               | 0            | 0           |        |    |
|                                          | з вини інших організацій | 0               | 0            | 0           |        |    |
|                                          | інші                     | 0               | 0            | 0           |        |    |

На нашу думку, доцільним та навіть необхідним є розробка сучасної системи моніторингу за виникненням та розповсюдженням пожеж.

### **3.3. Пропозиції щодо удосконалення профілактичних попереджувальних протипожежних заходів**

Дуже важливо знати причини пожеж, щоб розробити стратегії ліквідації їх кількості. Точність детальних даних та записів, які ведуть працівники лісгоспів та державної служби надзвичайних ситуацій, дуже важлива. Без розуміння причин пожеж неможливо розробити ефективні стратегії профілактики. З іншого боку, вводити загальні статистичні дані про причини пожежі в усі чутливі до пожежі регіони буде оманливим. Відсоток причин пожежі різниться залежно від району через соціально-економічні та екологічні умови регіонів.

Точні причини більшості пожеж невідомі, хоча вони спричинені людиною. Більшість пожеж спричинені недбалістю та необережністю. Це означає, що стратегії профілактики повинні бути зосереджені на підвищенні обізнаності громадськості та цільових груп. Випалювання в сільському господарстві все ще залишається вагомою причиною лісових пожеж.

На нашу думку, було б доцільно для моніторингу пожеж у лісах підприємства встановити оптичні датчики і цифрові камери. В даний час доступні два різні типи сенсорних мереж для виявлення пожежі, камер спостереження та бездротової сенсорної мережі. Розвиток датчиків, цифрової камери, обробки зображень та промислових комп'ютерів призвів до розробки системи оптичного, автоматизованого раннього розпізнавання та попередження лісових пожеж.

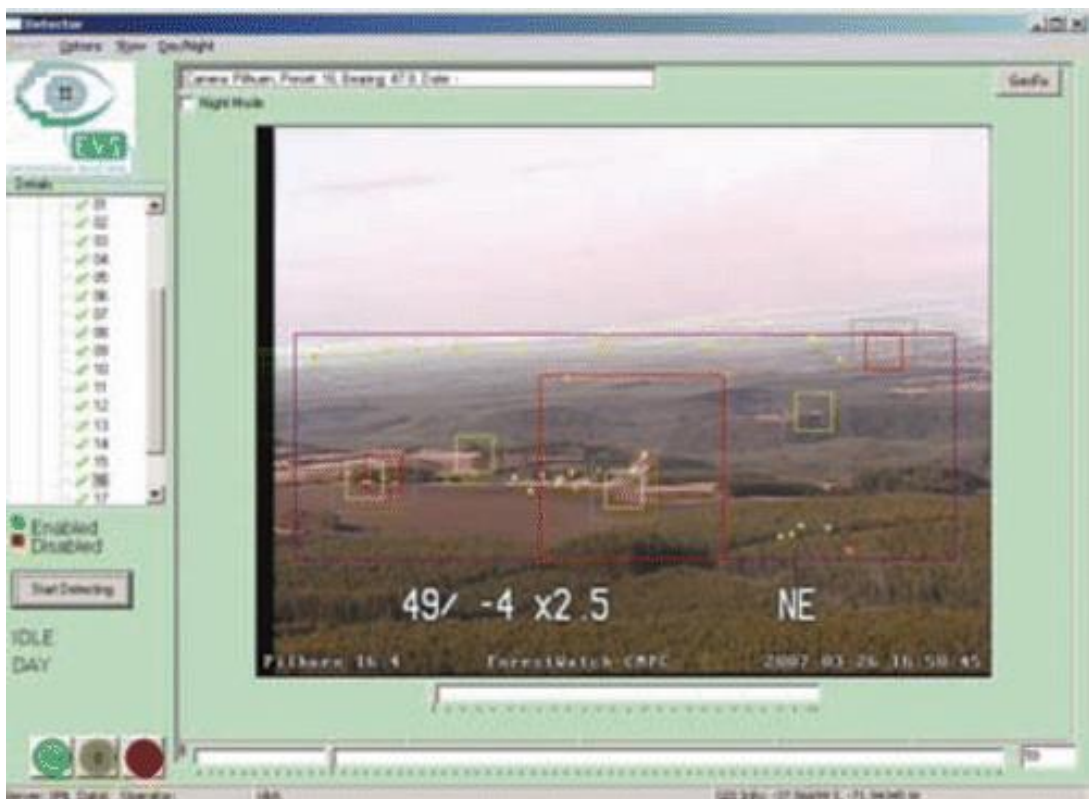
У наземних системах можуть використовуватися різні типи датчиків виявлення:

- відеокамера, чутлива до видимого спектра диму, що впізнається вдень, а вогонь – вночі,
- інфрачервоні (ІЧ), тепловізійні камери, засновані на виявленні теплового потоку вогню,
- ІЧ-спектрометри для виявлення спектральних характеристик диму,



- системи виявлення та вимірювання світла - LIDAR (виявлення світла та дальності), які вимірюють лазерні промені, відбиті від частинок диму.

Варіанти оптичних систем, що працюють за різними алгоритмами, розробленими виробниками, мають однакову загальну концепцію виявлення диму та вогню. Просто камера щоразу створює зображення. Зображення складається з певної кількості пікселів, де блок обробки відстежує рух на зображеннях і перевіряє, скільки пікселів містить дим або вогняне світіння, а потім блок обробки відправляє результати для іншого алгоритму, щоб вирішити, подавати сигнал тривоги чи ні оператору. Більшість оптичних систем потрібно інтегрувати з географічними картами з міркувань локалізації (рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Система ForestWatch**

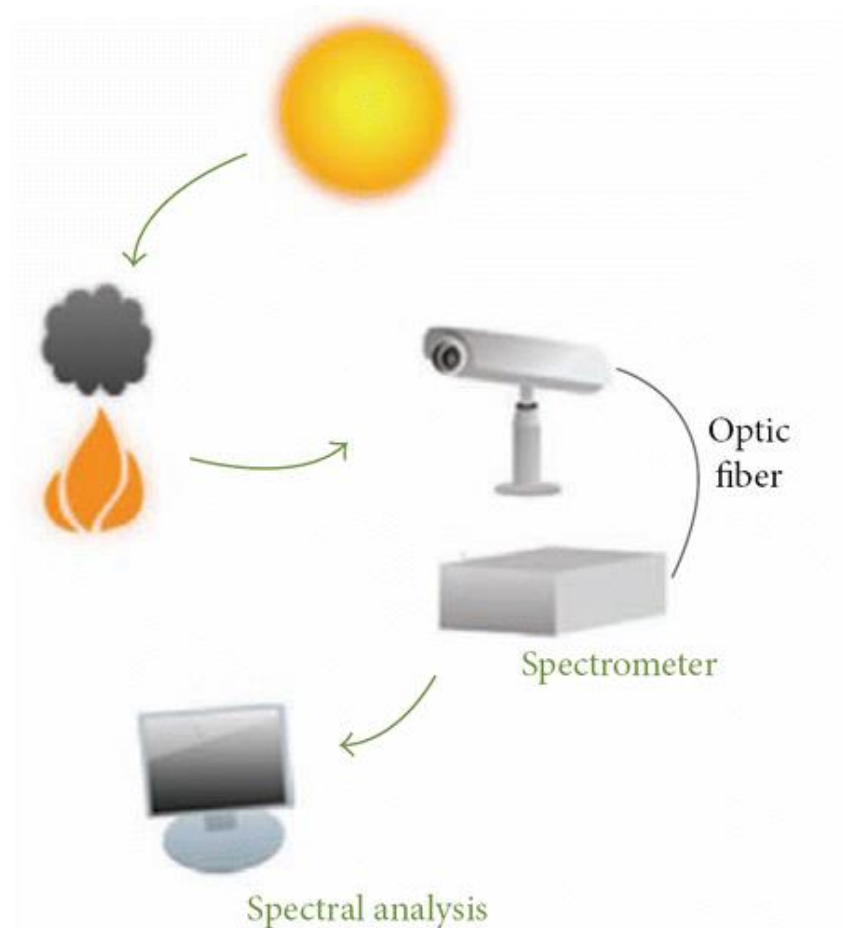
Використання даного типу камери чи датчика залежить не тільки від конкретних умов експлуатації, але й від наявних фінансових ресурсів. Але, за 2 роки більше 110 млн грн завдано збитків лише по ДП «Овруцьке СЛГ»

(табл. 3.2). Тому будь яка система моніторингу, яка здатна на ранніх етапах виявити лісову пожежу, дуже швидко окупиться і стане рентабельною.

AlarmEYE – це система відеозображення для раннього виявлення лісових пожеж, інтегрована з інфрачервоним, чорно-білим та кольоровим виявленням частот. Його інфрачервоний варіант дозволяє розрізнити зображення полум'я та теплої пари. Ця система складається з камери (кольорова вдень і наднизька світло-сіра шкала вночі), метеостанції, датчика виявлення освітлення, блоку зв'язку (0,25 Мбіт / с), енергосистеми.

До системи можуть бути додані теплові камери або камери зі збільшеним нахилом. Компанія EYEfi не пропонує автоматичного виявлення диму, але планує впровадити його колись найближчим часом. Просто EYEfi може надавати зображення для пожежних служб, коли оператор помічає задимлення, а також може використовувати програмне забезпечення EYEfi для використання карти ГІС та визначення місця диму на землі. Метеостанція та детектор освітлення включені в систему для більшої точності.

Наступна система – це Forest Fire Finder. Ця оптична система має абсолютно різні техніки і являє собою систему, засновану на інтелектуальному аналізі атмосфери замість виявлення диму або вогняного світіння. Шукач лісових пожеж відстежує, як атмосфера поглинає сонячне світло, що залежить від хімічного складу атмосфери. Різний склад має різну поведінку поглинання, тому Forest Fire Finder може розпізнавати органічний дим від спалених дерев та промисловий дим в межах 15 км. Обладнання можна встановити в кронах дерев для швидшого виявлення, і ця система використовується в португальських лісах (рис. 3.3).



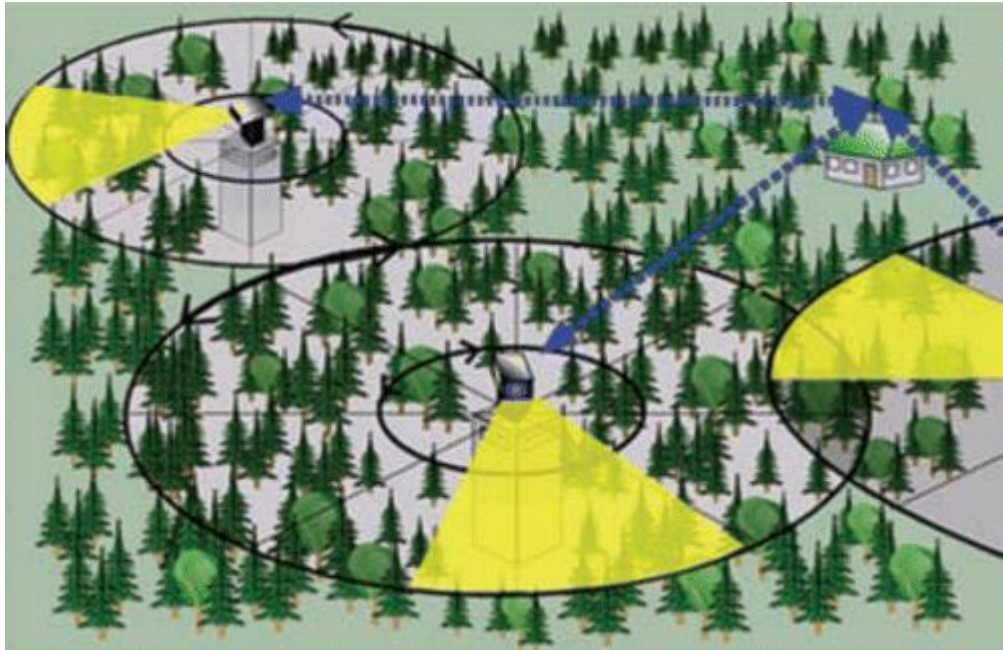
**Рис. 3.3. Механізм роботи системи Forest Fire Finder**

FireHawk. Система управління ризиками, яка забезпечує розташування пожежі, складається з наступних трьох рівнів: візуальний шар являє собою встановлення камер у відповідних місцях, шари зв'язку встановлюють бездротову лінію, шар машинного зору - це шар, де FireHawk використовує програмне забезпечення ForestWatch та ГІС, щоб вказати місце розташування та найкоротший шлях до пожежі.

FireWatch – це автоматична система виявлення диму, яка може ідентифікувати дим в межах 10–40 км. Він вивчався роками (з 1992 р.) У Німеччині, і зараз його виробляє Німецький аерокосмічний інститут (DLR).

Оперативні системи FireWatch використовуються в Німеччині (178 веж, 22 диспетчерські), Естонії (5 веж, 1 диспетчерська), Кіпрі (2 вежі, 1 диспетчерська) та Мексиці (1 вежа, 1 диспетчерська). Пілотні системи (1 або 2 вежі) використовуються в Чехії, Португалії, Іспанії, Італії, Греції та США.

Огляд системи FireWatch представлений наступним чином: система оптичних сенсорів (OSS). Кожна OSS обертається на  $360^{\circ}$  кожні 4-6 хвилин вдень та 8-12 хвилин вночі з кроком  $10^{\circ}$ . Передача даних OSS відбувається за допомогою бездротового підключення до основного комп'ютера на підприємстві (рис. 3.4).



**Рис. 3.4. Принцип роботи системи FireWatch**

Якщо датчик виявляє хмару або стовп диму, інформація передається до центрального управління боротьби з лісовими пожежами через ISDN (64 біти) або радіопередачі 1 Мбіт / с; його можна передавати через 3G, але не рекомендується.

Дві системи вважаються доречними для реальної зайнятості в умовах більшості європейських країн FireWatch та ForestWatch. Обидві системи мають довгостроковий розвиток і все ще вдосконалюються; обидва вони протестовані та комерційно використовуються у багатьох країнах світу.

**Висновки до розділу 3:**

1. Площа підприємства визначається в середньому 1,77 класом пожежної небезпеки, через те, що є наявною велика частина лісових ділянок, основою яких є шпилькові породи.
2. У 2017 та 2018 році лісові пожежі не зафіксовані працівниками підприємства. За 2019 та 2020 роки згоріло майже 10 % території спецлісгоспу, що завдало близько 90 млн грн прямих та майже 17 млн грн побічних збитків.
3. Для моніторингу пожеж у лісах підприємства доцільно встановити комплексно або поетапно наступні системи моніторингу лісових пожеж: система ForestWatch, AlarmEYE, Forest Fire Finder, FireHawk або FireWatch.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи провели аналіз пожежного стану лісів ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство». Отримали наступні результати:

1. Вивчення виникнення лісових пожеж є доволі актуальним, адже вони впливають на стан здоров'я населення, на збільшення захворюваності гострих респіраторних захворювань.

2. Прогнозування розповсюдження диму від пожежі та самих лісових пожеж слугує основним методом зменшення збитків та витрат на боротьбу з ними.

3. Для прогнозування та виявлення лісових пожеж доцільно використовувати більш точні математичні моделі та сучасні технології, такі як LiDAR, Faster R-CNN, DDDAS та ін.

4. При проведенні пошукань були використані загальноприйняті методики лісової пірології.

5. Площа підприємства визначається в середньому 1,77 класом пожежної небезпеки, через те, що є наявною велика частина лісових ділянок, основою яких є шпилькові породи.

6. У 2017 та 2018 році лісові пожежі не зафіксовані працівниками підприємства. За 2019 та 2020 роки згоріло майже 10 % території спецлісгоспу, що завдало близько 90 млн грн прямих та майже 17 млн грн побічних збитків.

7. Для моніторингу пожеж у лісах підприємства доцільно встановити комплексно або поетапно наступні системи моніторингу лісових пожеж: система ForestWatch, AlarmEYE, Forest Fire Finder, FireHawk або FireWatch.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балабух В. О., Зібцев С. В. Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж у північно-чорноморському регіоні України. Укр. гідрометеорол. ж., 2016, № 18. С 60-71.
2. Борсук О. А. Комплексна оцінка пожежної небезпек лісів зон відчуження чорнобильської аес. Науковий журнал «Ukrainian Journal of Forest and Wood Science», [S.l.], n. 187, січ. 2015. ISSN 2664-4460. Доступно за адресою: <<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lisivnytstvo/article/view/981>>. Дата доступу: 13 лис. 2020
3. Васильєв С. В. Передбачення кромки вигорання при лісовій пожежі / С. В. Васильєв, О. В. Шоман // Вестн. Херсон. гос. техн. ун-та. - 2003. - № 3. - С. 59-63
4. Євдін О. М. Забезпечення захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій Т. 1. Техногенна та природна небезпека / О. М. Євдін, В. В. Могильниченко, М. А. Скидан, Е. О. Рибаківа; Всеукр. НДІ цив. захисту населення і територій від надзв. ситуацій техноген. та природ. характеру МНС. - К. : КІМ, 2007. - 636 с.
5. Данилова С. С., Николаєва В. М. Обнаружение лесных пожаров. Методы тушения лесных пожаров/ Аллея науки. 2018. Т. 3. № 10 (26). С. 380-383.
6. Зібцев С. В., Сошенський О. М., В. В. Гуменюк, Корень В. А. Багаторічна динаміка лісових пожеж в Україні. Vol. 10, № 3, 2019 «UKRAINIAN JOURNAL OF FOREST AND WOOD SCIENCE» 27-40.
7. Зібцев С. В. Проблема радіаційних лісових пожеж на землях, забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС / С. В. Зібцев // Наук. вісник НАУ. – 2007 – Вип. 104. –С. 88–93.
8. Захарчук А.В. Протипожежні заходи в лісах країн Європейського Союзу. Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських

- ресурсів: зб. матеріалів всеукр. наук.-практ. конф., 25 вересня 2020 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 103–105.
9. Захарчук А. В. Аналіз пожежного стану лісів у ДП «Овруцьке спеціалізоване лісове господарство». *Ліс, Наука, Молодь* : матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції, 24 листопада 2020 р., м. Житомир : ЖНАЕУ, 2020. С. 56–57.
  10. Кузик А.Д. Оцінювання пожежної небезпеки лісів за умовами погоди // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип.21.1. – С. 74-81.
  11. Кузик А.Д. Про методи гасіння лісових пожеж // Пожежна безпека, № 3, 2003. – С. 118-120.
  12. Літвін М.В. Розробка тактико-технічних рішень гасіння лісової пожежі: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.26.03 / М.В. Літвін ; Харк. держ. техн. ун-т буд-ва та архіт. Х., 1998. 16 с.
  13. Маринич А.М. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / А.М. Маринич, В.М. Пашенко, П.Г. Шищенко // К.: Нак. думка, 1985. – 224 с.
  14. Мелехов И.С. Лесная пирология. – М.: МЛТИ, 1978. – 71 с.
  15. Плугатар Ю. В. Вплив пожеж на лісові формації гірського Криму / Ю. В. Плугатар, А. Г. Рудь, В. В. Папельбу // Агроекол. журн.. - 2008. - № 4. - С. 16-19.
  16. Пояснювальна записка по веденню лісового господарства у ДП «Овруцьке СЛГ», 2009. 150 с.
  17. Правила пожежної безпеки в лісах України. – Наказ Держлісгоспу України №278 від 27.12.2004 р.
  18. Полонська А., Чегус В., Захарчук А. Наслідки пожеж в об'єктах природно-заповідного фонду та їхній вплив на біорізноманіття. Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку та інших природоохоронних територій : зб. матеріалів міжнар. наук. конф., 10–13 вересня 2020 р. Львів : СПОЛОМ, 2020. С. 91–92.



19. Радованович М. Встановлення функціональної залежності між виникненням лісових пожеж і характеристиками сонячної активності на основі DATA MINING / М. Радованович, Я. І. Виклюк, Т. Б. Леко // Мат. машини і системи. - 2015. - № 2. - С. 71-84.
20. Свириденко В.Є., Бабіч О.Г., Швиденко А.Й., Лісова пірологія. - К.: Агропромвидав України, 1999. – 172 с.
21. Усцький І.М., Плутагар Ю.В., Папельбу В.В. Вплив пожеж на ліси та післяпожежний розвиток // Лісівництво і агролісомеліорація. – Х., 2008. – Вип. 112. С. 179-184.
22. Шубкин Р. Г. Многовековая хронология лесных пожаров как исходные данные для прогнозирования крупномасштабных лесных пожаров на примере Байкальского региона. Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций. Сборник статей по материалам VI Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 57-58.
23. Яворовський П. П. Аналіз пожежостійкості лісів України в умовах змін клімату. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво.-2015.-Вип. 216 (1).-С. 88-92.
24. Al Janabi S., Al\_Shourbaji I., Salman M. A. Assessing the suitability of soft computing approaches for forest fires prediction. *Applied Computing and Informatics*. Volume 14, Issue 2. 2018. Pages 214-224. <https://doi.org/10.1016/j.aci.2017.09.006>.
25. Artès T., Cardil A., Cortés A., Margalef T., Molina D., Pelegrín L., Ramírez J. Forest Fire Propagation Prediction Based on Overlapping DDDAS Forecasts. *Procedia Computer Science*. Volume 51. 2015, Pages 1623-1632. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.294>.
26. Badia A., Gisbert M. LiDAR technology to map forest continuity: A municipality tool to prevent forest fires in a Wildland–Urban interface. *Applied*

*Geography*. Volume 114. 2020, 102134.  
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102134>.

27. Bayo A., Antolín D., Medrano N., Calvo B., Celma S. Early detection and monitoring of forest fire with a wireless sensor network system. *Procedia Engineering*. Volume 5. 2010, Pages 248-251.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.09.094>.

28. Balabukh V., Malytska L. Impact of climate change on natural fire danger in Ukraine. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. Vol. 121, No. 4, October – December, 2017, pp. 453–477.

29. Cannon J.B., Gannon B. M., Feinstein J. A. Wolk B.H. An Effects Assessment Framework for Dry Forest Conservation. *Rangelands*. Volume 41, Issue 5. 2019, Pages 205-210. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2019.07.002>.

30. Cencerrado A., Cortés A., Margalef T. Prediction Time Assessment in a DDDAS for Natural Hazard Management: Forest Fire Study CaseI. *Procedia Computer Science*. Volume 4. 2011, Pages 1761-1770.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2011.04.191>.

31. Dermek M. The Parameters of the Optimal Method of Water Transport to Forest Fires. *Procedia Engineering*. Volume 192. 2017, Pages 96-100. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.017>.

32. Díaz-Ramírez A., Tafoya L. A., Atempa J. A., Mejía-Alvarez P. Wireless Sensor Networks and Fusion Information Methods for Forest Fire Detection. *Procedia Technology*. Volume 3. 2012, Pages 69-79.  
<https://doi.org/10.1016/j.protcy.2012.03.008>.

33. Igarashi Y., Onda Y., Wakiyama Y., Konoplev A., Zheleznyak M., Lisovyi H., Laptev G., Damiyanovich V., Samoilov D., Nanba K., Kirieiev S. Impact of wildfire on <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr wash-off in heavily contaminated forests in the Chernobyl exclusion zone. *Environmental Pollution*. Volume 259. 2020, 113764. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113764>.

34. Maffei C., Menenti M. Predicting forest fires burned area and rate of spread from pre-fire multispectral satellite measurements. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Volume 158. 2019, Pages 263-278. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.10.013>.
35. Mligo C. Post fire regeneration of indigenous plant species in the Pugu Forest Reserve, Tanzania. *Global Ecology and Conservation*. Volume 18. 2019, e00611. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00611>.
36. Nurdiana A., Risdiyanto I. Indicator Determination of Forest and Land Fires Vulnerability Using Landsat-5 TM Data (Case Study: Jambi Province). *Procedia Environmental Sciences*. Volume 24. 2015, Pages 141-151. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.019>.
37. Pinto G.A.S.J., Rousseu F., Niklasson M., Drobyshev I. Effects of human-related and biotic landscape features on the occurrence and size of modern forest fires in Sweden. *Agricultural and Forest Meteorology*. Volume 291, 2020. 108084. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108084>.
38. Ribeiro-Kumara C., Köster E., Aaltonen H., Köster K. How do forest fires affect soil greenhouse gas emissions in upland boreal forests? *Environmental Research*. Volume 184. 2020, 109328. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109328>.
39. Ukrainian Hydrometeorological Center. Режим доступу: [https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate\\_stations/51/8/](https://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/51/8/)
40. Varela N., Díaz-Martinez, Jorge L., Ospino A., Zelaya N. Wireless sensor network for forest fire detection. *Procedia Computer Science*. Volume 175, 2020, Pages 435-440.
41. Viegas D., Raposo J., Figueiredo A. Preliminary Analysis of Slope and Fuel Bed Effect on Jump Behavior in Forest Fires. *Procedia Engineering*. Volume 62. 2013, Pages 1032-1039. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.158>.

42. Wang S., Hu Y. A forest fire rescue strategy based on variable extinguishing rate. *Alexandria Engineering Journal*, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.10.050>.
43. Yuchi W., Yao J., McLean K. E., Stull R., Pavlovic R., Davignon D., Moran M. D., Henderson S. B. Blending forest fire smoke forecasts with observed data can improve their utility for public health applications. *Atmospheric Environment*. Volume 145. 2016, Pages 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.09.049>.
44. Żmihorski M., Hebda G., Eggers S., Månsson J., Abrahamsson T., Czeszczewik D. Early post-fire bird community in European boreal forest: Comparing salvage-logged with non-intervention areas. *Global Ecology and Conservation*. Volume 18. 2019, e00636. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00636>.
45. Zhang Q., Lin G., Zhang Y., Xu G., Wang J. Wildland Forest Fire Smoke Detection Based on Faster R-CNN using Synthetic Smoke Images. *Procedia Engineering*. Volume 211. 2018, Pages 441-446. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.034>.
46. Zhang Y., Hu H., Wang Q. Carbon Emissions from Forest Fires in Great Xing'an Mountains from 1980 to 2005. *Procedia Environmental Sciences*. Volume 10. Part C. 2011. Pages 2505-2510. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.390>.