

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**Драч Костянтин Леонідович**

УДК 614.84

**ДИСЕРТАЦІЯ**

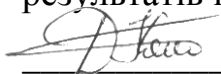
**ДИНАМІКА ПОЖЕЖ У ТРАВ'ЯНИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

Спеціальність 261 – пожежна безпека

Галузь знань 26 – цивільна безпека

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

 К.Л. Драч

Науковий керівник Кузик Андрій Данилович, доктор сільськогосподарських наук,  
професор

Львів –2020

## АНОТАЦІЯ

*Драч К.Л.* Динаміка пожеж у трав'яних екосистемах. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 – пожежна безпека. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, 2020.

Дисертаційна робота присвячена розв'язанню актуального науково-технічного завдання – розкриття особливостей динаміки розвитку та припинення пожеж у трав'яних екосистемах.

Пожежі у трав'яних екосистемах становлять небезпеку для довкілля, людей і тварин. Їх поширення спричиняє пожежі розташованих поруч об'єктів, зокрема, лісів, сільськогосподарських угідь, будівель і споруд. Є випадки загибелі та травмування людей внаслідок трав'яних пожеж. Займання сухої трави є можливим від недопалка сірника чи цигарки. Вогонь поширюється трав'яним покривом у сухому стані не лише у напрямку вітру, але і в протилежному напрямку.

Процес гасіння трав'яних пожеж є складним та пов'язаним з ризиками для життя і здоров'я рятувальників, а наявні методи та способи пожежогасіння є не завжди ефективними та можливими для реалізації. Зазвичай потрібна значна кількість води, яку не завжди можна своєчасно доставити до місця пожежі.

Для успішного гасіння пожеж у трав'яних екосистемах проаналізовано причини та передумови їх виникнення, встановлено чинники впливу на процеси їх виникнення і поширення, а також запропоновано методи і способи ліквідації.

Використано низку методів досліджень: аналіз літературних джерел з результатами досліджень у галузі трав'яних пожеж; лабораторні методи визначення пожежонебезпечних показників горючих матеріалів рослинного походження – температур займання, самозаймання та тління; коефіцієнтів димоутворення, вологості; термогравіметричний аналіз; кластерний аналіз; кореляційний аналіз; регресійний аналіз; статистичні методи обробки результатів досліджень; експериментальні методи досліджень пожеж на ділянках, вкритих трав'яною

рослинністю; комп'ютерне моделювання процесів виникнення і поширення трав'яних пожеж; експериментальні методи гасіння трав'яних пожеж із застосуванням запропонованих способів і засобів та їх обґрунтування.

В результаті аналізу досліджень у галузі трав'яних пожеж встановлено основні чинники впливу на їх виникнення та розповсюдження: горючий матеріал, погоднокліматичні умови та рельєф. З погоднокліматичних умов найважливішими є потоки вітру, температура та відносна вологість повітря, опади.

Проаналізовано трав'яні екосистеми України, в результаті чого виділяють три основні типи, у яких виникають пожежі: лісові, лучні та степові. Лісові трав'яні екосистеми є елементами лісових екосистем, а їх пожежну небезпеку потрібно розглядати окремо і в поєднанні з іншими складовими (деревоостаном, лісовою підстилкою, підростом і підліском). Тому в роботі зосереджено увагу на степові та лучні екосистеми, сформовані переважно трав'яною рослинністю, яка за сухої погоди до початку та після завершення вегетаційного періоду рослин та відсутності снігового покриву становить значну небезпеку.

За результатами аналізу отримано характеристики трав'яних екосистем, зокрема видовий склад рослин, та охарактеризовано пожежну небезпеку. Оскільки пожежонебезпечні властивості різних видів рослин відрізняються між собою, а значне видове різноманіття не дає можливості вивчити кожного представника, для подальших досліджень виділено найбільш поширені трав'яні рослини, які широко зустрічаються практично в усіх екосистемах на території України і утворюють угруповання, а подекуди і суцільні покриття ділянок: конюшину польову, тимофіївку лучну, кострицю лучну, кострицю очеретяну та пирій повзучий.

Вперше досліджено пожежонебезпечні властивості кожної з рослин: динаміку зміни вологості у процесі висушування, рівноважну вологість, температури тління, займання та самозаймання, час займання, зольність та коефіцієнти димоутворення за умов тління та полум'яного горіння. Дослідження цих властивостей проводили упродовж 5 діб після збирання зразків рослин у природних умовах та в процесі природного висушування у лабораторних умовах. Температури тління, займання та самозаймання кожної з досліджених рослин є різними і зменшуються із зменшенням

вологості. На п'яту добу досліджень температура займання становила від 175°C для конюшини польової, 184°C для пирію повзучого, 187°C для костриці лучної, 190°C для костриці очеретяної і до 193°C для тимофіївки лучної, температура тління – від 223°C для костриці лучної, 247°C для конюшини польової, 259°C для костриці очеретяної, 273°C для пирію повзучого і до 287°C для тимофіївки лучної, а температура самозаймання – від 326°C для костриці лучної, 342°C для костриці очеретяної, 358°C для конюшини польової, 374°C для пирію повзучого, і до 380°C для тимофіївки лучної. Вологість рослин становила від 8% для костриці очеретяної, 9% для костриці лучної, 10% для пирію повзучого, 18% для тимофіївки лучної і до 20% для конюшини польової. Відмінності пожежонебезпечних показників зумовлюють різну небезпеку виникнення і поширення пожеж на ділянках, вкритих різними видами трав'яних рослин.

За результатами лабораторних досліджень отримано лінійні регресійні залежності температур тління, займання і самозаймання для досліджених рослин від вологості, які можуть застосовуватися для оцінювання пожежної небезпеки за значенням вологості трав'яного горючого матеріалу.

У лабораторних умовах з використанням дериватографа вперше отримано термогравіметричні криві, які характеризують процеси нагрівання зразків цих матеріалів та термічної деструкції. Криві TG для кожної з досліджених рослин різняться між собою незначно, проте більш істотною є різниця між кривими DTA, що свідчить про відмінності настання екзотермічного та ендотермічного ефектів, а також процесів висушування, піролізу та термічної деструкції під дією високих температур у процесі нагрівання. У процесі термогравіметричних досліджень виділено три стадії, які для кожної з рослин мають різні температурні інтервали. Виявлено відмінності температур першого екзотермічного ефекту, який характеризує термічну стійкість зразків. Для костриці очеретяної цей показник є найбільшим і становить 364°C, нижчими є значення для костриці лучної – 347°C, тимофіївки лучної – 333°C та пирію повзучого – 316°C. А найнижчою є температура першого екзотермічного ефекту для конюшини польової – 300°C.

За результатами кластерного аналізу вперше отримано розподіл цих рослин за групами з урахуванням їх пожежонебезпечних показників. Найбільш близькими за пожежонебезпечними властивостями є костриця очеретяна та костриця лучна, які утворюють окрему групу, а потім до неї приєднується пирій повзучий. Іншою групою схожих за пожежонебезпечними властивостями рослин є конюшина польова і тимофіївка лучна. Встановлено також, що близькими є такі показники, як температури тління та самозаймання, температура займання, зольність та коефіцієнти димоутворення, кожна з яких окремо може характеризувати пожежну небезпеку рослин. Вологість у порівнянні з цими показниками є оберненою величиною і також може окремо застосовуватися для оцінювання пожежонебезпеки горючих матеріалів рослинного походження.

Проведено експериментальні дослідження процесів займання та поширення трав'яних пожеж у польових умовах на території західного лісостепу в осінній період після завершення вегетації. Для дослідження формували дослідні ділянки довжиною 10 м і шириною 3 м, які облаштовували на вкритій трав'яним покривом території таким чином, щоб вітер був у напрямку довшої сторони ділянки, а суміжні площі викошувалися і зволожувалися з метою недопущення неконтрольованого поширення горіння. У результаті польових досліджень встановлено значення лінійної швидкості поширення фронту пожежі для швидкостей вітру від 1-2 до 6-8 м/с та висоти трав'яного покриву 40 см і 60 см. Швидкість поширення пожежі зростала із збільшенням швидкості вітру для ділянок з висотою трав'яного покриву 40 см від 2,5 до 3,5 м/хв, а для висоти трав'яного покриву 60 см від 3,1 до 12,5 м/хв. Виявлено зростання швидкості із збільшенням обидвох цих показників у випадку поширення горіння у напрямку вітру. Проте горіння поширювалося і у напрямку, протилежному до вітру, однак із значно нижчою швидкістю – 0,5-0,7 м/хв. Також встановлено, що у нічний період доби займання було ускладненим і поширення пожежі загалом не відбувалося через зниження температури повітря і збільшення його відносної вологості.

Проведено комп'ютерне моделювання трав'яних пожеж із використанням програмного забезпечення Wildland-Urban Fire Dynamic Simulator (WFDS), яке

створено на базі фізичної моделі поширення пожеж Fire Dynamic Simulator (FDS) для моделювання пожеж у природних екосистемах і є апробованим для трав'яних пожеж. Трав'яний покрив формували з властивостями пирію повзучого, який є найпоширенішою трав'яною рослиною в Україні та має найменшу термостійкість із досліджених злаків. Встановлено, що у випадку екстремально низької вологості трав'яного покриву 6%, яка встановлюється в період екстремальної посухи та після завершення вегетаційного періоду, лінійні швидкості поширення фронту пожежі є значно вищими у порівнянні з отриманими під час експериментальних досліджень, та свідчать про складність гасіння таких пожеж. Виявлено, що в діапазоні висот трав'яного покриву 20-100 см швидкість є найбільшою для 80 см. За результатами моделювання встановлено, що залежність швидкості трав'яної пожежі від висоти трав'яного покриву описується поліноміальною регресійною моделлю  $v = 0,0001h^3 - 0,0251h^2 + 1,3591h + 0,7772$  з коефіцієнтом достовірності апроксимації  $R^2 = 0,9572$ . Вітер загалом позитивно впливає на швидкість поширення пожеж, але за швидкостей 4 м/с і вище горіння припинялося, ймовірно, через охолодження горючого матеріалу.

Проаналізовано, що традиційні методи і засоби гасіння трав'яних пожеж базуються здебільшого на використанні води, створенні мінералізованих смуг за допомогою відповідної техніки, а також механічного впливу, що спричиняє збивання полум'я, засипання його ґрунтом за допомогою ручних інструментів. Але для гасіння пожеж у природних екосистемах потрібна значна кількість води, що не завжди можливо забезпечити, а використання ручних інструментів потребує значної кількості рятувальників та фізичних зусиль. Оскільки в процесі комп'ютерного моделювання виявлено, що вітер може сприяти гасінню трав'яної пожежі, запропоновано використання пристроїв, які формують потоки повітря – переносних бензинових повітродувок та обприскувачів. Проведені дослідження особливостей формування потоку повітря обприскувачем від режимів роботи пристрою та відхилення від основного напрямку поширення потоку повітря, які вказують на ефективність способу за застосування режиму середніх обертів двигуна та спрямування потоку повітря в основному напрямку. Обґрунтовано, що ефективним способом гасіння пожеж у трав'яних екосистемах є дія потоків повітря або повітряно-водяної суміші зі

швидкістю 8,1-11,3 м/с на відстані 0,4-1 м від сопла пристрою у напрямку його осі на матеріал, що горить, що призводить до його охолодження та відриву полум'я в осередку горіння. Проведені дослідження з використання обприскувача під час гасіння підрозділом ДСНС України реальної трав'яної пожежі на території Київської обл. підтвердили ефективність такого способу.

Результати досліджень впроваджені у діяльність Головного управління ДСНС України у м. Києві, а отримані в роботі залежності, які характеризують розвитку пожеж у трав'яних екосистемах, використовуються для планування і проведення заходів з пожежогасіння, оцінювання загроз переходу таких пожеж на лісові масиви та різноманітні об'єкти.

В результаті було встановлено особливості впливу різноманітних чинників на динаміку виникнення та припинення пожеж у трав'яних екосистемах та надано рекомендації щодо їх урахування для запобігання й гасіння пожеж.

**Ключові слова:** трав'яні пожежі, горючий матеріал, процеси займання, поширення пожежі, гасіння пожежі.

### **Список опублікованих праць за темою дисертації:**

**Статті у наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз:**

1. Кузик, А. Д., Драч, К. Л. (2016). Пожежна небезпека найпоширеніших трав'янистих рослин лук Західної України. *Пожежна безпека*, 29, 87-92.
2. Кузик, А. Д., Драч, К. Л., Товарянський, В. І. (2019). Експериментальні дослідження пожеж у трав'яних екосистемах. *Пожежна безпека*, 35, 35-40.
3. Кузик, А. Д., Драч, К. Л., Товарянський, В. І. (2020). Моделювання процесів виникнення і поширення трав'яних пожеж. *Пожежна безпека*, 36, 44-48.

**Стаття у науковому виданні країни ЄС, що входить до бази даних Scopus:**

4. Drach, K. L., Kuzyk, A. D., Tovarianskyi, V. I., Yemelienenko, S. O. (2020). Fire dangerous properties of the most common plants of grass ecosystems in Ukraine. *Ecologia Balkanica*, 12 (1), 147–154.

**Тези доповідей, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

5. Драч, К. Л. (2014). Підходи до класифікації горючих матеріалів рослинного походження та їх пожежонебезпечні властивості. *Проблеми та перспективи розвитку забезпечення безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць IX Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів (4 квітня 2014 р., м. Львів), 63-64.*
6. Драч, К. Л. (2015). Особливості горіння трав та їх класифікація за пожежонебезпечними властивостями. *Проблеми та перспективи розвитку забезпечення безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць X Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів (27 березня 2015 р., м. Львів), 37-38.*
7. Драч, К. Л. (2016). Порівняльна характеристика лісових та трав'яних пожеж. *Проблеми та перспективи розвитку забезпечення безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XI Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів (24 березня 2016 р., м. Львів), 21-22.*
8. Кузик, А. Д., Драч, К. Л. (2016). Пожежна небезпека найпоширеніших трав'яних рослин лук Львівщини. *Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації: Зб. наук. праць Міжнар. наук.-практ. конф. (20-21 жовтня 2016 р., Львів), 155-157.*
9. Драч, К. Л. (2017). Фактори впливу на розвиток пожеж в природних екосистемах. *Проблеми та перспективи розвитку забезпечення безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів (До 70-річчя заснування університету) (23-24 березня 2017 р., м. Львів), 25-27.*
10. Кузик, А. Д., Драч, К. Л. (2019). Пожежна небезпека трав'янистих рослин та її вплив на екосистеми. *Сучасний стан та перспективи розвитку ландшафтної архітектури, садово-паркового господарства, урбоекології та фітомеліорації: Зб. наук. праць Міжнар. наук.-практ. конф. (3 нагоди 80-ліття від дня народження професора В.П. Кучерявого) (4-5 квітня 2019 р., м. Львів), 252-254.*



## ABSTRACT

*Drach K.L.* Dynamics of fires in grass ecosystems. – Qualification thesis, manuscript copyright.

Dissertation seeking the Ph.D. scientific degree in the specialty 261 – Fire Safety. Lviv State University of Life Safety, Lviv, 2020.

The dissertation is devoted to solving the actual scientific and technical problem revealing the dynamics of development and cessation of fires occurred in grass ecosystems.

Fires in grass ecosystems pose a danger to the natural environment, humans and animals. Their spread causes conflagration in nearby facilities, including forests, farmland, buildings and structures. There occur deaths and injuries due to grass fires. The dry grass ignition can develop with a simple match striken or from a cigarette butt. The dry grass allows fire spreading throughly not only downwind, but also in the opposite direction.

The process of extinguishing grass fires is complex and involves risks to the lives and health of rescuers, the existing methods and techniques of firefighting being not always effective and feasible. It usually requires a significant amount of water, which not always is accessible for delivering to the fire scene in a timely manner.

To successfully extinguish fires in grass ecosystems, an analysis of their occurrence causes and preconditions, factors influencing their occurrence and spread processes as well as their spread process peculiarities, along with fires extinguishing methods and ways has been carried out.

A number of research methods were used, including analysis of literature sources with results of research in the grass fires field, laboratory methods for determining flammable indicators characteristic to combustible materials of plant origin: temperatures of ignition, spontaneous ignition and decay, coefficients of smoke and humidity, thermogravimetric analysis, cluster analysis, correlation analysis. regression analysis, statistical methods of research results processing, experimental methods of researching fires in areas covered with grass vegetation, computer modeling of grass fires origin and

spread processes, experimental methods to extinguish grass fires using the proposed methods and means and those methods justification.

The analysis of research in grass fires field identified the main factors influencing their occurrence and spread: combustible material, weather and climatic conditions and topography. From weather and climatic conditions the most important are wind currents, temperature and relative humidity, precipitation.

Analyzed are the grass ecosystems of Ukraine at which study result identified are three main ecosystem types where fires occur: forest, meadow and steppe. Forest grass ecosystems are elements of forest ecosystems, and their fire hazard should be considered separately and in combination with other components (stands, forest litter, undergrowth and underwood). Therefore, the paper focuses on steppe and meadow ecosystems, formed mainly by grassy vegetation, which in dry weather before and after the end of plants growing season and in the lack of snow cover poses a significant danger.

According to the literature sources analysis results, the characteristics of grass ecosystems, in particular the plants species composition, are obtained and the fire danger is characterized. Since the fire-hazard properties of different plant species differ from each other, and a significant variety of species does not allow studying each representative of that category, for further research purposes there were identified the most common herbaceous plants, widely present in almost all ecosystems in Ukraine and forming groups (and sometimes continuous vegetative coatings at areas: field clover, timothy grass, meadow fescue, tall fescue and creeping wheatgrass).

For the first time, the fire-hazardous properties of each plant were studied, including the dynamics of humidity change during drying, equilibrium humidity, temperature of smothering, ignition and spontaneous combustion, ignition time, ash content and smoke formation coefficients under smother and flame combustion. Studies of these properties were performed within 5 days after collection of plant samples under natural conditions and during natural drying in the laboratory. The smother, ignition and spontaneous combustion temperatures of each of the studied plants are different and decrease with decreasing humidity. On the fifth day of study the ignition temperature ranged from 175°C for clover, 184°C for creeping wheatgrass, 187°C for meadow fescue,

190°C for tall fescue and up to 193°C for meadow thyme, with smother temperature ranging from 223°C for meadow fescue, 247°C for field clover, 259°C for tall fescue, 273°C for creeping wheatgrass and up to 287°C for meadow thyme, while auto-ignition temperature ranging from 326°C for meadow fescue, 342°C for tall fescue, 358°C for field clover, 374°C for creeping wheatgrass, and up to 380°C for meadow thyme. The plants humidity ranged from 8% for tall fescue, 9% for meadow fescue, 10% for creeping wheatgrass, 18% for meadow thyme and up to 20% for field clover. Differences in fire hazard indexes impose different risks of fires spreading to areas covered with various types of herbs.

According to the results of laboratory studies, linear regression dependences of smother, ignition and spontaneous combustion temperatures on humidity were obtained for the studied plants, which dependencies can be used for fire hazard assessing by the value of combustible herbal material moisture content.

In the laboratory, using a derivatograph, for the first time thermogravimetric curves have been obtained to characterize the processes of these materials samples heating and thermal destruction. The TG curves for each of the studied plants differ slightly, but more significant is the difference between their DTA curves that indicating differences in the occurrence of exothermic and endothermic effects, as well as drying, pyrolysis and thermal destruction processes when samples subjected to high temperatures during heating. In the process of thermogravimetric studies, three consecutive stages have been identified, which have different temperature intervals for each of the plants. The temperature differences of the first exothermic effect, characterizing the samples thermal stability were revealed. For tall fescue this indicator is the largest reaching 364°C, lower values being identified for the meadow fescue( 347°C), meadow thyme ( 333°C) and creeping wheatgrass (316°C). And the lowest first exothermic effect temperature is registered for field clover: 300°C.

According to the cluster analysis results, for the first time these plants distribution by groups taking into account their fire hazard indicators was obtained. The closest in terms of fire-hazardous properties are the group, which includes tall fescue and meadow fescue, next joined by creeping wheatgrass. Another group of plants with similar fire-

hazardous properties includes field clover and meadow thyme. It is also established that such indicators as smother and spontaneous combustion temperatures, ignition temperature, ash content and smoke formation coefficients are close, each of those indicators separately allowing to characterize the fire hazard of plants. Humidity in comparison with these indicators is an inverse value and can also be used separately to assess the fire hazard for combustible materials of plant origin.

There were carried out the experimental studies of the processes of field grass fires ignition and spread in the Western Forest-Steppe in the autumn after the vegetation season end. For that study, 10 m long and 3 m wide research plots have been formed, arranged on a grassy area so that the wind streams in the direction of the plot's longer side, and adjacent areas were mowed and moistened to prevent uncontrolled spread of combustion. As a result of field research, the fire front linear velocity value for wind speeds from 1-2 to 6-8 m/s and the grass cover height of 40 cm and 60 cm was established. For areas with grass height of 40 cm the fire velocity increased with increasing wind speed from 2.5 to 3.5 m/min, and for the grass cover height 60 cm that increase was from 3.1 to 12.5 m/min. An increase in velocity with an increase in both of these indicators when the fire spread aligned to wind direction was registered. However, the combustion spread also in the direction opposite to the wind, but at a much lower speed of 0.5-0.7 m/min. It was also found that during the night the ignition not so readily started and the fire spread did not occur due to lower air temperature and increase in its relative humidity.

Computer simulation of grass fires was performed using Wildland-Urban Fire Dynamic Simulator (WFDS) software, based on the physical fire propagation model Fire Dynamic Simulator (FDS) thus used for simulating fires in natural ecosystems and approved upon testing for grass fires. The given grass cover was formed according to the properties of creeping wheatgrass, which is the most common herbaceous plant in Ukraine and has the lowest heat resistance of the studied cereals. It was found that in the case of extremely low moisture content of 6%, as set during extreme drought and after the herbs growing season, the fire front linear velocities are much higher than those obtained during experimental studies and indicate the difficulty of such fires extinguishing. It was found that in the range of grass cover heights of 20-100 cm the

highest speed is registered for 80 cm. According to the simulation results it is established that the dependence of grass fire rate on grass cover height is described by the polynomial regression model  $v = 0,0001h^3 - 0,0251h^2 + 1,3591h + 0,7772$  with the approximation reliability coefficient  $R^2 = 0,9572$ . The wind generally has a positive effect on the fires spread speed, but at speeds of 4 m/s and above the combustion ceased, probably due to the combustible material cooling.

It is analyzed that traditional methods and means of grass fires extinguishing are based mainly on the use of water, mineralized strips creation using appropriate techniques, as well as mechanical impact to tamp down the fire injecting into fire the soil with hand tools. But fires extinguishing in natural ecosystems requires a significant amount of water, that is not always possible to provide, and the use of hand tools requires a significant amount of rescuers and physical effort. Considering that the computer simulations have shown that wind can help extinguish a grass fire, the use of devices generating air currents – portable gasoline blowers and sprayers – has been suggested. Studies of the peculiarities of air flow formation by the sprayer with respect to such device operation modes and deviations from the main air flow direction which indicate the effectiveness of the method using the average engine speed mode with air flow coordinated along to the main direction. It is substantiated that an effective way to extinguish fires in grass ecosystems is the action of air or air-water mixture flows at a speed of 8.1-11.3 m/s at a distance of 0.4-1 m from the device's nozzle its axis directed on the burning material that leads to its cooling and separation of the flame in the combustion seat. Studies on the use of a sprayer during the real grass fire extinguishing by the squads of the State Service for Emergency Situations of Ukraine in Kyiv region confirmed this method effectiveness.

The research results are implemented in the activities of SSESU Main Directorate in Kyiv city, and the dependences obtained in this study and characterizing the development of fires in grassland ecosystems are used to plan and conduct firefighting measures, assess threats to such fires in forests and various areas' facilities.

As a result, the peculiarities of various factors influence on the dynamics of grass ecosystems fires' occurrence and cessation were identified and recommendations for those factors consideration to prevent and extinguish fires have been provided.

**Key words:** grass fires, combustible material, ignition processes, fire spread, fire extinguishing.

### **List of publications of the applicant**

#### **Articles in the scientific professional editions of Ukraine, which are included in the international scientometric bases:**

1. Kuzyk, A. D., Drach, K. L. (2018). Fire danger of the most common herbal bowplants in Western Ukraine. *Fire Safety*, 29, 87-92.
2. Kuzyk, A. D., Drach, K. L., Tovaryanskyi, V. I. (2019). Experimental research of fires in grassy ecosystems. *Fire Safety*, 35, 35-40.
3. Kuzyk, A. D., Drach, K. L., Tovaryanskyi, V. I. (2020). Modeling of processes of occurrence and spread of fires in grass ecosystems. *Fire Safety*, 36, 44-48.

#### **Article in the scientific edition of the EU country, which is included in the Scopus database:**

4. Drach, K. L., Kuzyk, A. D., Tovarianskyi, V. I., Yemelianenko, S. O. (2020). Fire dangerous properties of the most common plants of grass ecosystems in Ukraine. *Ecologia Balkanica*, 12 (1), 147–154.

#### **Proceedings certifying the approbation of the dissertation materials:**

5. Drach, K. L. (2014). Approaches to the classification of combustible materials of plant origin and their flammable properties. *Problems and prospects for the development of life safety: Proceedings of the IX International. scientific-practical conf. young scientists, cadets and students (April 4, 2014, Lviv)*, 63-64.
6. Drach, K. L. (2015). Features of burning herbs and their classification according to fire-hazardous properties. *Problems and prospects for the development of life safety:*

*Proceedings of the X International. scientific-practical conf. young scientists, cadets and students (March 27, 2015, Lviv), 37-38.*

7. Drach, K. L. (2016). Comparative characteristics of forest and grass fires. Problems and prospects for the development of life safety: *Proceedings of the XI International. scientific-practical conf. young scientists, cadets and students (March 24, 2016, Lviv), 21-22.*

8. Kuzyk, A. D., Drach, K. L. (2016). Fire hazard of the most common herbaceous plants of the Lviv region. *Fire and man-made safety. Theory, practice, innovation: Proceedings of the International. scientific-practical conf. (October 20-21, 2016, Lviv), 155-157.*

9. Drach, K. L. (2017). Factors influencing the development of fires in natural ecosystems. *Problems and prospects for the development of life safety: Proceedings of the XII International. scientific-practical conf. young scientists, cadets and students (To the 70th anniversary of the University) (March 23-24, 2017, Lviv), 25-27.*

10. Kuzyk, A. D., Drach, K. L. (2019). Fire hazard of herbaceous plants and its impact on ecosystems. *Current state and prospects of development of landscape architecture, gardening, urban ecology and phytomelioration: Proceedings of the International. scientific-practical conf. (On the occasion of the 80th anniversary of the birth of Professor VP Kucheryavy) (April 4-5, 2019, Lviv), 252-254.*