

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет лісового господарства та екології
Кафедра експлуатації лісових ресурсів
та деревообробних технологій

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Мазур Денис Андрійович

УДК 630: 546.79: 504.064.3 (477)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Стан лісопожежної обстановки на території
Чорнобильського радіаційно-екологічного
біосферного заповідника**

Спеціальність 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

_____ Д.А. Мазур

Науковий керівник
Зимароєва А.А.
к.б.н., доцент

Житомир-2021

Висновок кафедри _____
за результатами попереднього захисту: _____

Протокол засідання кафедри _____
№ _____ від « _____ » _____ 20__ р.
Завідувач кафедри _____

_____ (науковий ступінь, вчене звання) _____ (підпис) _____ (прізвище ,ім'я, по батькові)
« _____ » _____ 20__ р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувач вищої освіти _____ захистив (ла)
(прізвище ,ім'я, по батькові)

кваліфікаційну роботу з оцінкою:
сума балів за 100-бальною шкалою _____

за шкалою ECTS _____

за національною шкалою _____

Секретар ЕК

_____ **Н.М. Білецька** _____
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

АНОТАЦІЯ

Мазур Д.А. Стан лісопожежної обстановки на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

Великі пожежі є найбільшою загрозою для Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та його біорізноманіття, оскільки під час них може відбуватися повторний перерозподіл радіонуклідів. Метою цієї роботи є аналіз стану лісопожежної ситуації на території Чорнобильського біосферного радіаційно екологічного заповідника протягом 1993 – 2020 років, та визначення причин основних виникнення катастрофічних пожеж 2020 року. Протягом 1993 – 2020 років на території зони відчуження трапилося 1702 пожежі, якими було пройдено 88424,7 гектари радіоактивно забруднених земель. Площа території пройденої вогнем у квітні 2020 року становила 51806,5 га. Встановлено, що одними з основних причинами виникнення пожеж на території Заповідника були аномально тепла та безсніжна зима 2019 – 2020 років. Так, протягом 2019 року зареєстровано лише 61% середньорічної норми опадів та вищу на 2,6°C за норму середню річну температуру повітря. Метеоумови холодного періоду року сприяли висиханню горючих матеріалів та підвищенню рівня пожежонебезпеки. До причин виникнення катастрофічних пожеж призвело також і дуже низька зволоженість заплавлених річок, водно-болотних угідь і торфовищ, а також пересихання деяких протипожежних водойм і невеликих водних об'єктів, що значно ускладнило проведення протипожежних заходів.

Ключові слова: лісові пожежі, зона відчуження, Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник, пожежна безпека.

ANNOTATION

Mazur D.A. The state of the forest fire risks on the territory of the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 205 – Forestry. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

Large fires are the biggest threat to the Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve and its biodiversity, as they can cause the redistribution of radionuclides. The purpose of this work is to analyze the state of the forest fire situation on the territory of the Chernobyl Biosphere Radiation Ecological Reserve during 1993 - 2020, and to determine the main reasons for the catastrophic fires in 2020. During 1993-2020, 1,702 fires occurred in the exclusion zone, which covered 88,424.7 hectares of radioactively contaminated land. The area covered by the fire in April 2020 was 51,806.5 hectares. One of the main causes of fires in the Reserve was abnormally warm and snowless winter 2019 - 2020. Thus, during 2019, only 61% of the average annual precipitation rate was registered and the average annual air temperature was 2.6 ° C higher than the norm. The meteorological conditions of the cold period of the year contributed to the drying of combustible materials and increased the level of fire danger. The catastrophic fires were also caused by the very low humidity of floodplains of rivers, wetlands and peatlands, as well as the drying up of some fire reservoirs and small bodies of water, which greatly complicated the implementation of fire prevention measures.

Keywords: forest fires, exclusion zone, Chernobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve, fire safety.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1. Можливості використання геоінформаційних систем (ГІС) для оцінки пожежонебезпечності лісів.....	9
1.2. Особливості Чорнобильської зони відчуження як об'єкту посиленого протипожежного захисту.....	13
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	18
2.1. Коротка характеристика чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника.....	18
2.2. Природно-екологічні умови ЧРЕБЗ.....	20
2.2. Методи досліджень.....	22
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	24
3.1. Динаміка виникнення та розповсюдження пожеж на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника...	24
3.2. Аналіз причин виникнення пожеж 2020 року та їх погодних передумов.....	31
ВИСНОВКИ.....	35
РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37
ДОДАТКИ.....	42

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ЗВ – зона відчуження;

ДСНС – Державної служби з надзвичайних ситуацій;

ПЧ – паливні частинки;

ЧРЕБЗ – Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник;

ДСП – державне спеціалізоване підприємство;

ЗВіЗБ(О)В – зона відчуження і зона безумовного (обов'язкового) відселення;

ДАЗВ – Державне агентство України з управління зоною відчуження;

ПЗФ – природно-заповідний фонд;

АЕС – атомна електростанція;

ДСКП – державне спеціалізоване комплексне підприємство.

УкрНДІЛГА – Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації імені Г. М. Висоцького;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

ГІС – геоінформаційні технології

БЛА – безпілотні літальні апарати.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Виникнення та поширення пожеж на територій зони відчуження є негативним явищем, з точки зору екології та радіології, оскільки вони спричинюють погіршення радіоекологічної ситуації та потенційно викликають повторний перерозподіл радіонуклідів [9]. Зазвичай, середня площа пожежі у зоні відчуження є значно вищою, ніж у в лісах Державного агентства лісових ресурсів України [3]. Така ситуація спричинена меншою (у 5 – 6 разів) чисельною кількістю лісової охорони на 1 га лісу, обмеженим фінансуванням охорони лісу від пожеж та складнішими лісівничими й радіаційними умовами. Великі пожежі є найбільшою загрозою для Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника та його біорізноманіття, оскільки під час них у повітря з димом потрапляє велика кількість радіоактивних речовин, які можуть бути перенесені на значні відстані та викликати вторинне забруднення території. Саме тому, дослідження присвячені аналізу причин пожеж, особливостей їх локалізації та динаміки на території чорнобильської зони відчуження є безумовно актуальними.

Метою цієї роботи є аналіз стану лісопожежної ситуації на території Чорнобильського біосферного радіаційно екологічного заповідника протягом 1993 – 2020 років, та визначення причин основних виникнення катастрофічних пожеж 2020 року.

Завданнями роботи є:

- оцінити стан лісопожежної обстановки зони відчуження у динаміці за кількістю пожеж та її площею;
- встановити найпоширеніші типи ландшафтів, де фіксувалися пожежі;
- виявити найбільш пожежонебезпечні місяці року;
- проаналізувати розподіл за площею лісових пожеж у зоні відчуження;
- встановити причини виникнення наймасштабніших пожеж 2020 року.

Об'єкт дослідження – стан лісопожежної ситуації на території зони відчуження.

Предмет дослідження – пожежна небезпека в екосистемах Чорнобильського біосферного радіаційно екологічного заповідника.

Методи дослідження. З метою проведення аналізу пожеженебезпечності лісів, а також динаміки виникнення пожеж за роками, були опрацьовані акти випадків лісових пожеж ДСП «Північна пуща» протягом 1993 – 2011 рр., бази даних лісового фонду зони відчуження, а також динаміка кліматичних даних, отриманих з метеостанції Чорнобиль. У ході виконання роботи також були проведені натурні обстеження згарищ та здійснені необхідні виміри, а також застосовані методи аерофотозйомки на основі використання БЛА.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

1. Рожок О.А., Мазур Д.А. Оцінка протипожежних заходів ДП «Овруцьке ЛГ». *Екологія. Наука. Практика.* – 2021.: XVII Всеукр. наук.-практ. конф. (21 травня 2021 р.). Житомир: Поліський університет, 2021. С. 58.

2. Мазур Д.А. Можливості використання геоінформаційних систем (ГІС) для оцінки пожеженебезпечності лісів. *Водні і наземні екосистеми та збереження їх біорізноманіття – 2021:* мат. IV Всеукр. наук.-практ. конф. (16 – 18 червня 2021 р.). Житомир: Поліський університет, 2021. С. 92 – 94.

3. Зимарова А. А., Рожок О. А., Мазур Д. А., Купрійчук Є. Т. Динаміка виникнення лісових пожеж в ДП «Овруцьке ЛГ». *Наукові читання-2021: науково-теоретичний збірник.* Житомир: Поліський національний університет, 2021. с. 15 -17.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені у роботі рекомендації направлені на удосконалення системи пожежної охорони Чорнобильського біосферного радіаційно екологічного заповідника, шляхом впровадження інноваційної системи виявлення пожеж та нових стратегій та тактик гасіння пожеж у зоні радіоактивного забруднення.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота виконана на 48 сторінках друкованого тексту, складається із вступу, 3 розділів, висновків, списку використаної літератури, додатків. Текст ілюстрований 2 таблицями і 10 рисунками. Список літератури містить 42 найменування.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Можливості використання геоінформаційних систем (ГІС) для оцінки пожежонебезпечності лісів

Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій охоплюють різноманітні області діяльності людини, у тому числі і лісове господарство. Проведення заходів з охорони лісів від пожеж неможливе без відповідного програмного забезпечення [20]. Для вирішення задач, що пов'язані з охороною лісу від пожеж, необхідний швидкий розвиток комп'ютерної техніки та інформаційних систем, поява геоінформаційних систем (ГІС), що забезпечують використання просторово-часової інформації. Комп'ютерні технології, що засновані на застосуванні ГІС, забезпечуючи збір, зберігання, моделювання, аналіз і представлення різноманітної інформації про ліси та процеси і явища, що в них відбуваються, все більш широко застосовуються практично у всіх країнах світу в системі збору інформації про ліси і в процесах прийняття управлінських рішень з охорони та боротьби з лісовими пожежами [2].

В умовах формування нових вимог до якості інформації про стан лісових ресурсів виникає необхідність створення інформаційної системи захисту лісу від пожеж, яка інтегрує інформаційні потоки у лісогосподарській діяльності, що дозволяє приймати оптимальні управлінські рішення. ГІС захисту лісів від пожеж призначена для вирішення широкого спектру задач, пов'язаних з попередженням, запобіганням і ліквідацією наслідків лісових пожеж. Одна з основних умов вирішення задачі попередження лісових пожеж – оцінка пожежонебезпечності лісу [22].

У світі існує багато програмних продуктів, що направлені на підтримку управлінських рішень із захисту лісу від пожеж. Зокрема, у Канаді розроблено дві національні оперативні системи для управління лісовими пожежами: канадська інформаційна система з лісових пожеж (Canadian Wildland Fire Information System – SWFIS) і система моделювання, моніторингу і картування пожеж (Fire M3) [26]. Обидві системи включають у себе класифікацію лісових

ділянок для спрощення роботи лісівників. Ці системи ґрунтовані на компонентах канадської системи оцінки лісової пожежної небезпеки (Canadian Forest Fire Danger Rating System – CFFDRS) та програмному забезпеченні системи просторового управління пожежами (Spatial Fire Management System – sFMS) для отримання, управління, моделювання, аналізу та презентації даних. Канадська система використовується в США, Новій Зеландії, Фіджі, Аргентині, Мексиці, Індонезії, Малайзії, Фінляндії і Швеції [35]. Канадська методика прогнозування лісової пожежної безпеки побудована на великій кількості статистичних даних і достатньо точно прогнозує пожежну небезпеку [6].

У США в 1972 році була створена система National Fire Danger Rating System (NFDRS) [26]. Структура американської системи являє собою абстрактну модель впливу різних факторів та умов на процес виникнення і розповсюдження пожеж.

В Україні впровадженням ГІС технологій в лісову сферу займається виробниче об'єднання (ВО) «Укрдержліспроєкт» та УкрНДЛГА.

Функціональна структура ГІС-моніторингу лісових пожеж визначається переліком завдань обліку, планування, оперативного регулювання, контролю і аналізу, що вирішуються в рамках загальної системи управління заходами щодо захисту населення, об'єктів і територій від ландшафтних пожеж. ГІС включає в себе п'ять підсистем:

- 1) оцінки і прогнозу пожежної небезпеки;
- 2) моніторингу процесів виникнення і розвитку лісових пожеж;
- 3) моніторингу процесів попередження, виявлення та ліквідації лісових пожеж;
- 4) інтелектуальної підтримки управлінських рішень;
- 5) оцінки наслідків лісових пожеж і результатів функціонування системи захисту від лісових пожеж.

Виявлення і розвідка лісових пожеж, контроль за їх станом, до теперішнього часу в основному виконується візуально за димовою колоною днем і за полум'ям в темний час доби. Поєднання візуальних та інструментальних

методів, використання космічних засобів дозволить істотно розширити контрольовану територію лісового фонду, підвищити періодичність спостереження, оперативність виявлення пожеж, точність визначення розмірів пройденої вогнем площі і завданої шкоди.

Аналіз даних дистанційного зонування землі (ДЗЗ) дозволяє проводити моніторинг та оцінювати наслідки пожеж за ступенем пошкодження рослинного покриву та ґрунту – «burn severity» [34]. Розрахунок цього показника проводиться за космічними знімками на основі аналізу взаємозв'язку між ступенем ушкодження рослинності, який можна встановити в реальних умовах (ступінь дефоліації та усихання дерев) та спектральними характеристиками/каналами зображення. Для цього було запропоновано використовувати низку індексів, найважливішим з яких став індекс NBR (Normalized Burn Ratio). Він розраховується за даними ближнього та короткохвильового інфрачервоного каналів космічних знімків (для даних Landsat 8 OLI: канали 5 – NIR (0,85–0,88 мкм) та 7 – SWIR2 (2,11–2,29 мкм)) (формула 1.1.):

$$NBR = 1000 \cdot \frac{(NIR - SWIR2)}{(NIR + SWIR2)} \quad (1.1.)$$

Наведене співвідношення дає чисельну оцінку ступеня пошкодження пожежею екосистем, але при цьому найкращі результати оцінок забезпечує різниця індексу до ($NBR_{prefire}$) та після пожежі ($NBR_{postfire}$)

$$dNBR = NBR_{prefire} - NBR_{postfire}$$

В даний час накопичений великий практичний досвід використання індексу dNBR для оцінки наслідків пожеж у соснових лісах північної та західної частини США [28], а також для інших територій [33].

З точки зору періодичності оновлення, інформація в ГІС-моніторингу лісових пожеж підрозділяється на умовно-постійну, сезонну і оперативну. Умовно постійні дані оновлюються рідше одного разу на рік. Сезонні дані змінюються один або кілька разів протягом року. Оперативні дані змінюються з

частотою один або кілька разів на добу. Вся інформація накопичується в банку даних, структура якого істотно залежить від розглянутого рівня ГІС і утворює сукупність атрибутивних даних, цифрових карт і супутникових зображень. Фактологічна (атрибутивна) ГІС включає дані про лісові пожежі, метеорологічні дані, дані про ресурси служби охорони, дані про ліси і нормативно-довідкову інформацію.

Картографічна частина банку даних ГІС включає цифрові карти наступних основних типів: топографічна основа, адміністративний поділ, виробнича організація території.

Інформація, що надходить, попередньо обробляється і підвантажується в спеціалізований ГІС-сервер, де відбувається автоматичне оновлення баз даних і картографічних покриттів, доповнення архівів, а також формування інформаційних продуктів у вигляді растрових зображень цифрових карт і таблиць і передача їх на WWW-сервер. По завершенні цих процедур користувачі в Центральній базі авіаційної охорони лісів отримують доступ по локальній обчислювальній мережі до оперативних даних у вигляді ГІС, а користувачі Internet - до інформаційних продуктів на WWW-сервері.

При застосуванні ГІС-технологій для прийняття рішення потрібні мінімальні часові показники, що дозволить уникнути колосального збитку, жертв і руйнувань.

Таким чином, одним з перспективних напрямків виявлення і ліквідації лісових пожеж в початковий період, що доповнює наземне та авіаційне виявлення, є використання інформації, отриманої за допомогою сучасних супутникових систем. Для цього необхідно створити систему моніторингу лісових пожеж, що включає в себе:

- геоінформаційний апаратно-комунікаційний комплекс;
- програми обробки цифрової супутникової інформації;
- технологію використання супутникової інформації з метою оперативного виявлення лісових пожеж та стеження за лісопожежною ситуацією на всій території лісового фонду України.

1.2. Особливості Чорнобильської зони відчуження як об'єкту посиленого протипожежного захисту

Зона відчуження та зона безумовного (обов'язкового) відселення (далі – зона відчуження (ЗВ)) є частиною території України, яка зазнала найбільшого радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської аварії, з якої було евакуйовано у 1986 році та переселено населення у 1991–1994 роках. [30, 31]. Основна маса ^{90}Sr , $^{238-241}\text{Pu}$ і ^{241}Am під час аварійного викиду знаходилася в матриці частинок опроміненого ядерного палива – паливних частинок (ПЧ), які внаслідок високої щільності та обумовленої цим швидкості гравітаційного осадження, переважно, випали у зоні відчуження [32, 35, 29, 27].

Більше половини території ЗВ (240 570 га) в даний час вкрито лісами (150013 га), в яких переважає сосна звичайна (59.5%) та береза (25.7%). Запас деревини в лісах складає близько 30 млн. м³ [15].

Практично повне розчинення гарячих паливних частинок у кислих ґрунтах хвойних лісів ЗО призвело нині до вилугування довгоживучих радіонуклідів із матриці паливних частинок та включення їх у біогеохімічний кругообіг [33]. У лісовій підстилці залежно від її типу, потужності, структури, наявності чи відсутності мохів, а також деревостану та підліску через 35 років після Чорнобильської аварії може перебувати до половини активності ^{90}Sr та ^{137}Cs від їх вмісту у ґрунті, а також щонайменше 1% $^{238-241}\text{Pu}$ та ^{241}Am , які містяться в нижній гумифікованій частині підстилки [24, 18, 40, 38].

При лісових і лугових пожежах відбувається витік радіонуклідів в атмосферу в парогазовій фазі (^{137}Cs і меншою мірою ^{90}Sr), а також разом з попелом та золою у вигляді аерозолів субмікронного та мікронного розміру, що містять ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{241}Pu та α -випромінюючі радіонукліди. Це призводить до збільшення об'ємної активності радіонуклідів у приземному шарі повітря в десятки та тисячі разів, що може становити небезпеку для учасників пожежогасіння та персоналу в ЗВ за рахунок інгаляції радіоактивних аерозолів та обумовленого цим внутрішнього опромінення [5, 4]. В результаті пожеж у зоні

відчуження може відбуватися збільшення вертикальної міграції радіонуклідів за рахунок зміни їхньої фізико-хімічних форм.

У 1993–2016 роках у зоні відчуження було офіційно зафіксовано понад 1300 природних пожеж різного виду, тяжкості та масштабів, у тому числі у найбільш забрудненій 10-кілометровій ближній зоні аварії [31]. Найбільш пожежонебезпечними місяцями протягом року є квітень-травень та серпень. Пікові великомасштабні пожежі у ЗО сталися у серпні 1992 р. на загальній площі до 17 000 га лук і лісових угідь, включаючи верхову пожежу на площі понад 5000 га [41].

За відсутності традиційної господарської діяльності у ЗВ за 30 останніх років відбувалося інтенсивне накопичення рослинного пального матеріалу в лісах та на луках, що підвищує ризик високоінтенсивних, верхових та масштабних природних пожеж. Наявні потужності, структура та розташування протипожежних підрозділів у ЗВ не відповідають існуючому високому рівню пожежної небезпеки, не забезпечують швидкого реагування та ефективного гасіння у критичних погодних умовах. У середньому одна лісова пожежна станція з двома-трьома застарілими пожежними цистернами, лімітованою кількістю паливно-мастильних матеріалів і п'ятьма-сімом бійцями несе відповідальність за площу понад 65 000 га, тоді як поза зоною відчуження аналогічна зона відповідальності приблизно 15–20 разів менше. Близько третини території ЗВ взагалі не покрито засобами виявлення пожежі (вежами із спостерігачами чи відеокамерами), і майже 23 000 га лісів є недоступними для пожежних машин.

Усі вищезгадані чинники зумовлюють високий ризик виникнення великомасштабних пожеж у ЗВ, найбільша з яких, після 1992 р., сталася наприкінці квітня 2015 року (не враховуючи наймасштабніші пожежі 2020 року, яким саме і присвячена дана робота). За відомостями очевидців та космічними знімками лугова пожежа трав'яної рослинності розпочалася ввечері 26 квітня 2015 року, у річницю Чорнобильської аварії, на важкодоступній частині меліоративної системи нар. Ілля у двох точках з координатами 51.262500° N,

29.831389° E (лівий берег річки) та 51.277500° N, 29.852500° E (правий берег річки). Вогнища пожежі знаходилися на відстані приблизно 1.5 та 3.5 км від села Іллінці (дорога Чорнобиль – КПП «Діброва») у зоні прямої видимості спостережної вишки Луб'янського лісництва (відстань до джерела загоряння близько 4,5 км) комплексу лісового господарства (КЛГ) «Чорнобильська пуща» (нова назва – державне спеціалізоване підприємство «Північна Пуща»). З 27 квітня пожежа поширювалася на значній площі на схід від лісництва у бік пунктів поховання радіоактивних відходів із високими рівнями забруднення рослинності [25]. Пожежа тривала 28–29 квітня навколо Луб'янського лісництва та була локалізована 30.04.2015 р. . Дощ у районі пожежі увечері 29.04.2015 р. (8 мм опадів) сприяв пожежогасінню. Тління на окремих ділянках згарища тривало до 02.05.2015 р.

В аварійній ситуації, пов'язаній із реальним або потенційним опроміненням людей, основні міжнародні стандарти безпеки МАГАТЕ та НРБО-97 вимагають забезпечення оцінки дози опромінення персоналу та населення, а також проведення індивідуального дозиметричного контролю та моніторингу навколишнього середовища [16]. Типовий аварійний план має містити затверджені Міністерством охорони здоров'я України системи оперативного та довготривалого прогнозу дозиметричної обстановки у міру розвитку аварії. У зв'язку з цим ще до початку гасіння пожежі у ЗВ має бути проведена оцінка очікуваних доз опромінення учасників пожежогасіння [1, 7].

Крім цього, для всього аварійного персоналу, задіяного у пожежогасінні, мають бути визначені отримані ним індивідуальні ефективні дози опромінення. Величини ефективних доз від зовнішнього опромінення можна отримати на підставі даних безпосереднього дозиметричного контролю працівників, вимірювання потужності еквівалентної дози у районі пожежогасіння або оцінити її величину на підставі даних про щільність забруднення території пожежі ^{137}Cs . Внутрішні дози опромінення за рахунок інгаляції ^{90}Sr , $^{238-241}\text{Pu}$ та ^{241}Am можна оцінити лише розрахунковим способом або на підставі результатів вимірювань

питомої об'ємної активності цих радіонуклідів у зоні дихання персоналу, що за умов пожежогасіння здійснити вкрай важко.

Радіоекологічні наслідки пожежі, яка сталася у квітні 2015 року в чорнобильській ЗВ детально вивчено у статті Кашпарова та ін. [10]. На підставі обробки космічних знімків ДЗЗ було встановлено, що 26–29 квітня 2015 р. у чорнобильській ЗО сталася найбільша в Україні за попередні 23 роки пожежа лугової та лісової рослинності на площі 10127 га. Під час гасіння цих пожеж сумарна очікувана ефективна доза опромінення від чорнобильських радіонуклідів учасників пожежогасіння при 10-годинному робочому дні перевищувала $D_{\text{Tot}}(t = 40) < 42$ мкЗв (ризик ракових новоутворень оцінюється в 0,041 Зв-1 [36]), що відповідно до чинних норм радіаційної безпеки значно нижче контрольних рівнів індивідуальних доз ($D_{\text{Tot-cont}} = 3000$ мкЗв/рік) опромінення персоналу ЗВ [16, 17]. При лісових пожежах більше половини очікуваної ефективної дози внутрішнього опромінення було зумовлено інгаляцією ^{90}Sr . При лугових пожеж інгаляційне надходження ^{90}Sr , $^{238-241}\text{Pu}$ та ^{241}Am може давати приблизно рівні вклади (третину) в очікувану ефективну дозу внутрішнього опромінення учасників пожежогасіння. Вклад β -випромінюючого ^{241}Pu у формування очікуваної ефективної дози внутрішнього опромінення персоналу в даний час співмірний з вкладом кожного з α -випромінюючих радіоізоотопів плутонію ($^{238, 239, 240}\text{Pu}$) і повинен враховуватися.

Для територій ЗВ навіть на паливних слідах радіоактивних випадань при максимальних рівнях забруднення території ^{90}Sr , $^{238-241}\text{Pu}$ і ^{241}Am по відношенню до ^{137}Cs в даний час при лісових та лучних пожежах ефективна доза від зовнішнього опромінення перевищуватиме очікувані дози від внутрішнього опромінення для учасників пожежогасіння.

Доза зовнішнього опромінення учасників пожежогасіння може бути зменшена за рахунок мінімізації часу перебування на території з високою щільністю забруднення ^{137}Cs та екранування γ -випромінювання матеріалом кабін машин (до 10 разів) при використанні технічних засобів (автомобілів, тракторів

тощо), а також за рахунок поглинання γ -випромінювання в повітрі при застосуванні непрямих методів та авіації для гасіння лісових пожеж.

Доза внутрішнього опромінення учасників пожежогасіння може бути зменшено в десятки та сотні разів за рахунок використання ЗІЗ органів дихання (ефективність утримання радіоактивних аерозолів мікронного розміру фільтрами з тканини Петрянова, яка використовується в респіраторах, перевищує 98%), а також герметизованих кабін машин та механізмів. Слід зазначити, що загальногігієнічні нормативи вимагають застосування ЗІЗ під час гасіння пожеж незалежно від рівнів радіонуклідного забруднення території.

Проведені розрахунки показали, що вторинне перенесення радіоактивних аерозолів за межі чорнобильської ЗВ, що утворилися в результаті пожежі 26–29.04.2015 р. було вкрай незначним і не призвело до статистично достовірного збільшення об'ємної активності ^{137}Cs у повітрі у пунктах моніторингового спостереження. Вторинне радіоактивне забруднення території міста Мозир Республіки Білорусь за рахунок витоку радіонуклідів під час пожежі 26–29.04.2015 р. у ЗВ було у десятки тисяч разів нижче рівнів забруднення території, що існували до Чорнобильської аварії, після глобальних радіоактивних випадань [10].

Поряд із радіологічною небезпекою пожеж на радіоактивно забрудненій території для учасників пожежогасіння, персоналу ЗВ та населення сама інформація про пожежі у чорнобильській зоні має величезне соціально-психологічне значення як для населення України, так і за її межами. У зв'язку з цим особливу актуальність набуває достовірної оцінки масштабів пожеж у ЗО та зумовленої цим радіологічної небезпека для учасників пожежогасіння та персоналу зони відчуження, а також населення.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Коротка характеристика чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

Місцезнаходження чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника – Вишгородський район Київської області, а саме зона відчуження і зона безумовного (обов'язкового) відселення (ЗВіЗБ(О)В). Підрозділи ЧРЕБЗ знаходяться у місті Києві, селищі міського типу Іванкові та безпосередньо на території зони відчуження [11].

Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник – це бюджетна, неприбуткова природоохоронна, науково-дослідна установа загальнодержавного значення, що заснована задля охорони природних комплексів, які найбільш характерні для Українського Полісся, проведення фонових екологічних моніторингу, дослідження компонентів навколишнього природного середовища та їх змін під впливом біотичних та абіотичних факторів.

Заповідник має міжнародний статус, оскільки його включено до Всесвітньої мережі біосферних резерватів у межах програми ЮНЕСКО «The Man and the Biosphere Programme (MAB)» [12].

Заповідник у своїй діяльності підпорядковується Державному агентству України з управління зоною відчуження (ДАЗВ).

Документ «Положення про Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник» містить інформацію про його завдання, наукові напрямки, характер функціонування і режим території [19].

Заповідник має в постійному користуванні площу 226964,7 га земель, що належать державі. До складу Заповідника входять землі, що раніше належали комплексу лісового господарства державного підприємства «Північна Пуща», а саме у повному обсязі входять лісництва: Денисовицьке, Паришівське, Дитятківське, Котовське та Опачицьке, а Луб'янське і Корогодське лісництва – лише частково [13].

Територія Заповідника поділена на такі зони згідно із виконуваними ними функціями: заповідну, буферну; регульованого заповідного режиму; антропогенних ландшафтів (рис 2.1.).

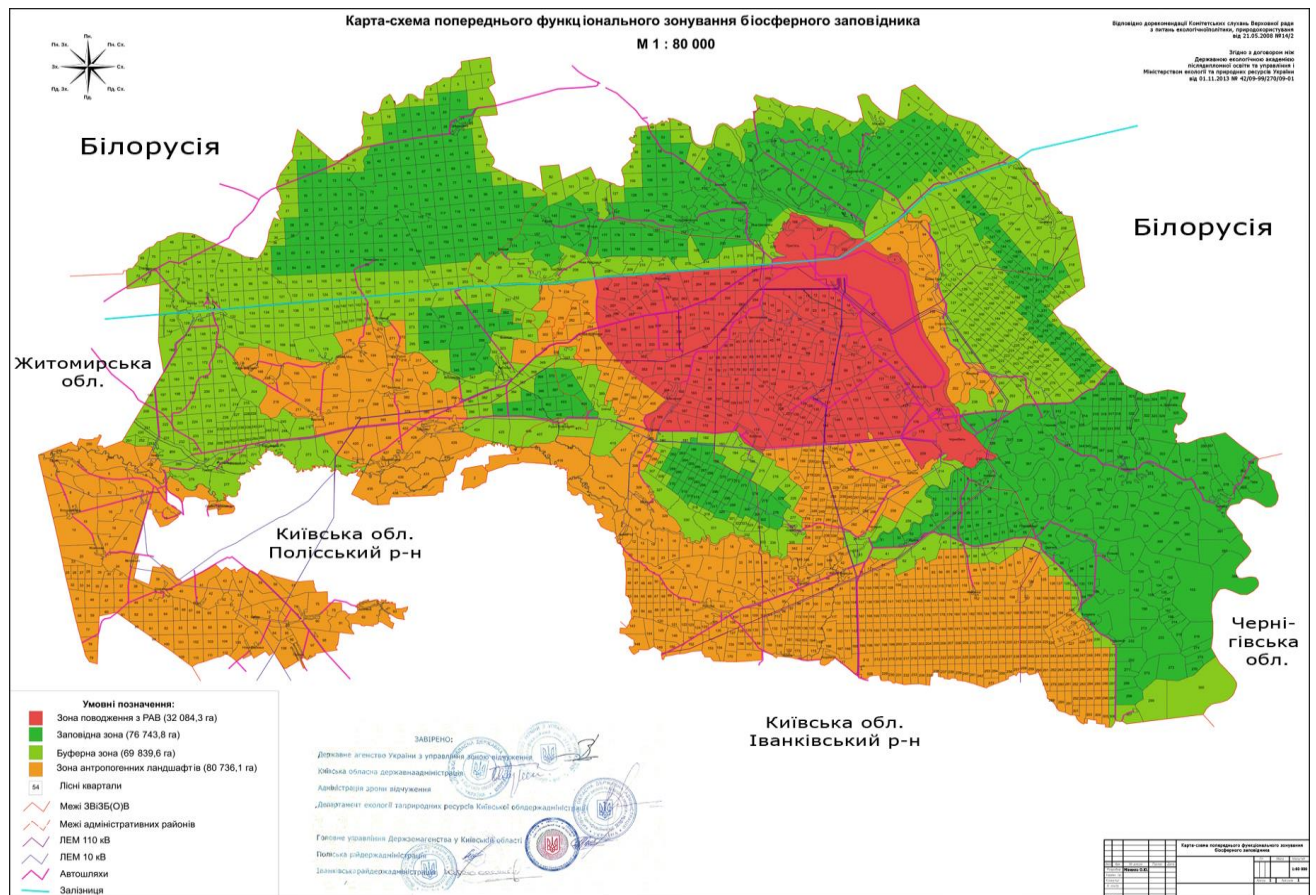


Рис. 3.1. Карта-схема функціонального зонування ЧРЕБЗ

До заповідної зони входять площі, на яких необхідно зберігати та відновлювати найбільш цінні природні та мінімально порушені антропогенними факторами природні комплекси, а також рослинне та тваринне біорізноманіття.

У межах заповідної зони заборонено проводити будь-яку господарську та іншу діяльність, яка не відповідає цільовому призначенню, вносить зміни до природного розвитку процесів та явищ або становить загрозу шкідливої дії на природні комплекси та об'єкти.

До буферної зони належать площі земель, які забезпечують мінімізацію негативного впливу на заповідну зону антропогенної діяльності з прилеглих територій. Ширину цієї зони визначають за глибиною проникнення антропогенної діяльності.

Згідно із «Проектом організації території» до зони регульованого заповідного режиму належать природні та малопорушені антропогенним впливом території, включаючи об'єкти ПЗФ, як: зоологічний заказник загальнодержавного значення "Чорнобильський спеціальний" (48 870,0 га); гідрологічний заказник загальнодержавного значення "Іллінський" (2 000,0 га); лісовий заказник місцевого значення "Пухівський" (13,9 га); ботанічна пам'ятка природи місцевого значення "Вікові дубові насадження" (11,0 га); комплексна пам'ятка природи місцевого значення "Городище" (5 га) тощо.

До зони антропогенних ландшафтів входять території до ведеться традиційне землекористування, лісокористування, водокористування, а також місця для поселення персоналу. В цій зоні забороняється мисливств, а також функціонування екологічно небезпечних виробництв, оскільки це є полігон для проведення моніторингу антропогенної діяльності.

2.2. Природно-екологічні умови ЧРЕБЗ

У районі розташування Заповідника переважає помірно-континентальний клімат, що характеризується теплим літом із великою кількістю опадів, та помірнохолодною зимою. Річна сума сонячної радіація у рік становить – 95-100 ккал/см², а сума радіаційного балансу – приблизно 40 ккал/см². Сонце освітлює територію приблизно 1800 – 1900 годин в рік, з найбільшою кількістю годин у липні (в середньому 290 годин), а найменшою – у грудні (25 годин). Сума температур повітря вище 5°C становить приблизно 2000-22000 , а вище 10°C – 800 – 10000. Кількість днів з температурою повітря в межах від 5 – 15°C становить від 110 до 120, а вище 15°C – від 90 до 100. Вегетаційний період триває 195 днів. Останні весняні приморозки закінчуються до 30 травня, а перші осінні як правило бувають в районі 27 вересня. Середня добова температура повітря весною переходить через позначку 0°C – 21 березня, через 5°C – 11 квітня, через 10°C – 1 травня, через 15°C – 21 травня; восени: через 15°C – 21 серпня, через 10°C – 1 вересня, через 5°C – 21 жовтня, через 0°C – 1 листопада.

В окремі роки бувають атмосферні засухи. Протягом у середньому 3 – 5 днів в рік бувають суховії. Наступні погодні явища спостерігається у середньому протягом року: грози – 25 разів на рік, тумани – приблизно 60 днів, заметілі – 15 днів, відлиги – 36 днів. Стійкий сніговий покрив з'являється в середньому 15 грудня, а руйнується – 10 – 15 березня. Сніговий покривом лежить приблизно 100 днів. Найбільша середньодекадна висота снігового покриву – 30 см.

Отже, район має сприятливий клімат для успішного зростання сосни звичайної, берези, осики, вільхи, дуба тощо, які, утворюють продуктивні деревостани з їх переважанням у складі, залежно від типу ґрунту і рельєфу території.

Згідно із загальною схемою фізико-географічного районування зона відчуження лежить в зоні мішаних лісів помірного поясу, у наступних фізико-географічних районах: Київське Полісся, Новошепелицько-Вільчанський, Чорнобильсько-Чистогалівський, Прип'ятсько-Дніпровський, Базарсько-Іванківський та Нижньотетерівсько-Придніпровський [11].

Переважаючими типами ґрунтів на території зони відчуження є дерново-підзолисті (найбільш поширені), дернові та болотні ґрунти.

Річки, озера, ставки, стариці рік Прип'ять та Уж, водосховище Київської ГЕС, меліоративні канали, водні дзеркала перед фільтраційними дамбами є основними джерелами поверхневих вод зони відчуження.

Річки зони відчуження переважно мають сніговий тип живлення. Стік талих вод складає 60% річного стоку, а решта припадає на ґрунтове і дощове живлення. Внаслідок такого типу живлення відбувається коливання рівня води в поверхневих водоймах протягом року. На підземне живлення припадає 20-33% від загального стоку. Малі річки здебільшого залежать від дощового стоку. Після аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 році на деяких річках (Сахан, Ілля, Брагінка тощо) були побудовані в одному або кількох місцях фільтраційні дамби для зменшення витоку радіоактивних речовин у річку Прип'ять. Це спричинило утворення різних за площею водних дзеркал на річках перед дамбами та зміни

гідрологічного режиму рік. Так, перекриття дамбою річки Брагінка призвело до підтоплення значної площі Паришівського лісництва [11].

У заплавах річок Прип'ять та Уж раніше були побудовані дамби проти повеней. Проте, наразі відсутні роботи по догляду за ними та відсутній необхідний ремонт.

За характером рослинності район розташування ЧРЕБЗ відноситься до зони широколистяних лісів. Раніше цю територію повністю вкривали широколистяні ліси, але на початку ХХ-го століття лісистість впала до 11 – 12%. У 20-х роках минулого розпочалися роботи зі створення лісових культур на цій території, а в 50-60-х роках вони стали масовими. За цей невеликий проміжок площа лісів зростає у 4 рази, а лісистість досягла 50%. Після аварії на ЧАЕС на деяких покинутих сільськогосподарських угіддях відбувалося природне відновлення лісу, внаслідок чого на даний момент лісистість складає 57,8%.

2.3. Методи дослідження

Дані про погодні умови було отримано з метеостанції Чорнобиль Центральної геофізичної обсерваторії ДСНС України. Були опрацьовані дані метеозведень, а також короткострокових прогнозів погоди, на основі яких визначалися ступені пожежонебезпеки лісів.

Інформацію зі статистики пожеж на території ЗВ почала збиратися після заснування лісгосподарського підприємства у 1993 році. З метою проведення аналізу пожежонебезпечності лісів, а також динаміки виникнення пожеж за роками, були опрацьовані акти випадків лісових пожеж ДСП «Північна пуца» протягом 1993 – 2011 рр., бази даних лісового фонду зони відчуження, а також динаміка кліматичних даних за період 1993–2009 рр., отриманих з метеостанції Чорнобиль.

Варто зауважити, що були певні недоліки при ранньому зборі даних про пожежі, зокрема, подекуди не були вказані точні координати локалізації пожежі, також дані за певні роки були визначені як неповні, проте ці факти значуще не вплинули на оцінку протипожежної ситуації на території зони відчуження.

Площі пожеж визначали та оцінювали працівники наукового відділу ЧРЕБЗ у колаборації із Регіональним Східноєвропейським центром моніторингу пожеж. За основу були взяті дані супутникової зйомки та інші дані дистанційного зондування Землі.

Результати ДЗЗ були візуалізовано за допомогою супутникових знімків платформи Sentinel Mission-2, що містяться на веб-сайті: <http://sentinel.spacecenter.gov.ua/>; Landsat 8 OLI/TIRS, Landsat 7 ETM отримані з веб-ресурсу <https://earthexplorer.usgs.gov/>, а також Fire Information for Resource Management System (FIRMS), дані з сайту: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>.

Задля автоматизації збору та систематизації інформації про пожежі було застосовано метод опитувань працівників Заповідника за допомогою мобільного додатку Survey123 від ESRI.

У ході виконання роботи також були проведені натурні обстеження згарищ та здійснені необхідні виміри, а також застосовані методи аерофотозйомки на основі використання безпілотних літальних апаратів. Отримані супутникові знімки високої роздільної здатності були детально проаналізовані та зіставлені з натурними обстеженнями.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Динаміка виникнення та розповсюдження пожеж на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

Пожежі викликають глибоку і тривалу перебудову усіх складових природних екосистем, при цьому підвищується варіабельність конфігурації фітоценозу [39]. Оскільки у лісовій підстилці, живому надґрунтовому покриві та ґрунтах акумульована велика кількість органічних речовин, то їх знищення під час пожежі призводить до підвищення у ґрунтах вмісту зольних елементів і легкодоступних форм азоту, а також збільшення кислотності та середньої температури ґрунту. Під впливом вогню змінюється хімічний склад ґрунту, що веде до розвитку трав'янистої рослинності і більш вираженого дернового циклу ґрунтоутворення. Проте, після відновлення мохів і наступного підкислення ґрунту на зміну приходить підзолистий цикл ґрунтоутворення. Добові коливання показників мікроклімату стають меншими при змиканні трав'янистого ярусу, і лише після змикання деревних культур стають подібними до лісових екосистем [3, 11].

Лісові пожежі інтенсифікують міграцію радіоактивних елементів. Так, вміст радіоактивного цезію у мінеральній частині ґрунту в нормальних умовах становить 20–40 %, а після верхової пожежі – 60–80 %. Внаслідок лісової пожежі руйнуються ґрунтові органо-мінеральні комплекси, озолується органічний матеріал підстилки, що веде до зростання кількості рухливих фракцій ґрунтових компонентів, у складі яких присутні радіонукліди. Отже, лісові пожежі є фактором, який суттєво змінює міграцію та засвоєння радіонуклідів рослинами прилеглих до вигорілого насадження, навіть якщо показники зволоження і складу залишаються незмінними.

Управління зоною відчуження здійснюється як єдиною територіальною одиницею. Зона промислового використання є прилеглою до території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника і не входить до сфери його управління. Проте, пожежі можуть мати напрямок поширення як

з території ЧРЕБЗ в зону промислового використання, так і навпаки, але, в будь-якому разі, вони впливають на компоненти екосистем Заповідника. Тому, ми розглядали пожежі комплексно на всій території ЗВ.

Протягом 1993 – 2020 років на території ЗВ трапилося 1702 пожежі, якими було пройдено 88424,7 гектари площ, що були забруднені радіонуклідами внаслідок аварії на ЧАЕС (Додаток А).

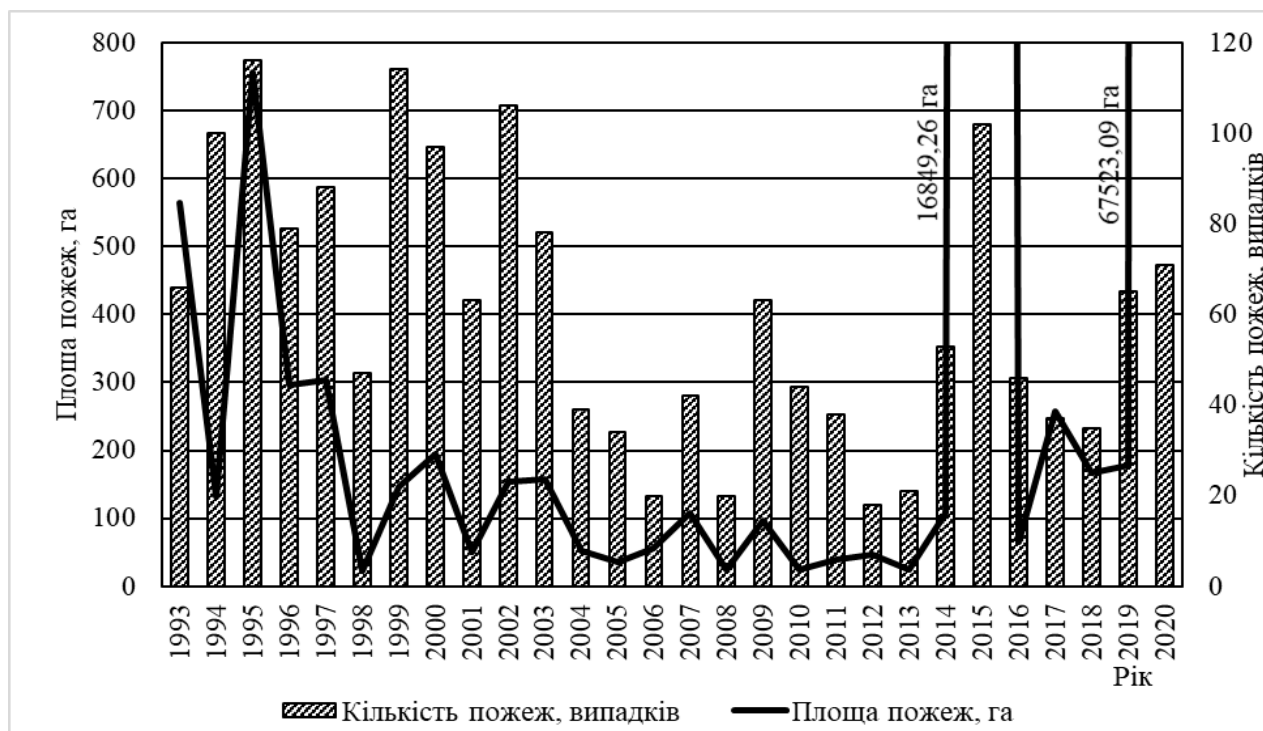


Рис. 3.1. Динаміка кількості та площі пожеж на території чорнобильської зони відчуження протягом 1993-2020 років

Роки, в які кількість та площа пожеж була вищою за попередній та наступний роки ми визначали як пожежні максимуми. З аналізу даних прослідковуються чіткі пожежні піки у 1995, 1999, 2002, 2009, 2015 та 2020 роках (рис. 3.1.). Найбільшу кількість пожеж було зафіксовано у 1999 році (114 шт.), проте середня площа пожеж була незначна – 1,29 га. Значними за площами були пожежі 2015 року, коли вигоріло 16849,26 га території ЗВ, середня площа пожежі складала 165,2 га. Проте, протягом дослідженого періоду найбільш катастрофічні наслідки мали пожежі 2020 року. За 2020 рік у ЗВ виникла 71 пожежа, площа пройдена вогнем становила 67523,09 га, а середня площа однієї

пожежі становила 951,03 га, що не співставно із середніми площами пожеж у попередні роки.

Найпоширенішими типами ландшафтів, де фіксувалися пожежі у 1993 – 2020 роках, були: ліси з переважанням хвойних порід, покинуті населені пункти, перелоги та болота (Додаток Б).

Найбільша кількість за 28 років пожеж виникла на перелогах (815 шт. або 56,2 %), а найменша на болотах (21 шт. або 1,4 %) (рис. 3.2.). Проте, лише 16% пожеж за площею траплялися на перелогах. Загальна кількість випадків пожеж у хвойних лісових масивах становить 513, що складає 35,4 % від їх загальної кількості, натомість площа лісових пожеж найбільша – 85265,94 га або 97,1 %.

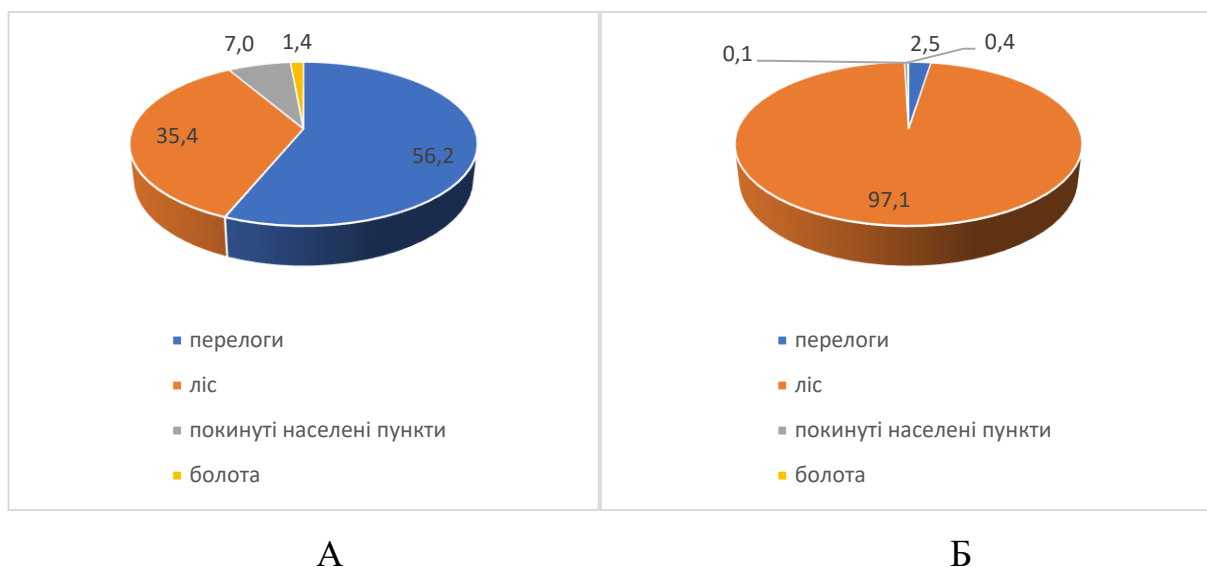


Рис. 3.2. Розподіл кількості випадків пожеж (А) та площі пожеж (Б) у зоні відчуження за типами ландшафтів, %

Кількість пожеж, що розповсюджувалися на території населених пунктів складають 7 % або 101 випадок за досліджений період, а загальна площа пожеж – 330,74 га (0,4%). Найрідше пожежі виникали на болотах – лише у 2 % випадків, а у загальній площі пожеж становили лише 0,1%.

Лісової пожежі мають вищу середню площу порівняно із пожежами в інших типах ландшафтів. Наприклад, середня площа лісової пожежі протягом дослідженого періоду складає 143,33 га, в той час як на перелогах середня площа

пожежі складає приблизно 17,1 га. Проте, якщо виключити із статистики наймасштабніші пожежі 2015 та 2020 років, то середні площі пожеж в лісових насадженнях та на покинутих сільськогосподарських землях складають 2,82 та 2,67 га відповідно.

Варто відмітити тенденцію до поступового збільшення частки пожеж у лісах і зменшення частки пожеж на покинутих сільськогосподарських угіддях в останні роки. Зокрема, до 1999 року частка пожеж у лісах була меншою за 20 %, а після 2005 року їх частка за площею перевищила 50 %, а за кількістю – 40 %. У той самий час, частка пожеж на колишніх сільськогосподарських угіддях на початку дослідженого періоду була від 70 до 90 %, а в останні роки складала 50–60 %, причому частка площі пожеж на перелогох зменшилася останнім часом до 20 % (Додаток Б).

Протягом року найбільша кількість пожеж виникає у квітні і травні (Додаток В). Саме в цей час трапляється до 45% усіх пожеж у ЗВ, а площа пожеж протягом квітня-травня досягла 91,7 %. Найбільш пожежонебезпечний місяць – квітень, в цей місяць сталося 393 пожежі (27,1 %), загальною площею 80059,01 га, середня площа однієї пожежі становить 203,71 га (рис. 3.3.).

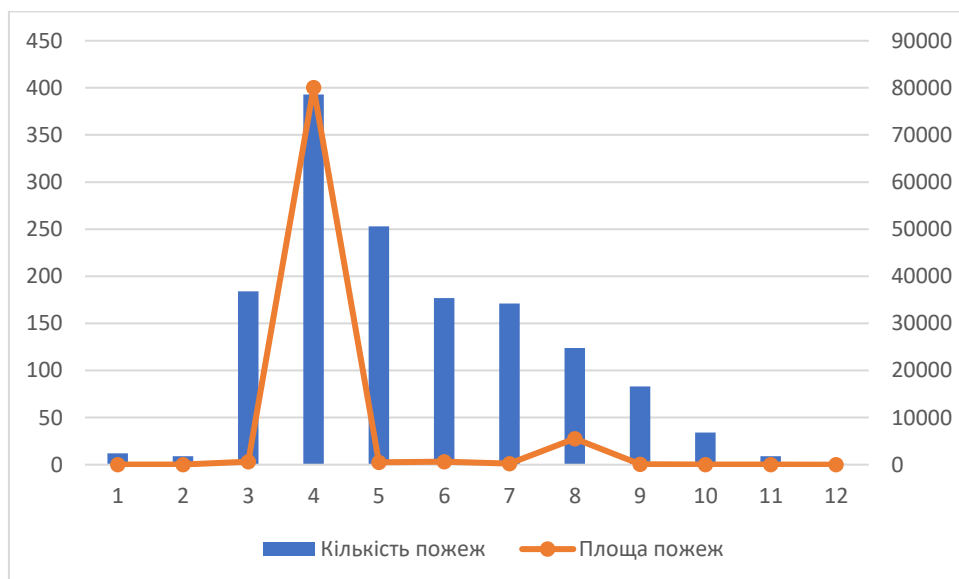


Рис. 3.3. Розподіл кількості (ліва вісь, шт) та площі пожеж (права вісь, га) за місяцями року

Ще один пік пожежної активності траплявся у серпні, середня площа у цей місяць – 44,41 га. Така ситуація обумовлена в основному погодними умовами даних місяців, особливо, тривалим бездошовим періодом та високими середніми температурами повітря. Взимку пожежі вкрай рідке явище, лише 1,5% від загальної кількості пожеж припадає на зимові місяць, а їх частка в загальній площі не перевищує 0,2%.

Незважаючи на те, що пожежі виникали у всіх типах ландшафтів чорнобильської зони відчуження, проте найбільш часто вони відбувалися в місцях скупчення людей, зокрема працівників ЗВ і відвідувачів. Так, найчастіше пожежі траплялися уздовж автомобільних доріг, поблизу населених пунктів, особливо у південній частині території, в місцях примикання до сіл поза межами ЗВ.

Таблиця 3.1. містить дані щодо кількості випадків та площі пройденої вогнем у розрізі лісництв.

Таблиця 3.1

**Розподіл площ і кількості пожеж по лісництвах ЗВ
протягом 1993–2018 рр.**

Підрозділ	Кількість		Площа	
	випадки	%	га	%
Денисовицьке	202	11,87%	22725,46	25,70%
Дитятківське	146	8,58%	4061,2	4,59%
Корогодське	114	6,70%	13406,72	15,16%
Котовське	287	16,86%	6488,71	7,34%
Луб'янське	222	13,04%	36156,22	40,89%
Опачицьке	166	9,75%	282,15	0,32%
Паришівське	238	13,98%	4605,82	5,21%
Не встановлено	327	19,21%	698,44	0,79%
Всього	1702	100,00%	88424,72	100,00%

З таблиці видно, що найбільше випадків пожеж трапляється на території Котовського, Паришівського та Луб'янського лісництв. Катастрофічні пожежі 2015 та 2020 років охоплювали здебільшого території Луб'янського, Корогодського і Денисовецького лісництв. Хоча, Корогодське лісництво характеризується найменшою кількістю пожеж.

Найбільшу небезпеку для Заповідника становлять великі за площею пожежі. Дані про кількість та площу лісових пожеж у зоні відчуження подані у таблиці 3.2. Ми розподілили пожежі за групами для більш детальної частотної оцінки.

Таблиця 3.2.

Розподіл за площею лісових пожеж у зоні відчуження (1993–2018 рр.)

Площа однієї пожежі, га	Кількість пожеж		Площа пожеж	
	випадків	%	га	%
до 5	1311	90,41%	1569,53	1,79%
5,1-10	74	5,10%	584,14	0,67%
10,1-15	24	1,66%	328,5	0,37%
15,1-20	12	0,83%	201,79	0,23%
20,1-25	5	0,34%	92,45	0,11%
25,1-50	10	0,69%	392,22	0,45%
50,1-100	2	0,14%	140	0,16%
100,1-150	1	0,07%	249	0,28%
150-200	2	0,14%	197	0,22%
більше 200	9	0,62%	84071,7	95,72%
Всього	1450	100,00%	87826,33	100,00%

Більшість пожеж (90,4%) на території зони відчуження невеликої площі (до 5 га). Великих пожеж площею 5 – 200 га на території зони відчуження протягом досліджуваного періоду зафіксовано 176 випадків, а особливо великих пожеж, площею більше 200 га – 8 випадків. Хоча, великі пожежі трапляються щорічно, найбільша їх кількість була у 2020 році. Так, минулого року зафіксовано 4 великі лісові пожежі та 5 особливо великих лісових пожеж.

Детальна статистика за пожежами, які були зафіксовані у 2020 році та карта пройдених пожежами територій наведена у Додатку Г та рисунку 3.4.

У результаті пожеж 1992 та 2015 років на території ЧРЕБЗ залишились великі за площею згарища, а у 2020 році утворились нові згарища. Згарища була частково розчищені і заліснені державним спеціалізованим підприємством «Північна Пуца», проте більшість залишили під природне поновлення лісу. Разом із природним лісовідновленням на згарищах відновлюється біологічне різноманіття, яке притаманне типовим екосистемам Полісся.

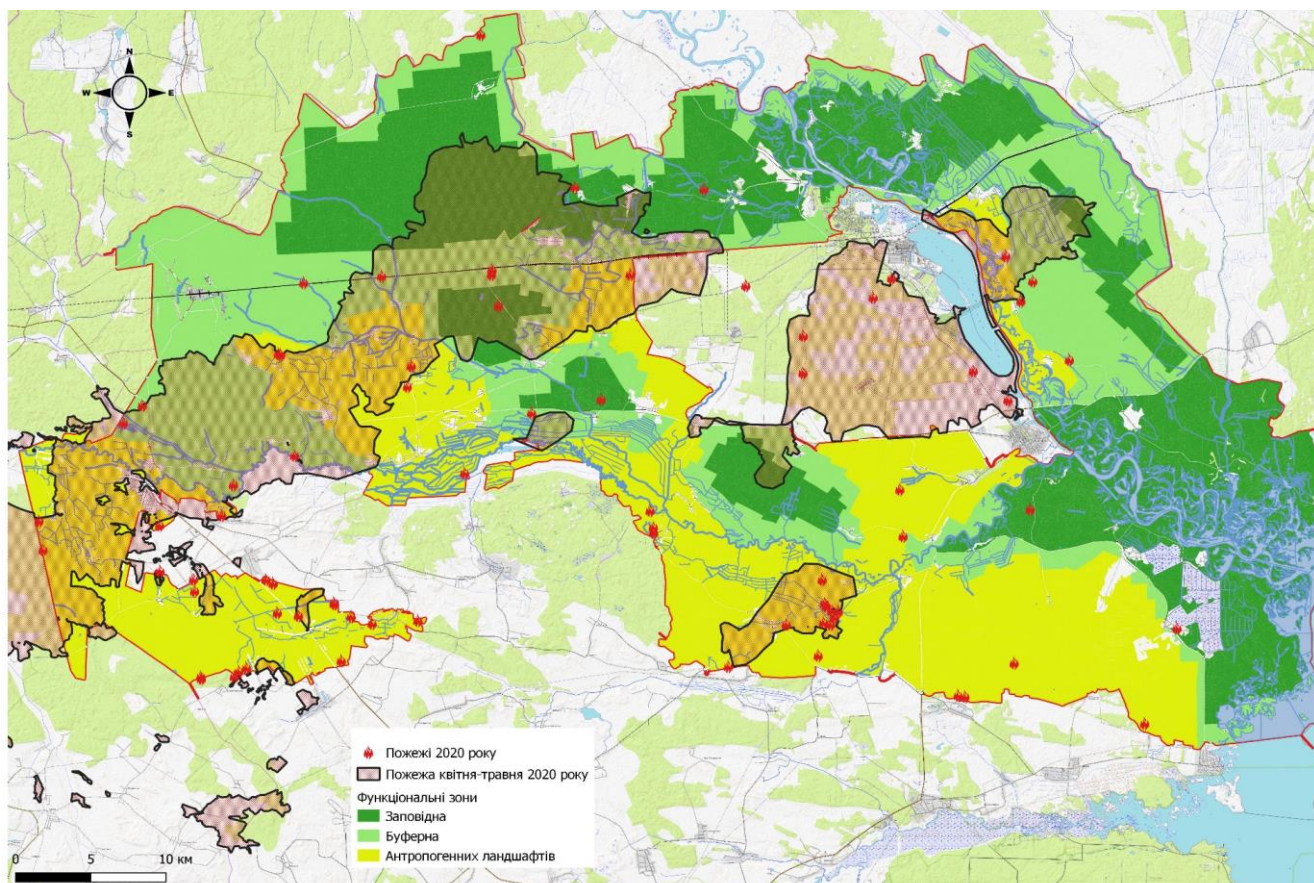


Рис. 3.4. Локалізація осередків пожеж на території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника у 2020 році

Тому, згарища після масштабних пожеж на території ЧРЕБЗ наразі слугують в якості полігонів для дослідження постпірогенного відновлення лісових екосистем та біорізноманіття на землях, забруднених радіонуклідами. Так, на рисунку 3.5. зображено наукові полігони, яких проводиться дослідження особливостей лісовідновлення після пожеж з різним рівнем господарської діяльності. Ділянка на рис. 3.5 А. закладена на місці згарища 1992 року, де раніше був природний хвойний ліс. На підвищених ділянках полігону відбуваються відновлення сосни звичайної, а в низинах - змішаних насаджень осики, берези і сосни. Пробна площа з рис. 3.5.Б також закладена на місці вигорілого у 2015 році соснового лісу. На даній ділянці відбувалося природне лісовідновлення за участю сосни та берези. Проте, у 2020 році пробна площа була повторно пройдена вогнем.



А



Б

Рис. 3.5. Пробні площі для вивчення природного лісовідновлення згарищ.

А – Пробна площа природного поновлення згарища після пожежі 1992 року Коцюбинському лісництві. Б – Пробна площа лісовідновлення згарища 2015 року у Луб'янському лісництві

3.2. Аналіз причин виникнення пожеж 2020 року та їх погодних передумов

У квітні 2020 року чотири великих осередки пожеж зафіксували в Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику. На

території Котовського лісництва 3 квітня 2020 року був зареєстрований початок найбільшої пожежі. Дана пожежа поширилася внаслідок переходу вогню в районі межі з Древланським природним заповідником, а також підпалу сухої трави місцевими жителями поблизу села Рагівка. Друга за розміром пожежа почалася в Дитятківському лісництві внаслідок підпалу сухої трави за границями зони відчуження і переходу вогню на територію ЧРЕБЗ. Причини виникнення третьої великої пожежі, яка розпочалася з Паришівського лісництва, наразі, не встановлені.

Встановлено, що одними з основних причин виникнення пожеж на території Заповідника були аномально тепла та безсніжна зима 2019 – 2020 років. Так, згідно даних метеостанції «Чорнобиль» Українського Гідрометцентру, протягом 2019 року зареєстровано лише 61% середньорічної норми опадів та вищу на 2,6°C за норму середню річну температуру повітря. Метеоумови холодного періоду року сприяли висиханню горючих матеріалів та підвищенню рівня пожежонебезпеки.

Аналіз середніх температур повітря кожної декади протягом листопада-квітня показав їх стабільне перевищення у порівнянні з таким же періодом у минулому році, а також у порівнянні з нормою багаторічного періоду (рис. 3.6.).

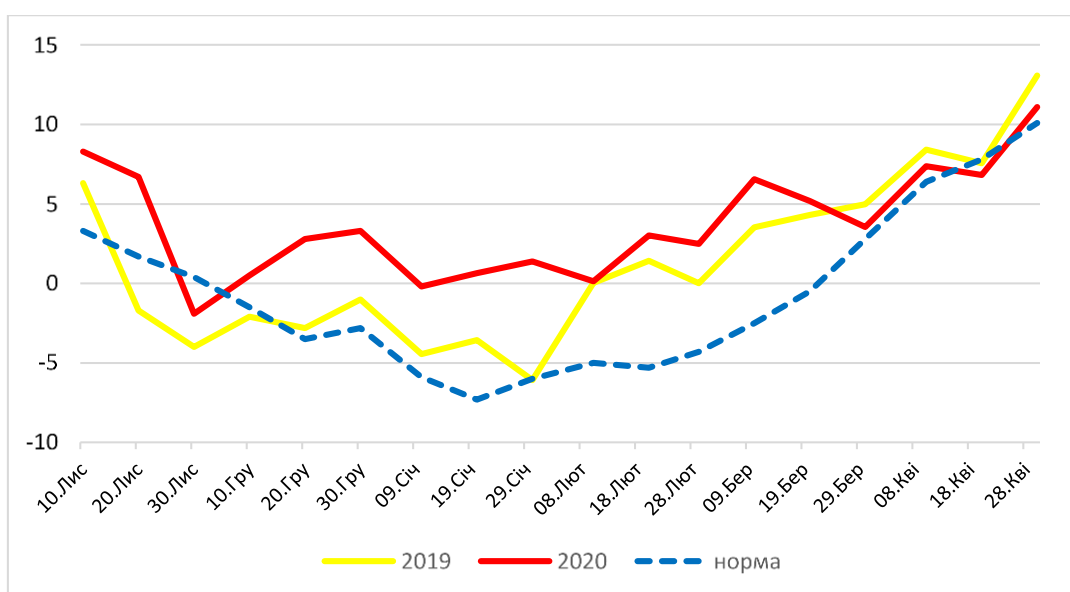


Рис. 3.6. Середня температура повітря за декадами у місті Чорнобиль

Протягом листопада – квітня дефіцит опадів був на 30% більше норми (рис. 3.7). Лісова підстилка, трав'яний покрив та верхній шар ґрунту протягом зими 2019-2020 років були слабо зволожені внаслідок відсутності снігового покриву.

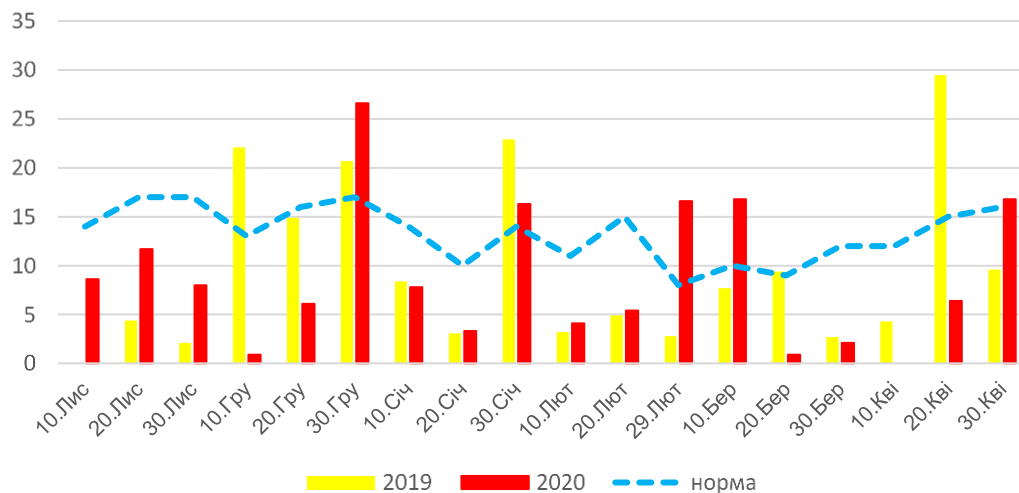
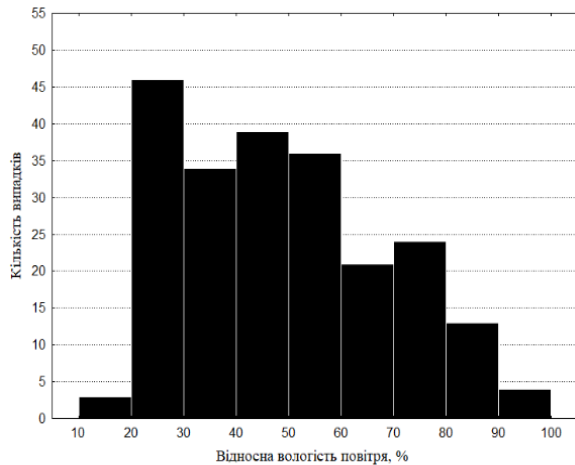


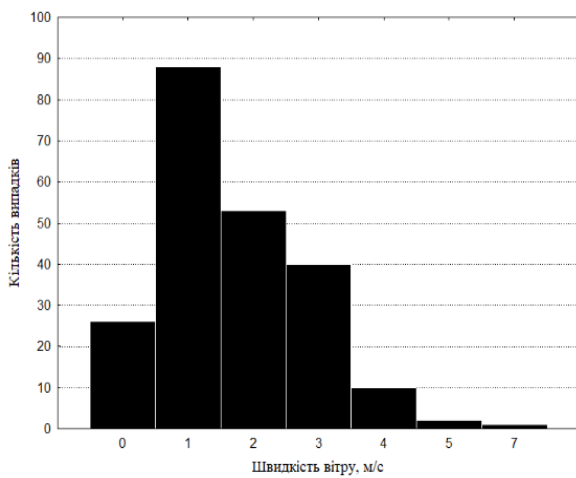
Рис. 3.7. Сума середньодекадних атмосферних опадів згідно даних метеостанції «Чорнобиль»

Протягом квітня переважали низькі значення відносної вологості повітря. Так, вдень значення цього показника складали приблизно 20 – 40%, а зареєстрований мінімум – 16%. Такі метеорологічні умови разом із нехарактерними для даної території високими швидкостями вітру (максимальна швидкість – 18 м/с), обумовлювали швидке поширення пожеж та утруднювали їх ліквідацію (рис. 3.8).

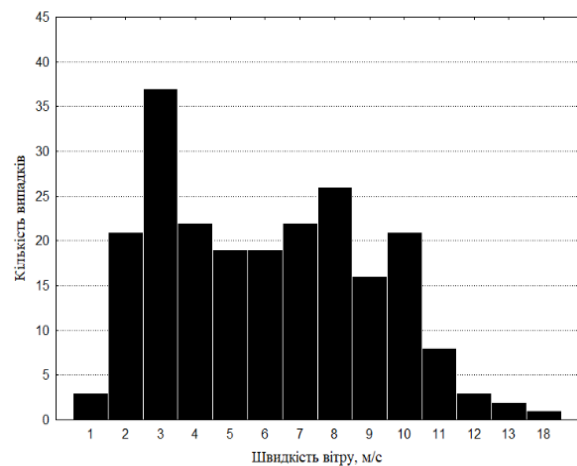
Також, до особливостей зими-весни 2020 року належить вкрай низька водність річок та інших водойм території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника. Такі несприятливі природні умови як: аномально низькі вологозапаси ґрунтів водозборів, дефіцит зимових опадів, низька цементація ґрунту, оскільки його промерзання в окремі дні у січні та лютому було не більше 10 см, призвели до того, що на річці Прип'ять, також на її притоках, не було сформоване весняне водопілля. Це призвело до низької зволоженості заплавлів річок і торфовищ, пересихання деяких протипожежних водойм і невеликих водних об'єктів, що значно ускладнило проведення протипожежних заходів.



A



Б



В

Рис. 3.8. Співвідношення кількості днів з різною вологістю повітря (А), середньою (Б) та максимальною (В) швидкістю вітру у квітні 2020 року

Так, низька водність каналів меліоративної системи «Прип'ятська» призвела до неможливості попередження займання торфовищ, надивлячись на вчасно закриті гідротехнічні споруди, на території районів Крива Гора та Чапаївка. Проте, достатня водність системи «Галло» дозволила обводнити торфовища південніше села Рудня-Іллінецька.

Отже, виникненню масових пожеж особливо великих розмірів у 2015 та 2020 роках передувало формування критичних погодних умов. Площа пожеж окрім погодних умов обумовлювалася також оперативністю дій сил протипожежної охорони лісів. Оскільки, нами не виявлено значних змін у режимі господарювання ЗВ та протипожежному захисті лісів у 2020 році, наразі, існує висока ймовірність повторного виникнення масштабних пожеж.

ВИСНОВКИ

1. Протягом 1993 – 2020 років на території ЗВ трапилося 1702 пожежі, якими було пройдено 88424,7 гектари радіоактивно забруднених земель.

2. З аналізу даних прослідковуються чіткі пожежні піки у 1995, 1999, 2002, 2009, 2015 та 2020 роках. Значними за площами були пожежі 2015 року, коли вигоріло 16849,26 га території ЗВ, середня площа пожежі складала 165,2 га. Проте, протягом дослідженого періоду найбільш катастрофічні наслідки мали пожежі 2020 року.

3. Найпоширенішими типами ландшафтів, де фіксувалися пожежі у 1993 – 2020 роках, були: ліси з переважанням хвойних порід, покинуті населені пункти, перелоги та болота. Найбільша кількість за 28 років пожеж виникла на перелогах (56,2 %), проте, за площею переважають лісові пожежі (97,1 %).

4. Протягом року найбільша кількість пожеж виникає у квітні і травні. Саме в цей час трапляється до 45% усіх пожеж у ЗВ, а площа пожеж протягом квітня-травня досягла 91,7 %.

5. Найбільше випадків пожеж трапляється на території Котовського, Паришівського та Луб'янського лісництв.

6. Пожежі квітня 2020 року на території зони відчуження мали катастрофічні наслідки. Площа території пройденої вогнем становила 51806,5 га.

7. Встановлено, що одними з основних причинами виникнення пожеж на території Заповідника були аномально тепла та безсніжна зима 2019 – 2020 років. Так, згідно даних метеостанції «Чорнобиль» Українського Гідрометцентру, протягом 2019 року зареєстровано лише 61% середньорічної норми опадів та вищу на 2,6°C за норму середню річну температуру повітря. Метеоумови холодного періоду року сприяли висиханню горючих матеріалів та підвищенню рівня пожежонебезпеки.

8. До причин виникнення катастрофічних пожеж призвело також і дуже низька зволоженість заплавлі річок, водно-болотних угідь і торфовищ, а також пересихання деяких протипожежних водойм і невеликих водних об'єктів, що значно ускладнило проведення протипожежних заходів.

РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Щоб знизити ризик повторення пожежонебезпечної обстановки, яка склалася у квітні 2020 року доцільно впровадити сучасну інформаційну мережу, яка допоможе оптимізувати процеси прийняття рішень при виявленні і гасінні лісових пожеж. Для цього необхідно:

– оновити План протипожежного впорядкування території, використовуючи сучасні технології, науково обґрунтувати систему пожежних бар'єрів, водоймищ, шляхів, мережу лісових пожежних станцій;

– впровадити інноваційну систему виявлення пожеж на території ЧРЕБЗ;

– підготувати нові стратегії та тактики гасіння пожеж у зоні радіоактивного забруднення.

2. Провести, на базі ЧРЕБЗ, курси перепідготовки пожежних, з ціллю підвищення професійного рівня персоналу лісових пожежних станцій та підрозділів ДСНС, а також збільшення ефективності протипожежних заходів.

3. Оновити та доповнити склад протипожежної техніки та інвентарю лісопожежних станцій, у тому числі сучасними пожежними машинами та засобами гасіння пожеж, засобами індивідуального захисту.

4. Організувати виконання належним чином протипожежних заходів та утримувати дороги протипожежного призначення в нормальному стані.

5. Внести зміни у регламент роботи лісових пожежних станцій, з урахуванням фактичної горимості лісів і пожежонебезпеки за погодними умовами.

6. Вдосконалити систему міжвідомчої співпраці протягом гасіння пожеж у зоні відчуження.

7. Проводити постійні моніторингові дослідження пожежонебезпеки у зоні відчуження.

8. Запровадити систему заходів щодо стимулювання природного лісопоновлення на згарищах, щоб забезпечити виконання бар'єрних функцій біогеценозами Заповідника.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азаров С.И. Методика анализа радиационного риска при тушении пожара на территориях, загрязнённых радионуклидами. *Пожаровзрывобезопасность*. 2001. Т. 10, № 1. С. 40–43
2. Барановский Н. В., Жарикова М. В. Оценка пожароопасности в геоинформационной системе защиты леса от пожаров // *Геоинформатика*. - 2013. - № 1. - С. 77-84.
3. Борсук О. А. Комплексна оцінка пожежної небезпеки лісів зони відчуження Чорнобильської АЕС. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. : Лісівництво та декоративне садівництво*. 2013. Вип. 187(3). С. 167-176.
4. Будыко А.К., Огородников Б.И. Радиоактивные аэрозоли при пожарах на территориях, загрязненных продуктами Чернобыльской аварии. *Радиация. биология. Радиоэкология*. 1995. Т. 35. № 1. С. 102–112.
5. Гаргер Е. Вторичный подъем радиоактивного аэрозоля в приземном слое атмосферы / НАН Украины; Ин-т проблем безопасности АЭС. Чернобыль: Ин-т проблем безопасности, 2008. 192 с.
6. Гілітуха Д. В., Зібцев С.В., Борсук О.А. Моніторинг лісів, пошкоджених пожежами та шкідниками у зоні відчуження ЧАЕС за даними ДЗЗ. *Наук. вісник НУБіП України*. 2011. Вип. 164, ч. 3. С. 71–79.
7. Душа-Гудым С.И. Радиоактивные лесные пожары : справочное пособие. М. : ВНИИЦлесресурс, 1999. 160 с.
8. Зібцев С. В. Аналіз особливостей лісопожежної обстановки та стану протипожежної охорони лісу в зонах радіаційного забруднення. *Наукові доповіді НАУ*. 2006. №4(5).
9. Зібцев С. В. Проблема радіаційних лісових пожеж на землях забруднених внаслідок аварії на ЧАЕС. *Наук. вісн. НАУ*, 2007, № 104, С. 88–93
10. Кашпаров В.А., В. В. Миронюк М. А. Журба С. В. Зибцев А. С. Глуховский, Жукова О. М. Радиологические последствия пожара в

чернобыльской зоне отчуждения в апреле 2015 года. *Радиационная Биология. Радиозэкология*. 2017. №5. С. 512–27. <https://doi.org/10.7868/S0869803117050071>

11. Літопис природи за 2017 рік. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: http://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys_2017_tom_1.pdf (дата звернення 1.11.2021 р.)

12. Літопис природи за 2018 рік. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: http://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys_2018_tom_2.pdf (дата звернення 1.11.2021 р.)

13. Літопис природи за 2019 рік. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: http://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys_2020_tom_4.pdf (дата звернення 1.11.2021 р.)

14. Літопис природи за 2020 рік. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: http://zapovidnyk.org.ua/files-pdf/litopys_2019_tom_3.pdf (дата звернення 1.11.2021 р.)

15. Нікончук В. Ліс – живий організм. Розвиток, надійність, безпека: Доклад во время круглого стола 13.11.2015 г. в ДАЗВ України на тему: “Зона відчуження: сьогоднішня та майбутня”: URL: <http://dazv.gov.ua/images/presentacii/Nikonchuk%20-%202015.11.13.pdf>

16. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи, Київ, 1998.

17. Основні контрольні рівні звільнення та рівні дії щодо радіоактивного забруднення об’єктів зони відчуження і зони безумовного (обов’язкового) відселення), Київ: МНС України, 2008. 11 с.

18. Переволоцкий А.Н. Распределение ^{137}Cs и ^{90}Sr в лесных биогеоценозах. Гомель: РНИУП “Институт радиологии”, 2006. 255 с.

19. Положення про Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. URL: <http://zapovidnyk.org.ua/index.php?fn=2t&n=160250636283> (дата звернення 4.11.2021)

20. Сухих В.И. Современное состояние и перспективы применения ГИС-технологий и аэрокосмических методов в лесном хозяйстве и садово-парковом строительстве // Особенности преподавания данных дисциплин в высших и средних учебных заведениях: Всерос. семинар. – Йошкар-Ола, 2008. – С. 141.

21. Федонюк Т.П., Галущенко О.М., Мельничук Т.В., Жуков О.В., Вишневський Д.О., Зимароева А.А., Гуреля В.В. Перспективи та основні аспекти застосування ГІС-технологій для моніторингу біологічного різноманіття (на прикладі Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника). *Космічна наука і технології*. 2020. №26(6). С. 75 - 93.
<https://doi.org/10.15407/knit2020.06.075>

22. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Архитектура информационной технологии принятия решений для предупреждения и ликвидации лесных пожаров // Проблемы информ. технологий. – 2009. - № 02 (006). – С.116 – 122.

23. Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник. Офіційна сторінка. URL:<http://zapovidnyk.org.ua/index.php?fn=zvit>

24. Щеглов А.И. Биогеохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах: По материалам 10-летних исследований в зоне влияния аварии на ЧАЭС. М.: Наука, 2000. 268 с.

25. Bugai D., Dewiere L., Kashparov V., Ahamdach N. Strontium-90 transport parameters from source term to aquifer in the Chernobyl Pilot Site. *Radioprot. Colloq.* 2002. V. 37. C1. P. 11–16.

26. Deeming JE, Burgan RE, Cohen JD (1977) The National Fire-Danger Rating System – 1978. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report INT-39. (Fort Collins, CO, USA)

27. Eckerman K.F., Ryman J.C. External exposure to radionuclides in air, water, and soil. *Federal guidance report № 12*, EPA-402-R-93-081, Oak Ridge National Laboratory, Tennessee 37831, USA, 1993. 238 p

28. French N.H., Kasischke E.S., Hall R.J. et al. Using Landsat data to assess fire and burn severity in the North American boreal forest region: An overview and summary of results. *Int. J. Wildland Fire*. 2008. V. 17. P. 443–462.

29. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Interim edition. General Safety Requirements. Part 3. No. GSR. Part 3 (Interim). Vienna: IAEA, 2011. 303 p.

30. Kashparov V.A., Lundin S.M., Khomutinin Yu.V. et al. Soil contamination with ^{90}Sr in the near zone of the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioact.* 2001. V. 56. № 3. P. 285–298.

31. Kashparov V.A., Lundin S.M., Zvarich S.I. et al. Territory contamination with the radionuclides representing the fuel component of Chernobyl fallout. *Sci. Total Environ.* 2003. V. 317. № 1–3. P. 105–119.

32. Kashparov V.A. Hot Particles at Chernobyl. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2003. V. 10. Special (1). P. 21–30.

33. Kashparov V. A., Ahamdach N., Zvarich S.I. et al. Kinetics of dissolution of Chernobyl fuel particles in soil in natural conditions. *J. Environ. Radioact.* 2004. V. 72. № 3. P. 335–353

34. Key C.H., Benson N.C. Landscape assessment: sampling and analysis methods. *FIREMON: Fire Effects Monitoring and Inventory System*: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station General Technical Report RMRS-GTR-164-CD

35. Loshchilov N.A., Kashparov V.A., Yudin Ye.B. et al. Experimental assessment of radioactive fallout from the Chernobyl accident // Sicurezza e protezione. 1991. № 25–26. P. 46–50. Stocks, B. J., Lawson B. D., Alexander M. E., Van Wagner C. E., McAlpine R. S., Lynham T. J., and Dubé D. E.. Canadian Forest Fire Danger Rating System: An Overview. *The Forestry Chronicle*. **65**(4): 258-265. <https://doi.org/10.5558/tfc65258-4>

36. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Annals of the ICRP. Publication 103. 2007. 328 p.

37. Taylor, S.W., Alexander, Martin. (2006). Science, technology, and human factors in fire danger rating: the Canadian experience. *International Journal of Wildland Fire*. 15. <https://doi.org/10.1071/WF05021>.

38. Thiry Y., Colle C., Yoschenko V. et al. Impact of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) plantings on long term ^{137}Cs and ^{90}Sr recycling from a waste burial site in the Chernobyl red Forest. *J. Environ. Radioact.* 2009. V. 100. № 12. P. 1062–1068.

39. Smith J.T., Beresford N.A. Chernobyl. Catastrophe and Consequences. Berlin-New York: Springer; Chichester: Praxis Pub., 2005. 310 p.

40. Yoschenko V. I., Kashparov V.A., Protsak V.P. et al. Resuspension and redistribution of radionuclides during grassland and forest fires in the Chernobyl exclusion zone: part I. Fire experiments. *J. Environ. Radioact.* 2006. V. 86. № 2. P. 143–163.

41. Zibtsev S., Oliver C.D., Goldammer J.G. et al. Wildfires management and risk assesment in the Chernobyl Nuclear Power Plant Exclusion Zone / S. Zibtsev, *Twenty-five years after Chernobyl accident. Safety for the future* (International conference Kyiv, Ukraine 20–22 April 2011). Kyiv: Kim, 2011. P. 187–191.

42. Zibtsev, Sergiy. (2015). Fires in Nuclear Forests: Silent Threats to the Environment and Human Security. *Unasylva.* 66. 40.