



ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,
АНГЛІЙСЬКОЮ ТА ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛДУБЖД

№ 47, 2025

заснований у 2002 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Паснак І.В., *головний редактор*, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лавренюк О.І.**, *заступник головного редактора*, д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Яковчук Р.С.**, *заступник головного редактора*, д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Пазен О.Ю.**, *відповідальний секретар*, к.т.н., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Баланюк В.М.**, д.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Башинський О.І.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Веселівський Р.Б.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Вовк С.Я.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Гашук П.М.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Демчина Б.Г.**, д.т.н., проф., Національний університет «Львівська політехніка», Україна; **Домінік А.М.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Смельяненко С.О.**, к.т.н., старший дослідник, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Кирилів В.І.**, к.т.н., с.н.с., Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, Україна; **Коваленко В.В.**, к.т.н., с.н.с., Інститут наукових досліджень з цивільного захисту, Україна; **Ковалишин В.В.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Коваль М.С.**, д.пед.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Козяр М.М.**, д.пед.н., проф., Член-кореспондент НАПН України, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Костенко В.К.**, д.т.н., проф., Донецький національний технічний університет МОН України, Україна; **Кузик А.Д.**, д.с.-г.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лозинський Р.Я.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Лоїк В.Б.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Михалічко Б.М.**, д.х.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Попович В.В.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Придатко О.В.**, к.т.н., доц., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Птак Сімон**, PhD, Головна школа пожежної служби, Польща; **Ратушний Р.Т.**, д.т.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Ренкас А.А.**, к.т.н., доц., Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Україна; **Тацій Р.М.**, д.ф.-м.н., проф., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; **Тригуба А.М.**, д.т.н., проф., Львівський національний аграрний університет, Україна; **Шукіс Ріголдас**, PhD, доц., Вільнюський технічний університет ім. Гедіміна, Литва; **Ярош Войцех**, PhD, Головна школа пожежної служби, Варшава, Польща.



Видавничий дім
«Гельветика»
2025

ISSN 2078-6662 (print)
ISSN 2708-1087 (online)

DOI: 10.32447/20786662.47.2025.00

ЗАСНОВНИКИ

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУБЖД)

Інститут наукових досліджень з цивільного захисту

ВИДАВЕЦЬ

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУБЖД)

ЗАРЕЄСТРОВАНО

Національною радою України з питань
телебачення та радіомовлення (рішення № 292
від 08.02.2024, ідентифікатор медіа R30-02253)

**СУБ'ЄКТ У СФЕРІ
ДРУКОВАНИХ МЕДІА**

Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності (вул. Клепарівська, 35, м. Львів,
79007, ldubzh.lviv@dsns.gov.ua, тел. (032) 233-00-88)

**ВНЕСЕНО ДО ПЕРЕЛІКУ НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАНЬ УКРАЇНИ
ЯК ДРУКОВАНЕ ПЕРІОДИЧНЕ ВИДАННЯ КАТЕГОРІЇ «Б»**
(Наказ МОН України від 02.07.2020 року № 886)

ВНЕСЕНО ДО БІБЛОГРАФІЧНИХ БАЗ ДАНИХ:
«Наукова періодика України» в Національній бібліотеці України
ім. В.І. Вернадського, «ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY»,
«Google Scholar» та ін.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЛДУБЖД
(Протокол № 4 від 26.11.2025 р.)

Літературний редактор

Чудеснова І. М.

Комп'ютерна верстка

Ковальчук Ю. В.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ЛДУБЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007

Контактний телефон:

(099) 60 66 532

E-mail:

journal.firesafety@gmail.com

Збірник наукових праць «Пожежна безпека» видається з 2002 року. Запланована періодичність: 2 рази на рік. Тематична спрямованість: оригінальні та оглядові праці в галузі безпеки та оборони за спеціальністю Пожежна безпека.

Здано в набір 19.11.2025. Підписано до друку 23.12.2025.
Формат 60x84⁸. Ум. друк. арк. 14,41. **Зам. № 0725/546.** Наклад 150 прим.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний. Цифровий друк.
Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

ЗМІСТ

В. М. Баланюк, В. І. Слободян, В. С. Пікус АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ПОВЕРХНЕВОГО ВОГНЕЗАХИСТУ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ	5
А. І. Березовський, Н. В. Сасенко, Б. Я. Копил, О. М. Григоренко ВПЛИВ ІНТУМЕСЦЕНТНИХ КОМПОНЕНТІВ НА СТРУКТУРНО- МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІНОКОКСУ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИВІВ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ АКРИЛОВОЇ ДИСПЕРСІЇ	14
Р. Б. Веселівський, В. Л. Петровський, І. М. Козира ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ПІДПРИЄМСТВ ТОРФОБРИКЕТНОГО ВИРОБНИЦТВА	26
Д. П. Войтович, Р. Ю. Сукач МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПОЖЕЖНО- РЯТУВАЛЬНИМИ ПІДРОЗДІЛАМИ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА	34
Д. П. Войтович, Р. Ю. Сукач АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	41
І. І. Калужняк, А. Ф. Гаврилюк, Д. В. Фреюк ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БПЛА ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ	52
М. А. Куценко, І. П. Романюк, О. В. Кириченко, О. В. Ніконішин, Є. В. Школяр, Р. Б. Мотрічук, С. О. Хряпак, І. І. Іщенко ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ПОРОШКОВИХ ЗАСОБІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЦИХ ЗАСОБІВ	61

CONTENTS

V. M. Balaniuk, V. I. Slobodian, V. S. Pikus ANALYSIS OF SURFACE FIRE- PROTECTION MEANS FOR WOOD	5
A. I. Berezovskyi, N. V. Saienko, B. Ya. Kopyl, O. M. Hryhorenko INFLUENCE OF INTUMESCENT COMPONENTS ON THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CHAR LAYER IN FIRE- PROTECTIVE COATINGS FOR STEEL STRUCTURES BASED ON ACRYLIC DISPERSION	14
R. B. Veselivskyi, V. L. Petrovskyi, I. M. Kozyra FIRE HAZARD OF RAW MATERIAL PREPARATION PROCESSES AT PEAT BRICK MANUFACTURING ENTERPRISES	26
D. P. Voytovych, R. Yu. Sukach THE POSSIBILITY OF APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO THE MANAGEMENT OF FIRE AND RESCUE UNITS DURING FIREFIGHTING USING UAVS (DRONES)	34
D. P. Voytovych, R. Yu. Sukach ANALYSIS OF SHORTCOMINGS IN THE FIRE PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES	41
I. I. Kaluzhniak, A. F. Gavryliuk, D. V. Freiuk JUSTIFICATION OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF UAVS FOR FIREFIGHTING	52
M. A. Kutsenko, I. P. Romaniuk, O. V. Kyrychenko, O. V. Nikonishyn, I. V. Shkoliar, R. B. Motrichuk, S. O. Khriapak, I. I. Ishchenko ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF POWDER FIRE EXTINGUISHING AGENTS AND WAYS OF IMPROVING THESE AGENTS	61

ЗМІСТ

**О. В. Лазаренко, Я. Б. Великий,
Р. Ю. Сукач, В. В. Коваль**
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА
ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
СУЧАСНОГО ЗАХИСНОГО ОДЯГУ
РЯТУВАЛЬНИКА В УМОВАХ
ПІДВИЩЕНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ

**В.-П. О. Пархоменко, Ю. Т. Судніцин,
А. М. Домінік, Р. М. Конанець,
Р. В. Пархоменко, Ю. В. Доманський**
АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА
СКРАПЛЕНОГО ПРИРОДНОГО
ГАЗУ ТА ОСНОВНИХ НЕБЕЗПЕК
ДЛЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ
ПІДРОЗДІЛІВ

О. В. Савченко, В. В. Ніжник
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ
ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО
ПОЖЕЖНОГО РИЗИКУ
З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ СИСТЕМ
ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

**Н. В. Саєнко, А. В. Скрипинець,
А. І. Березовський, О. В. Макаренко**
ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДУ
ТА ТОКСИКОЛОГІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТІВ
ГОРІННЯ ЕПОКСИДНИХ
І ЕПОКСИУРЕТАНОВИХ
ВОГНЕЗАХИСНИХ МАТЕРІАЛІВ

**О. В. Хлевной, С. Я. Вовк,
Н. В. Жезло-Хлевна, Д. В. Харишин**
ВПЛИВ ПРИРОДНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ
НА БЛОКУВАННЯ ЗА ВТРАТИ
ВИДИМОСТІ ЕВАКУАЦІЙНИХ
ВИХОДІВ НА ПОЧАТКОВІЙ СТАДІЇ
РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ

CONTENTS

**O. V. Lazarenko, Ya. B. Velykyi,
R. Yu. Sukach, V. V. Koval**
EXPERIMENTAL ASSESSMENT
OF THE EFFECTIVENESS USING
MODERN PROTECTIVE CLOTHING
OF RESCUERS IN CONDITIONS
OF ELEVATED TEMPERATURE

**V.-P. O. Parkhomenko, Yu. T. Sudnitsyn,
A. M. Dominik, R. M. Konanets,
R. V. Parkhomenko, Yu. V. Domanskyi**
ANALYSIS OF LIQUEFIED
NATURAL GAS PRODUCTION
AND MAJOR HAZARDS
FOR FIRE AND RESCUE
UNITS

O. V. Savchenko, V. V. Nizhnyk
IMPROVEMENT OF THE METHOD
FOR ASSESSING INDIVIDUAL
FIRE RISK CONSIDERING
THE IMPACT OF FIRE PROTECTION
SYSTEMS

**N. V. Saienko, A. V. Skripinets,
A. I. Berezovskyi, O. V. Makarenko**
STUDY OF THE COMPOSITION
AND TOXICOLOGICAL
PROPERTIES OF COMBUSTION
PRODUCTS OF EPOXY
AND EPOXY-URETHANE
FLAME-RETARDANT MATERIALS

**O. V. Khlevnoi, S. Ya. Vovk,
N. V. Zhezlo-Khlevna, D. V. Kharyshyn**
THE IMPACT OF NATURAL
VENTILATION ON THE BLOCKAGE
OF EVACUATION EXITS
DUE TO LOSS OF VISIBILITY
AT THE INITIAL STAGE OF FIRE



DOI <https://doi.org/10.32447/20786662.47.2025.07>

*М. А. Куценко¹, І. П. Романюк², О. В. Кириченко¹, О. В. Ніконішин³,
Є. В. Школяр¹, Р. Б. Мотрічук¹, С. О. Хряпак¹, І. І. Іщенко¹*

¹ Національний університет цивільного захисту України,

м. Черкаси, Україна

² Головне управління ДСНС України в Полтавській області,

м. Полтава, Україна

³ Міністерство внутрішніх справ України, м. Київ, України

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6879-9187> – М. А. Куценко

<https://orcid.org/0000-0003-0427-5645> – І. П. Романюк

<https://orcid.org/0000-0002-0240-1807> – О. В. Кириченко

<https://orcid.org/0009-0007-4657-4949> – О. В. Ніконішин

<https://orcid.org/0000-0002-7304-1677> – Є. В. Школяр

<https://orcid.org/0000-0002-5670-6788> – Р. Б. Мотрічук

<https://orcid.org/0000-0001-9078-976X> – С. О. Хряпак

<https://orcid.org/0009-0000-5050-4926> – І. І. Іщенко



shkoliar_yevhenii@nuczu.edu.ua

ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ПОРОШКОВИХ ЗАСОБІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ ТА ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЦИХ ЗАСОБІВ

Проблема. Порошкові засоби гасіння пожеж, незважаючи на їхню високу ефективність та екологічну безпеку, мають низку обмежень, що ускладнюють їх застосування в умовах технологічних процесів і на об'єктах з підвищеним рівнем техногенної небезпеки. Серед основних недоліків – короткочасна дія, утворення щільної хмари пилу, що різко погіршує видимість, схильність до комкування під час зберігання, а також низька ефективність у разі гасіння розливів горючих рідин на великій площі (особливо на поверхні водойм), оскільки порошок не створює стійкого ізолюючого шару й не запобігає повторному займанню.

Мета – обґрунтування шляхів удосконалення вогнегасних порошкових засобів шляхом іммобілізації вогнегасних солей на високопористих носіях (мінеральних і рослинних), що дає можливість усунути їх ключові експлуатаційні недоліки та розширити сферу застосування, зокрема для гасіння пожеж горючих рідин на поверхні водойм та для попередження поширення пожеж на торфовищах.

Методи дослідження. У роботі використано порівняльний аналіз механізмів дії порошкових засобів, впливу дисперсності на вогнегасну ефективність порошкових сумішей, а також експертну оцінку технологічних обмежень при виготовленні та зберіганні. Запропоновано інженерні рішення на основі іммобілізації вогнегасних солей на природних носіях.

Основні результати дослідження. Встановлено, що порошки мікронного розміру мають високу гасильну здатність, але є нестабільними під час зберігання. Як альтернативний підхід, що вирішує проблеми зберігання та комкування традиційних ВГП, розглядаються системи аерозольного пожежогасіння. У них вогнегасна речовина – дрібнодисперсний аерозоль – генерується безпосередньо в захищеному приміщенні під час спрацювання генератора вогнегасного аерозолю. Розроблено метод іммобілізації активних компонентів на внутрішній поверхні капілярів високопористих мінералів або деревної тирси, що дає змогу стабілізувати властивості порошку та розширити сферу його застосування.

Висновки та конкретні пропозиції автора. Порошкові засоби гасіння можуть бути ефективно адаптовані до використання на складних об'єктах, зокрема для гасіння пожеж на водній поверхні та торфовищах, за умови вдосконалення їх фізико-хімічних характеристик. У статті пропонується

впровадження технології іммобілізації вогнегасних солей на природних носіях як перспективний напрям для підвищення стабільності та функціональності порошкових рецептур.

Ключові слова: порошкові засоби, техногенна безпека, носії, іммобілізація, гасіння пожеж.

*M. A. Kutsenko¹, I. P. Romaniuk², O. V. Kyrychenko¹, O. V. Nikonishyn³,
I. V. Shkoliar¹, R. B. Motrichuk¹, S. O. Khriapak¹, I. I. Ishchenko¹*

¹ *National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine*

² *State Emergency Service of Ukraine in Poltava region, Poltava, Ukraine*

³ *Ministry of Internal Affairs of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF POWDER FIRE EXTINGUISHING AGENTS AND WAYS OF IMPROVING THESE AGENTS

Problem. Powder fire extinguishing agents, despite their high efficiency and environmental safety, have a number of limitations that complicate their use in technological processes and at facilities with an increased level of technogenic hazard. Among the main disadvantages we may mention short-term action, high specific density, tendency to clump during storage, and unsuitability for extinguishing fires of flammable liquids on the surface of water bodies and peatlands.

Purpose. Substantiation of the methods for improving dry powder extinguishing agents by immobilizing extinguishing salts onto highly porous carriers (mineral and plant-based), which allows for the elimination of their key operational drawbacks and the expansion of their scope of application, specifically for extinguishing flammable liquid fires on water surfaces and for preventing fire spread on peatlands.

Research methods. The work uses a comparative analysis of the mechanisms of action of powder agents, modeling of the influence of particle size on extinguishing efficiency, as well as an expert assessment of technological limitations in manufacturing and storage. Engineering solutions based on the immobilization of fire-extinguishing salts on natural carriers are proposed.

Main results of the study. It was found that micron-sized powders have high extinguishing capacity, but are unstable during storage. An alternative approach is proposed – the formation of the powder directly during the operation of the fire-extinguishing aerosol generator. A method of immobilizing active components on the inner surface of the capillaries of highly porous minerals or wood sawdust has been developed, which allows stabilizing the properties of the powder and expanding the scope of its application.

Author's conclusions and specific suggestions. Powder extinguishing agents can be effectively adapted for use on complex objects, in particular for extinguishing fires on water surfaces and peatlands, provided that their physicochemical characteristics are improved. The article proposes the implementation of the technology of immobilization of fire extinguishing salts on natural carriers as a promising direction for increasing the stability and functionality of powder compositions in fire prevention systems of technological processes.

Key words: fire prevention, powder products, technological processes, technogenic safety, immobilization, fire extinguishing.

Постановка проблеми. Порівняно з охолоджувальними (водою та її розчинами), флегматизуючими (інертні газы) та ізолюючими (вогнегасні піни) засоби, що діють за фізико-хімічним механізмом інгібування (хладони та вогнегасні порошкові композиції), у разі гасіння однакових за площею і за потужністю пожеж потребують значно менших кількостей і припиняють горіння в коротші терміни. При цьому з погляду екології порошки мають суттєві переваги. Суттєвою перевагою вогнегасних порошків є їхня відносна екологічна безпечність порівняно з іншими вогнегасними речовинами. На відміну від хладонів, використання яких обмежене через високий озоноруйнівний потенціал, і фторвмісних піноутворювачів, які спричиняють довгострокове токсичне забруднення ґрунтів та вод стійкими сполуками, вогнегасні порошки не мають такого критичного впливу на довкілля.

До експлуатаційних переваг порошків також належить зручність зберігання, оскільки вони не вимагають значних площ чи особливих умов (окрім захисту від вологості), а також простота застосування, що не потребує складного і габаритного обладнання.

Недоліки – відносно короткочасна дія і обмежена область застосування та деякі технологічні труднощі у виготовленні. Саме на вдосконалення цих показників порошкових вогнегасних засобів повинні спрямовуватися дослідження з їх модернізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У разі горіння органічних речовин основними проміжними частинками є вільні радикали. Ці частинки дуже активні, за короткий проміжок часу (за 10^{-8} – 10^{-9} частки секунди) вони встигають перетворитися в нові сполуки самі та

ініціювати утворення нових вільних радикалів. Кожен із вільних радикалів здатен започаткувати до мільярда перетворень за одну секунду. Вилучення з процесу більшості таких частинок веде до уповільнення розвитку горіння та до повного його припинення [1]. Кожної миті в горючій суміші їх досить мало, тому введення в зону горіння 2–3 % від об'єму цієї зони хімічно активного інгібітора зазвичай є достатнім для дезактивації наявних вільних радикалів і для придушення вогню. Для порівняння: для гасіння такої ж пожежі флегматизуючого агента (інертного газу) треба ввести у 20–30 разів більше.

Типовими інгібуючими засобами є галогеновуглеводні (фреони або хладони) і порошкові вогнегасні композиції. При цьому фреони більш ефективні, ніж порошкові композиції. Але галогеновуглеводні шкідливі для навколишнього середовища й персоналу, який з ними працює. До того ж вважається, що фреони відповідальні за появу дірок у захисному озоновому шарі Землі, і наприкінці 80-х років минулого століття Монреальським протоколом про речовини, що руйнують озоновий шар, було рекомендовано заборонити застосування й навіть виробництво галогеновуглеводнів, особливо найбільш летючих із них, хладонів: 14 (CCl_4), 13 (CF_3Cl), 13B1 (CF_3Br), 115 ($\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$), 12 (CF_2Cl_2) та 12B1 (CF_2ClBr). Порошкові вогнегасні композиції цього недоліку позбавлені. Їх головні компоненти – фосфати, карбонати й бікарбонати амонію, калію та натрію, тобто солі, які звичайно застосовуються як мінеральні добрива [2]. Для зниження комкування під час збереження через злипання окремих частинок в агломерати, до суміші додають компоненти, які гідрофобізують композицію і забезпечують сипучість порошку. Ці добавки також являють собою солі, нешкідливі для навколишнього середовища.

Невирішені раніше частини загальної проблеми. Основною перевагою порошкових вогнегасних композицій є невелика порівняно з іншими засобами витрата засобу для гасіння однакових пожеж, що пояснюється інгібуючим ефектом. Цей ефект є основним фізико-хімічним механізмом дії таких композицій [1; 2]. Але деякий вплив мають і додаткові фактори. Висока теплоємність мінеральних солей, а також значні витрати тепла на їх плавлення, випаровування та розклад призводять до інтенсивного поглинання енергії із зони горіння, спричиняючи її помітне охолодження [1; 2]. До переваг порошоків належать також відсутність потреби у створенні якихось особливих умов для їх зберігання і простота доставки до місця пожежі. Недоліки цих засобів пов'язані здебільшого з їх питомою густиною. Доволі

швидко осідаючи на поверхню, вони залишають зону горіння. Покрити всю поверхню порошок не здатний, тому можливим є залишення окремих тліючих осередків, що може викликати повторне загорання [1; 2]. Питома густина будь-якої солі вдвічі-втричі більша за густину води. Крім того, практично всі солі, які входять до складу порошкових вогнегасних композицій, водорозчинні. Це звужує область застосування порошоків. Зокрема, унеможливує ефективне застосування порошоків для гасіння значних розливів горючих рідин (бензину, нафти) на поверхні водойм. На відміну від спеціалізованих пін, вогнегасний порошок не здатен утворювати на поверхні води стійкий ізолюючий шар. Частинки порошку швидко осідають (тонуть), що не запобігає повторному займанню рідини від нагрітих конструкцій чи прилеглих осередків горіння.

Мета статті – обґрунтування шляхів удосконалення вогнегасних порошкових засобів шляхом іммобілізації вогнегасних солей на високпористих носіях (мінеральних і рослинних), що дає можливість усунути їх ключові експлуатаційні недоліки та розширити сферу застосування, зокрема для гасіння пожеж горючих рідин на поверхні водойм і для попередження поширення пожеж на торфовищах.

Виклад основного матеріалу. Під час визначення оптимальних розмірів частинок звичайного порошкового засобу виникають протиріччя. Щодо застосування порошку, то чим менші розміри мають ці частинки, тим вони ефективніші, оскільки мають більшу сумарну поверхню. Але виробництво занадто дрібних порошоків викликає деякі технологічні труднощі. Кінцева операція у їх виготовленні – сушка, яка проводиться в повітряному потоці з подальшим відділенням від повітря. А дуже дрібний порошок схильний проскакувати крізь усі фільтри. Усуненням цього недоліку було створення генераторів вогнегасного аерозолю. В них вогнегасний порошок мікронних розмірів утворюється під час роботи генератора, тому на злежування у нього немає часу. Це дає змогу підвищити вогнегасну здатність порошку, однак він починає рухатися разом із повітрям, як і газуваті вогнегасні засоби: вуглекислий газ, азот та фреони, і може використовуватися переважно в закритих приміщеннях.

Пожежі горючих рідин на поверхні водойми виникають у разі аварії танкерів, які у великих кількостях перевозять нафту і продукти її переробки. Оскільки всі ці вуглеводні легші за воду, водою припинити їх горіння неможливо. Вода навіть збільшує площу пожежі, сприяючи розтіканню вуглеводнів. Для гасіння флегматизуючими засобами

(інертними газами) або хладами треба створити значну концентрацію гасильного агента, що на відкритому просторі практично недосяжно. Звичайні порошкові засоби бажаного ефекту в гасінні таких пожеж теж не дають. Питома густина солей, що входять до складу порошкових композицій, більша за 3 г/см^3 . Це значно перевищує питому густину і води, і вуглеводневих рідин. Будь-який порошок відразу після нанесення занурюється під поверхню та залишає зону горіння, яка в рідинах перебуває над поверхнею. На практиці з різним успіхом для припинення горіння нафтопродуктів на поверхні водойми застосовують повітряно-механічні піни. В умовах моря чи океану це дуже складно й дорого. До того ж переважна більшість піноутворювачів має синтетичне походження та чинить непоправну шкоду флорі та фауні водойми і прибережжя. Більшість відомих на сьогодні пожеж горючих рідин на поверхні водойми ліквідовувалися переважно лише після повного вигорання розлитої речовини. Наслідками таких інцидентів ставали прямі економічні збитки (через знищення цінного продукту) та масштабне екологічне забруднення атмосфери та водного басейну продуктами горіння й залишками речовини.

Дуже складно гасити пожежі і на торфовищах, що обумовлено декількома факторами. Ці пожежі поширюються і поверхнею, і під нею. Ізоляційні засоби гасіння, у тому числі повітряно-механічні піни, тут непридатні, оскільки пористий торф має у своїй структурі повітря в кількості, достатній для підтримання стійкого горіння, тож наявність зовнішнього повітря для горіння торфу не є критичною. Створити значну концентрацію флегматизатора чи хладону тут, як і на морі, теж неможливо. Пожежу, яка поширюється торфовищем, неможливо загасити і вогнегасним порошком. Цей засіб можна розпилити лише на поверхню. Під поверхню ж, де зазвичай горіння поширюється тлінням, він не проникає. Єдиним засобом, який використовується для гасіння пожеж торфовищ сьогодні, є засіб охолоджувальний – вода. На жаль, задовільних результатів це не дає. У разі подавання води на поверхню вона або на поверхні ж і лишається, або стікає струмочками в окремі порожнини і тління не припиняє. Для ліквідації тління використовують спеціальне складне обладнання, зокрема довгі стволи, які занурюють на десятки метрів [3; 4]. Крізь ці стволи подають дуже велику кількість холодної води, у середньому використовують тонну води для припинення тління 1 кубометра торфу. А цю воду треба ще й доставляти, і найчастіше за десятки кілометрів. У більшості випадків пожежі на торфовищах продовжуються тижнями, а то й місяцями.

Не менших зусиль потребує і попередження поширення таких пожеж. Мета, яка тут звичайно ставиться, – обмежити район пожежі, не дати їй поширюватися за певні межі. Сучасні рекомендації для досягнення цієї мети передбачають три моменти: профілактична робота з населенням, обладнання протипожежних розривів і заводнення торф'яників. Робота з населенням здебільшого має чисто формальне значення. Інші два методи базуються на зниженні навколо потенційної зони горіння кількості горючих речовин.

Заводнення осушених торф'яників полягає у створенні комплексу з мережі каналів зі спеціальними засувками для затримання води. Щоб створити необхідний обсяг води в каналах, прокладають тимчасові багатокілометрові трубопроводи, якими воду переміщують із великих відстаней або в кращому випадку перекачують її з довколишніх водойм. Канали доводиться часто поповнювати, особливо спекотним літом. Усе це потребує великої кількості техніки і значних працевитрат.

Для обладнання протипожежних розривів певні площі обмежують широкими канавами й викопаними ровами. Копають до ґрунтових вод або до мінерального ґрунту. Для попередження запливання й подальшого заповнення каналів торфом рови заповнюють негорючим фільтрувальним матеріалом, набивними палями у ґрунтоцементній оболонці або встановлюють у ровах азбоцементні труби, заповнені вогнетривким штучним (шамот, шлак) чи природним (кварцовий пісок, каолін) матеріалом [5]. За іншим методом для заповнення ровів використовують суспензією з води та бентонітової глини або суміш речовин, здатних за підвищення температури розкладатися з виділенням вуглекислого газу [6]. Усі ці методи потребують дуже великих витрат і праці, яку можна назвати титанічною. І спрямовані вони на захист від пожежі, яка вже виникла й поширюється всією глибиною торф'яника. Вихідним постулатом є пануюча гіпотеза про виникнення загорання саме в глибині торфовища за тепловим або мікробіологічним механізмом самозагорання. Між тим останніми роками більшість провідних учених цієї галузі вказують на дуже малу вірогідність реалізації такого механізму в масі торф'яника, адже цей механізм передбачає попередній прогрів маси до температури самозаймання, що в умовах поверхневого зеленого світло-і теплоізолюючого шару неможливо навіть у дуже спекотну погоду. Самозаймання торфу може відбутися лише в місцях його видобутку, де висушений продукт чорного кольору лежить великими штабелями й поглинає сонячне випромінювання.

Згідно із сучасними поглядами, полум'я на торфовищах виникає за примусовим фізико-хімічним механізмом. Практично це завжди пов'язано з підпалом. Причому найчастіше з навмисною або випадковою дією людини (з кинутими незагашеними недопалками та сірниками, вогнищами, залишеними без нагляду, іскрами з глушників автомашин і мотоциклів). У дуже рідких випадках підпал може викликати блискавка. Але в будь-якому випадку виникає вогонь не в глибині, а на поверхні. Уже потім, крім поверхні, йде поширення і в глибину. Це означає, що захищати слід саме поверхневі шари. Звичайно, найкраще було б постійно тримати всю поверхню торфовища зволоженою. Практично ж це неможливо, особливо в найбільш пожежонебезпечний період, у літні місяці. Вода випаровуватиметься за лічені години, а то й хвилини. На певний період, зважаючи на ефективність дії і екологічність, як профілактичний засіб можна було б розсіяти по потенційно небезпечній поверхні розраховану кількість вогнегасного порошку. Зрозуміло, що це дорого, але не дорожче, ніж гасити таку пожежу або огорожувати потенційно небезпечні ділянки багатокілометровими глибокими ровами. На жаль, саме для застосування із цією метою, як і для гасіння пожеж горючих рідин на поверхні водойми, сучасні вогнегасні порошки непридатні. Головні їх компоненти – водорозчинні солі. Отже, перший же дощ або навіть роса, вимийть порошок у нижчі шари.

Таким чином, головним шляхом вдосконалення вогнегасних порошкових засобів можна вважати модифікацію їх у напрямі розширення сфери застосування з тим, щоб зробити ці засоби придатними для гасіння найбільш складних пожеж – горіння вуглеводневих рідин на поверхні водойми, а також для попередження поширення пожеж на торфовищах, що дотепер вимагає великої кількості техніки і значних працевитрат. В обох випадках бажано, щоб ці засоби були відносно недорогими й екологічно безпечними. Для припинення горіння вуглеводневих рідин на поверхні водойми треба забезпечити їх певну плавучість, тобто постійне перебування в зоні горіння рідини. Для попередження поширення пожежі на торфовищі її треба придушити в самому початку. А оскільки виникає ця пожежа на поверхні, потрібно захищати саме поверхню, причому засіб повинен бути таким, який потребуватиме не постійної участі обслуговуючого персоналу, а лише періодичного, раз на два-три роки, поповнення нанесеного шару. В обох випадках засоби повинні довго лишатися неушкодженими на поверхні моря чи торфовища, зберігаючи вогнегасні властивості. Запускатися ж

власне механізм гасіння повинен за підвищення температури, тобто в разі виникнення полум'я.

Одним із можливих шляхів розробки вогнегасних засобів, які б відповідали перерахованим вимогам, є виготовлення й використання вогнегасних солей, нанесених на внутрішню поверхню порожнин високопористих носіїв. Такі засоби останнім часом розробляються в Національному університеті цивільного захисту України [7–18]. Розроблено два основні різновиди: з використанням як носія мінеральної основи – спученого вермикуліту або спученого перліту [7] та з використанням тирси деревини [8]. В обох випадках в дуже вузькі пори носія іммобілізуються водні розчини вогнегасних солей, переважно фосфатів амонію. Подальше висушування залишає шар солі, адсорбований на внутрішніх стінках капілярів носія. Малий діаметр капілярів і значний поверхневий натяг водних розчинів перешкоджають прямому введенню розчинів, тому доводиться застосовувати спеціальну процедуру.

У випадку мінеральних носіїв з їх жорсткою структурою використовується вакуумна техніка. Гранули вермикуліту розміщуються під поверхнею розчину й утримуються сіткою з розміром вічка, меншим, ніж розмір гранули. Під дією невеликого вакууму з капілярів відсмоктується повітря. Після ж наступного з'єднання простору над сіткою з атмосферним тиском повітря в капілярах замінюється розчином вогнегасної солі. Висушування залишає легкі гранули, капіляри в яких заповнені адсорбованою вогнегасною сіллю. Співвідношення носій : сіль регулюється так, щоб насипна маса висушеного продукту була не більшою за 0,7–0,8 г/см³, що під час застосування дає можливість засобу завжди плавати на поверхні горючої рідини, тобто саме в зоні горіння.

Тирса ж деревини завдяки еластичності стінок капілярів дає змогу заповнювати ці капіляри без вакууму, просто декілька разів стискаючи й відпускаючи масу тирси в розчині, який ця маса вбирає подібно губці.

Кожен із носіїв має свої переваги. Гранули вермикуліту відрізняються достатньо великими розмірами (від 0,5 до 5 мм) за дуже низької насипної маси (0,065–0,150 г/см³). Підприємствами спучених матеріалів вони випускаються розсіяними по фракціях. Це дає змогу варіювати розміри частинок вогнегасного засобу, підбирати гранули так, щоб вони мали оптимальну величину: були достатньо малими, щоб забезпечити покриття якомога більшої поверхні, але достатньо великими, щоб не виноситись із зони горіння конвективними потоками відразу після введення. Основний недолік засобів на основі мінерального

носія – необхідність застосування для їх виготовлення вакуумної техніки. Хоча потрібне тут розрізнення й невелике ($P_{\text{залишкове}} = 400\text{--}500$ мм рт. ст.), усе ж його необхідність збільшує собівартість.

Тирса деревини із цього погляду здається більш привабливою. Її недолік – більша насипна маса. Це з огляду на необхідність забезпечення потрібної плавучості засобу дещо обмежує можливості введення значної кількості вогнегасної солі.

У разі застосування для гасіння пожеж вуглеводневих рідин на поверхні водою гранули на основі спученого вермикуліту розташовуються на поверхні рідини та під дією вогню поступово віддають адсорбовані солі, які і придушують горіння.

Просочена вогнегасними солями тирса (якщо її використовувати як носій) за такого застосування залишається в зоні горіння, але не підтримує його. Горінню перешкоджає процес інгібування, який забезпечують солі, що є активними компонентами вогнегасних порошків, – найчастіше фосфати або бікарбонати. Натомість поверхневі шари деревини швидко піролізуються, перетворюючись у газоподібні речовини й вивільняючи вогнегасні солі.

Головним фізико-хімічним механізмом гасіння пожежі в обох випадках є механізм інгібування, тобто дезактивації активних частинок горіння. Але, розташовуючись на поверхні горючої рідини, вони додатково ще й зменшують поверхню випаровування цієї рідини, що знижує кількість горючого матеріалу, який надходить у зону горіння, адже горить не сама рідина, а її пари після того, як вони в зоні горіння перемішуються з повітрям.

Виготовлення засобів на основі високопористих носіїв, іммобілізованих вогнегасними солями, для використання як попереджувачів поширення пожеж навіть простіше, ніж призначених для гасіння рідин: не треба піклуватися про плавучість, тобто не треба вживати заходів для регулювання насипної маси, можна ввести максимальну кількість вогнегасної компоненти.

Проте ключовим недоліком такого підходу є висока розчинність вогнегасних солей у воді. Це призводить до їх неминучого вимивання (вилуговування) з пористого носія під дією атмосферних опадів, що зводить нанівець довгостроковий ефект просочення.

Твердження про те, що поверхневий натяг води завадить їй проникнути в пори, не витримує критики, оскільки воно ігнорує гігроскопічність самих солей і капілярні ефекти.

Саме тому шлях удосконалення цього методу лежить у додатковій іммобілізації солі. Цього можна досягти шляхом гідрофобізації просоченого носія, наприклад обробкою кремнійорганічними

(силіконовими) рідинами або іншими водовідштовхувальними зв'язуючими речовинами, які створять захисний бар'єр без погіршення вогнегасних властивостей.

За підвищення температури, як і у випадку горіння рідин, засоби на основі спученого вермикуліту віддаватимуть вогнегасні компоненти внаслідок десорбції, а засоби на основі тирси – після піролізу носія. Указані особливості дадуть змогу вносити такий засіб один раз на три-чотири роки.

Однією з переваг таких засобів є і їх абсолютна нешкідливість для навколишнього середовища. Спучений вермикуліт у сільському господарстві застосовується для структурування ґрунтів, солі амонію – як мінеральні добрива, а тирса деревини – натуральна речовина.

Запропонований метод принципово змінює технологічний ланцюг, усуваючи необхідність роботи з дрібнодисперсним пилом на етапах виробництва. Основні технологічні операції проводяться з водними розчинами солей, що кардинально покращує умови та гігієну праці, усуваючи ризики для органів дихання.

Хоча технологія передбачає енергозатратну стадію висушування просочених гранул, кінцевий продукт (з ефективним діаметром 2–4 мм) значно легше відділяти стандартними промисловими методами (циклони, вібросита), ніж мікронний пил традиційних ВГП. Це також спрощує процеси фасування та знижує втрати готового продукту.

Проведені техніко-економічні розрахунки [9; 11] показали, що навіть за організації випуску на пілотних установках очікувана собівартість виготовлених цим методом засобів є конкурентоспроможною. Вона нижча, ніж ринкова ціна найбільш поширених сьогодні вогнегасних порошків загального призначення (класів А, В, С).

Висновки. Розглянуто переваги і недоліки порошкових засобів гасіння пожежі. Відмічено, що на сьогодні з вогнегасних засобів у системі «ефективність – екологічність» найкращими є саме порошкові композиції. Показані недоліки цих засобів, які обмежують сферу їх застосування, зокрема непридатність їх для гасіння пожеж горючих рідин на поверхні водою і для попередження поширення пожеж на торфовищах, а також наявність деяких труднощів під час виготовлення. Для гасіння пожеж горючих рідин на поверхні водою показано необхідність застосування вогнегасного засобу, який здатен довгий час залишатися на поверхні рідини, тобто в зоні горіння її парів. Наголошується, що на торфовищі пожежа в переважній більшості випадків виникає не за механізмом самозагорання в його товщі, а на поверхні – за механізмом примусового загорання,

у зв'язку із чим попередження поширення цих пожеж доцільно організовувати шляхом придушення вогню в момент його виникнення і саме на поверхні.

Запропоновано шляхи вдосконалення порошкових засобів, які полягають в іммобілізації вогнегасних солей на внутрішню поверхню капілярів високопористих мінеральних носіїв (спученого вермикуліту) і в іммобілізації цих солей на внутрішню поверхню капілярів тирси деревини. Указані шляхи надають можливість розширити сферу застосування порошкових засобів, зокрема з успіхом використовувати їх для гасіння пожеж горючих рідин на поверхні водойм і для попередження поширення пожеж на торфовищах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Єлагін Г. І., Тищенко О. М., Алексєєв А. Г., Нуянзін В. М., Майборода А. О. Теорія виникнення, розвитку, горіння та вибуху. Припинення горіння. Черкаси : ЧПБ, 2020. 490 с.
2. Жартовський С. В., Мирошник О. М., Тищенко Є. О. Вогнегасні порошки та умови їх застосування : навч. посіб. Черкаси : вид. Третяков О. М., 2020. 250 с.
3. Спеціальний пожежний ствол для гасіння підземних пожеж : пат. 133683 Україна: МПК А62С 3/02 (2006.01) / Ковалишин В. В., Сукач Р. Ю., Антонов А. В. ; заявник і власник – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. № u2018 07685 ; заявл. 09.07.2018. Опубл. 25.04.2019. Бюл. № 8.
4. Кирилів Я. Б., Ковалишин В. В., Сукач Р. Ю. Пожежна небезпека торф'яників, торфорозробок та методи і засоби підвищення ефективності їх гасіння. Надзвичайні ситуації: безпека та захист : матеріали ІХ Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси : ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2019. С. 59–65.
5. Спосіб профілактики пожежонебезпечної площі торф'яного родовища : пат. 104989 Україна: МПК А62С 3/02 (2006.01) / Бідношея В. Я., Петруняк М. В. ; заявники і власники – Бідношея В. Я., Петруняк М. В. № u2015 09765 ; заявл. 2015. Опубл. 25.02.2016. Бюл. № 4.
6. Спосіб обмеження розповсюдження пожеж на торф'яниках : пат. на корисну модель № 135418 Україна / Поздєєв С. В. та ін. ; заявник і власник – Мигаленко К. І. № u201901248 ; заявл. 07.02.2019 ; чинне з 25.06.2019. Опубл. 25.06.2019. Бюл. № 12.
7. Вогнегасний засіб : пат. на корисну модель № 91400 Україна / Єлагін Г. І., Кришталь М. А., Палагін Р. А. ; заявники і власники – Єлагін Г. І., Кришталь М. А., Палагін Р. А. Опубл. 10.07.2014. Бюл. № 13/2014.
8. Спосіб виготовлення вогнегасного засобу : пат. на корисну модель № 136533 Україна / Єлагін Г. І., Ющук Ю. О., Алексєєва О. С. ; заявники і власники – Єлагін Г. І., Ющук Ю. О., Алексєєва О. С. Опубл. 27.08.2019. Бюл. № 16/2019.
9. Єлагін Г. І., Куценко М. А., Алексєєва О. С., Ющук І. О., Наконечний В. В., Заїка П. І. Техніко-економічне обґрунтування організації виготовлення засобів для гасіння пожеж горючих рідин на основі вогнегасних солей, іммобілізованих пористим носієм. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація : зб. наук. пр. Черкас. ін-ту пожеж. безпеки ім. Героїв Чорнобиля Нац. ун-ту цивіл. захисту України. 2019. Т. 3, № 1. С. 42–50.
10. Спосіб виготовлення вогнегасного засобу : декларац. пат. на корисну модель № 141870 Україна / Єлагін Г. І., Нуянзін О. М., Тищенко Є. О., Алексєєва О. С., Наконечний В. В. ; заявники і власники – Єлагін Г. І., Нуянзін О. М., Тищенко Є. О., Алексєєва О. С., Наконечний В. В. Опубл. 27.04.2020. Бюл. № 8.
11. Куценко М. А., Єлагін Г. І., Алексєєв А. В., Наконечний В. В., Алексєєва О. С. Обґрунтування техніко-економічної доцільності гасіння пожеж розлитих горючих речовин засобами на основі пористих носіїв з іммобілізованими вогнегасними речовинами. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація : зб. наук. пр. Черкас. ін-ту пожеж. безпеки ім. Героїв Чорнобиля Нац. ун-ту цивіл. захисту України. 2021. Т. 5, № 1. С. 67–77.
12. Jelagin G., Kutsenko M., Alekseev A., Nuianzin A., Nesen I. Extinguishing media for spilled flammable liquids. *The Scientific Heritage* (Budapest, Hungary). 2022. Vol. 1, No. 84. P. 15–25.
13. Несен І. О., Єлагін Г. І., Алексєєва О. С., Ножко І. В., Куценко М. А., Алексєєв А. В. До проблеми попередження пожеж на торфовищах. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація : зб. наук. пр. Черкас. ін-ту пожеж. безпеки ім. Героїв Чорнобиля Нац. ун-ту цивіл. захисту України. 2022. Т. 6, № 1. С. 69–74.
14. Elagin G. I., Crystal D. O., Tishchenko E. O., Kutsenko M. A., Alekseeva O. S., Alekseev A. G., Zaika P. I. Physical-chemical mechanism of extinguishing and warning of fires by facilities on basis of high-porous transmitters. *Colloquium-journal*. 2024. № 11 (204), Cześć 1. P. 36–41.
15. Куценко М. А., Єлагін Г. І., Алексєєв А. В., Алексєєва О. С. Економічний ефект застосування засобів на основі вогнегасних солей, іммобілізованих пористим носієм для гасіння пожеж горючих рідин. Цивільна безпека: державне управління та кризовий менеджмент. 2022. С. 6–19.
16. Несен І. О., Куценко М. А., Єлагін Г. І., Алексєєва О. С., Нуянзін О. М., Алексєєв А. Г., Словінський В. К. Оцінка кількості шкідливих речовин в продуктах згоряння при пожежі на торфовищах, та екологічних втрат внаслідок такої пожежі. *Colloquium-journal*. 2023. № 4 (163), Cześć 1. P. 52–57.
17. Спосіб запобігання поширенню пожежі на торфовищі : пат. на корисну модель № 153448 Україна / Несен І. О. та ін. ; заявники і влас-

ники – Несен І. О., Єлагін Г. І., Алексєєва О. С., Копитін Д. Е., Нуянзін О. М., Алексєєв А. Г., Куценко М. А., Ножко І. О., Гончар С. В., Халявко В. В. № u202300355 ; заявл. 02.02.2023; чинне з 06.07.2023. Опубл. 05.07.2023. Бюл. № 27.

18. Elagin G., Kutsenko M., Alekseev A., Nuianzin A., Alekseeva E., Crystal D., Vedula S. Development of fire prevention measures on peat plates. *The Scientific Heritage*. 2024. No. 136. P. 36–43.

REFERENCES

1. Yelagin, H. I., Tyshchenko, O. M., Alekseev, A. H., Nuianzin, V. M., & Maiboroda, A. O. (2020). Teoriia vynyknennia, rozvytku, horinnia ta vybukhu. Prypynennia horinnia [Theory of fire initiation, development, combustion and explosion. Fire suppression]. Cherkasy: ChIPB [in Ukrainian].

2. Zhartovskyi, S. V., Myroshnyk, O. M., & Tyshchenko, Ye. O. (2020). Vohnehasni poroshky ta umovy yikh zastosuvannia [Fire extinguishing powders and conditions of their use]. Cherkasy: Tretiakov O. M. Publishing [in Ukrainian].

3. Kovalyshyn, V. V., Sukach, R. Yu., & Antonov, A. V. (2019). Spetsialnyi pozhezhnyi stvol dlia hasinnia pidzemnykh pozhezh [Special fire nozzle for extinguishing underground fires] (Ukraine Patent No. 133683). Lviv State University of Life Safety [in Ukrainian].

4. Kyryliv, Ya. B., Kovalyshyn, V. V., & Sukach, R. Yu. (2019). Pozhezhna nebezpeka torfianyky, torforozrobok ta metody i zasoby pidvyshchennia efektyvnosti yikh hasinnia [Fire hazard of peatlands, peat deposits and methods and means of increasing extinguishing efficiency]. In *Nadzvychaini sytuatsii: bezpeka ta zakhyst* (pp. 59–65). Proceedings of the IX All-Ukrainian Scientific-Practical Conference with International Participation. Cherkasy: ChIPB im. Heroiv Chornobyla NUCUZ Ukrainy [in Ukrainian].

5. Bidnosheia, V. Ya., & Petrunyak, M. V. (2016). Sposib profilaktyky pozhezhonebezpechnoi ploshchi torfianoho rodovyschcha [Method for preventing fire-hazardous area of peat deposit] (Ukraine Patent No. 104989 [in Ukrainian].

6. Pozdiiev, S. V., Mygalenko, K. I., Zemlianskyi, O. M., Kutsenko, S. V., Kostyrka, O. V., Nuianzin, V. M., et al. (2019). Sposib obmezhenia rozpovsudzhenia pozhezh na torfianyakh [Method for limiting the spread of fires on peatlands] (Ukraine Utility Model No. 135418) [in Ukrainian].

7. Yelagin, H. I., Kryshtal, M. A., & Palahin, R. A. (2014). Vohnehasnyi zasib [Fire extinguishing agent] (Ukraine Utility Model No. 91400). Published 10.07.2014, Bulletin No. 13/2014 [in Ukrainian].

8. Yelagin, H. I., Yushchuk, Yu. O., & Alekseeva, O. S. (2019). Sposib vyhotovlennia vohnehasnoho zasobu [Method for producing fire extinguishing agent] (Ukraine Utility Model No. 136533). Published 27.08.2019, Bulletin No. 16/2019 [in Ukrainian].

9. Yelagin, H. I., Kutsenko, M. A., Alekseeva, O. S., Yushchuk, I. O., Nakonechnyi, V. V., &

Zaika, P. I. (2019). Tekhniko-ekonomichne obgruntuvannia orhanizatsii vyhotovlennia zasobiv dlia hasinnia pozhezh horiuchykh ridyn na osnovi vohnehasnykh solei, immobilizovanykh porystym nosiiem [Technical and economic justification for the production of fire extinguishing agents for flammable liquids based on immobilized fire salts on porous carriers]. *Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia – Emergency Situations: Prevention and Response*, 3 (1), 42–50 [in Ukrainian].

10. Yelagin, H. I., Nuianzin, O. M., Tyshchenko, Ye. O., Alekseeva, O. S., & Nakonechnyi, V. V. (2020). Sposib vyhotovlennia vohnehasnoho zasobu [Method for producing fire extinguishing agent] (Ukraine Utility Model No. 141870). Published 27.04.2020, Bulletin No. 8 [in Ukrainian].

11. Kutsenko, M. A., Yelagin, H. I., Alekseev, A. V., Nakonechnyi, V. V., & Alekseeva, O. S. (2021). Obgruntuvannia tekhniko-ekonomichnoi dotsilnosti hasinnia pozhezh rozlytykh horiuchykh rehovyn zasobamy na osnovi porystykh nosiiv z immobilizovanykh vohnehasnykh rehovynamy [Technical and economic feasibility of extinguishing spilled flammable liquid fires using porous carriers with immobilized fire extinguishing substances]. *Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia – Emergency Situations: Prevention and Response*, 5 (1), 67–77 [in Ukrainian].

12. Jelagin, G., Kutsenko, M., Alekseev, A., Nuianzin, A., & Nesen, I. (2022). Extinguishing media for spilled flammable liquids. *The Scientific Heritage* (Budapest, Hungary), 1 (84), 15–25.

13. Nesen, I. O., Yelagin, H. I., Alekseeva, O. S., Nozhko, I. V., Kutsenko, M. A., & Alekseev, A. V. (2022). Do problemy poperedzhennia pozhezh na torfovyschchakh [On the problem of fire prevention in peatlands]. *Nadzvychaini sytuatsii: poperedzhennia ta likvidatsiia – Emergency Situations: Prevention and Response*, 6 (1), 69–74 [in Ukrainian].

14. Elagin, G. I., Crystal, D. O., Tyshchenko, E. O., Kutsenko, M. A., Alekseeva, O. S., Alekseev, A. G., & Zaika, P. I. (2024). Physical-chemical mechanism of extinguishing and warning of fires by facilities on basis of high-porous transmitters. *Colloquium-journal*, 11 (204), Część 1, 36–41.

15. Kutsenko, M. A., Yelagin, H. I., Alekseev, A. V., & Alekseeva, O. S. (2022). Ekonomichnyi efekt zastosuvannia zasobiv na osnovi vohnehasnykh solei, immobilizovanykh porystym nosiiem dlia hasinnia pozhezh horiuchykh ridyn [Economic effect of using fire extinguishing agents based on salts immobilized on porous carriers for extinguishing flammable liquid fires]. *Tsyvilna bezpeka: derzhavne upravlinnia ta kryzovi menedzhment – Civil Safety: Public Administration and Crisis Management*, 6–19 [in Ukrainian].

16. Nesen, I. O., Kutsenko, M. A., Yelagin, H. I., Alekseeva, O. S., Nuianzin, O. M., Alekseev, A. H., & Slovinskyi, V. K. (2023). Otsinka kilkosti shkidlyvykh rehovyn v produktakh zghoriannia pry pozhezhii na torfovyschchakh, ta ekolohichnykh vtrat vnaslidok takoi

pozhezhi [Assessment of harmful substances in combustion products during peatland fires and resulting environmental losses]. Colloquium-journal, 4 (163), Część 1, 52–57 [in Ukrainian].

17. Nesen, I. O., Yelagin, H. I., Alekseeva, O. S., Kopytin, D. E., Nuianzin, O. M., Alekseev, A. H., Kutsenko, M. A., Nozhko, I. O., Honchar, S. V., & Khaliavko, V. V. (2023). Sposib zapobihannia posh-

ynenniu pozhezhi na torfovyyshchi [Method for preventing the spread of fire on peatlands] (Ukraine Utility Model No. 153448). Published 05.07.2023, Bulletin No. 27 [in Ukrainian].

18. Jelagin, G., Kutsenko, M., Alekseev, A., Nuianzin, A., Alekseeva, E., Crystal, D., & Vedula, S. (2024). Development of fire prevention measures on peat plates. The Scientific Heritage, No. 136, 36–43.

© М. А. Куценко, І. П. Романюк, О. В. Кириченко, О. В. Ніконішин, Є. В. Школяр, Р. Б. Мотрічук, С. О. Хряпак, І. І. Іщенко

Науково-методична стаття.

Стаття надійшла до редакції 15.09.2025

Стаття прийнята 01.10.2025

Статтю опубліковано 23.12.2025

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

БАЛАНЮК Володимир Мірчович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, професор кафедри фізики та хімії горіння, доктор технічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8951-6534>

БЕРЕЗОВСЬКИЙ Андрій Іванович, Національний університет цивільного захисту України, начальник кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій України, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4043-1206>

ВЕЛИКИЙ Ярема Богданович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, кандидат педагогічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3241-5211>

ВЕСЕЛІВСЬКИЙ Роман Богданович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, доцент кафедри цивільного захисту, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3266-578X>

ВОВК Сергій Ярославович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, докторант, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5278-3754>

ВОЙТОВИЧ Дмитро Петрович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2280-5585>

ГАВРИЛЮК Андрій Федорович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, професор кафедри цивільного захисту, доктор технічних наук, доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8727-9950>

ГРИГОРЕНКО Олександр Миколайович, Національний університет цивільного захисту України, доцент кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4629-1010>

ДОМАНСЬКИЙ Юрій Володимирович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0330-6420>

ДОМІНІК Андрій Михайлович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, заступник начальника факультету з навчально-наукової роботи, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0139-2002>

ЖЕЗЛО-ХЛЕВНА Наталія Володимирівна, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3768-2863>

ІЩЕНКО Іван Іванович, Національний університет цивільного захисту України, викладач кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій Навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5050-4926>

КАЛУЖНЯК Ігор Іванович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, ад'юнкт денної форми здобуття освіти докторантури-ад'юнктури, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1101-1403>

КИРИЧЕНКО Оксана В'ячеславівна, Національний університет цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0240-1807>

КОВАЛЬ Володимир Віталійович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, ад'юнкт денної форми здобуття освіти докторантури-ад'юнктури, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5133-9542>

КОЗИРА Ігор Михайлович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, заступник начальника кафедри управління діяльністю підрозділів цивільного захисту, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0368-2977>

КОНАНЕЦЬ Роман Миколайович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, доктор філософії, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2360-4002>

КОПИЛ Богдан Янович, Національний університет цивільного захисту України, аспірант кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2995-3927>

КУЦЕНКО Марія Анатоліївна, Національний університет цивільного захисту України, кандидат економічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6879-9187>

ЛАЗАРЕНКО Олександр Вікторович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, заступник начальника кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0500-0598>

МАКАРЕНКО Ольга Валеріївна, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, доцент кафедри матеріалознавства та інженерії композитних конструкцій, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4125-2365>

МОТРИЧУК Роман Борисович, Національний університет цивільного захисту України, доктор філософії з пожежної безпеки, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5670-6788>

НІЖНИК Вадим Васильович, Інститут наукових досліджень з цивільного захисту, доктор технічних наук, професор, начальник науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3370-9027>

НІКОНИШИН Олександр Вікторович, Національний університет цивільного захисту України, ад'юнкт кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4657-4949>

ПАРХОМЕНКО Володимир-Петро Олегович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, кандидат технічних наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7431-4801>

ПАРХОМЕНКО Руслан Володимирович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, кандидат технічних наук, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2954-676>

ПЕТРОВСЬКИЙ Віталій Львович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, науковий співробітник науково-дослідної лабораторії екологічної безпеки, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5323-7824>

ПИКУС Віктор Степанович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, начальник НВЦ євростандарт, аспірант, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8850-9068>

РОМАНЮК Ігор Павлович, Національний університет цивільного захисту України, кандидат технічних наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0427-5645>

САВЧЕНКО Олеся Вікторівна, Інститут наукових досліджень з цивільного захисту, аспірант, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4140-3055>

САЄНКО Наталія Вячеславівна, Національний університет цивільного захисту України, доцент кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4873-5316>

СКРИПИНЕЦЬ Анна Василівна, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, старший викладач кафедри хімії та інтегрованих технологій, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2340-023X>

СЛОБОДЯН Василь Ігорович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, курсант, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3163-5956>

СУДНІЩИН Юрій Тарасович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4218-8446>

СУКАЧ Роман Юрійович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, кандидат технічних наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4174-9213>

ФРЕЙОК Дмитро Васильович, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, здобувач вищої освіти, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7076-3431>

ХАРИШИН Дем'ян Васильович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, старший викладач-методист відділу забезпечення якості освіти, кандидат технічних наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0927-9998>

ХЛЕВНОЙ Олександр Вікторович, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, кандидат технічних наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2846-3480>

ХРЯПАК Сергій Олександрович, Національний університет цивільного захисту України, кандидат філологічних наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9078-976X>

ШКОЛЯР Євгеній Володимирович, Національний університет цивільного захисту України, кандидат психологічних наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7304-1677>