

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**



**МАТЕРІАЛИ
3-ї Міжнародної науково-практичної конференції
«Проблеми пожежної безпеки 2024»
(«Fire Safety Issues 2024»)**



ХАРКІВ 2024

*М.Я. Карвацька, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
О.І. Лавренюк, д.т.н., доцент, Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності*

*Б.М. Михалічко, д.х.н., професор, Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності*

ЕКОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН ТА ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Актуальним завданням у справі пожежогасіння є пошук і дослідження нових вогнегасних засобів та удосконалення тих, які вже існують, оскільки ефективність боротьби з пожежами значною мірою залежить від якості вогнегасних речовин та технологій з їх застосування. У світовій практиці для запобігання виникненню пожеж класу В та для їх гасіння широко застосовують аерозольне подавання водних вогнегасних речовин (ВВР) у полум'я.

На сьогоднішній день вода залишається найпоширенішим вогнегасним засобом, завдяки своїй дешевизні, доступності, екологічності тощо. Вогнегасна дія води на осередок пожежі проявляється через охолодження, ізолювання чи розбавлення. Проте вода не проявляє інгібувальної дії на полум'я, бо залишається хімічно інертною до більшості горючих речовин. Щоб підвищити вогнегасну ефективність води, до неї додають різні хімічно активні речовини (переважно неорганічні солі), щоб покращити її унікальні фізико-хімічні властивості.

Як інгібітори горіння, найчастіше використовують солі лужних, лужноземельних металів та амонію. Більшість цих речовин є добре розчинними у воді і тому в процесі гасіння пожеж їх можна використовувати як концентровані водні розчини.

Привертають увагу публікації, які стосуються розроблення нових вогнегасних речовин на основі солей перехідних металів. Зокрема, як ВВР часто використовують солі *d*-металів. Виявилось, що деякі з цих солей є більш ефективними інгібіторами горіння, ніж хлориди – CF_3Br . Відомо, що хлориди спричиняють руйнування озонового шару земної атмосфери і тому їх не рекомендують використовувати в справі пожежогасіння. Ефективність придушення полум'я аерозолями водних розчинів солей перехідних металів забезпечується особливими хімічними властивостями цих металів як акцепторів електронів чи акцепторів хімічних радикалів, що утворюються в полум'ї. Саме ця особливість надає цим водним вогнегасним композиціям здатність ефективно призупиняти поширення полум'я [1].

Доволі перспективними речовинами, які можна використовувати для створення ВВР, є неорганічні солі купруму(II). Серед цього класу ВВР особливої уваги заслугове концентрований водний розчин купрум(II) хлориду, а саме – 40% водний розчин CuCl_2 , який під час гасіння осередків займає класу В (дизельне пальне) показав неабияку ефективність [2]. Так, зважаючи на вогнегасні випробування концентрованого водного розчину CuCl_2 , гасіння горіння дизельного пального цією ВВР виявилось у 26 разів більш ефективним, ніж водою. Вогнегасна ефективність 40% водного розчину CuCl_2 є наслідком особливої поведінки хлориду купруму(II) в полум'ї [3], адже після потрапляння аерозолу водного розчину CuCl_2 в зону горіння розпочинаються складні фізико-хімічні перетворення, які призводять до переривання ланцюгових реакцій в полум'ї. Ще однією відомою ВВР є комплексна сіль калію і купруму – $\text{K}_2[\text{CuCl}_4]$. Експериментальні дослідження довели, що у разі гасіння горіння моноетаноламіну вогнегасна здатність 40% водного розчину калій тетрахлокупрату(II) у 4,2 раза вища, ніж у води, а якщо зіставляти результати випробувань з гасіння горіння *n*-гексану, то вогнегасна здатність буде у 3,2 раза вищою, ніж у води [4].

В літературі також є відомості щодо ефективного придушення полум'я концентрованими водними розчинами калій гексаціаноферату(II) – $K_4[Fe(CN)_6]$ та калій гексаціаноферату(III) – $K_3[Fe(CN)_6]$. Зокрема, концентрований водний розчин калій гексаціаноферату(III) спроможний доволі дієво гасити лісові пожежі. Однак, використання ВВР на основі 30% водного розчину $K_3[Fe(CN)_6]$ як інгібітора горіння має істотний недолік. При внесення цієї ВВР в полум'я утворюються дуже токсичні продукти термічного розкладання цієї комплексної солі. Зокрема, вже при температурі 350–400 °С калій гексаціаноферат(III) розкладається з виділенням вкрай токсичної сполуки KCN і газоподібного диціану $(CN)_2$.

Як показали нещодавно проведені випробування [5], ВВР на основі неорганічної солі феруму(III), а саме – 40% водний розчин ферум(III) сульфату здатний ефективно придушувати поширення полум'я. Слід зазначити, що водний розчин цієї солі не містить токсичних продуктів розкладання. Автори встановили, що тривалість гасіння полум'я, зумовленого горінням неполярних вуглеводнів, аерозолем концентрованого водного розчину цієї солі становить 5 с, що у 4,9 рази ефективніше за водогінну воду. Водночас мінімальний об'єм витраченого 40% водного розчину $Fe_2(SO_4)_3$ на повне припинення горіння становив 0,2 л/м². Як бачимо, атоми перехідних металів і в цьому разі є акцепторами електронів, що й забезпечує цим вогнегасним композиціям високу здатність призупиняти поширення полум'я.

ЛІТЕРАТУРА

1. Linteris G. T., Katta V. R., Takahashi F. Experimental and numerical evaluation of metallic compounds for suppressing cupburner flames. *Combustion and Flame*. 2004. Vol. 138 (1–2). P. 78–96.
2. Mykhalitchko B., Lavrenyuk H., Mykhalitchko O. New water-based fire extinguishant: elaboration, bench-scale tests, and flame extinguishment efficiency determination by cupric chloride aqueous solutions. *Fire Safety Journal*. 2019. Vol. 105. P. 188–195.
3. Карвацька М. Я., Лавренюк О. І., Пархоменко В.-П. О., Михалічко Б. М. Квантово-хімічне моделювання інгібувального впливу водних розчинів неорганічних солей купруму(II) на горіння вуглеводнів. *Вісник ЛДУБЖД*. 2021. № 23. С. 33–38.
4. Korobeinichev O. P., Shmakov A. G., Chernov A. A., Bol'shova T. A., Shvartsberg V. M., Kutsenogii K. P., Makarov V. I. Fire suppression by aqueous solutions salts aerosols. *Combustion Explosion and Shock Waves*. 2010. Vol. 46. № 1. P. 16–20.
5. Карвацька М. Я., Пастухов П. В., Петровський В. Л., Лавренюк О. І., Михалічко Б. М. Вогнегасні випробування концентрованого водного розчину ферум(III) сульфату. *Пожежна безпека*. 2022. № 40. С. 55–60.

M.Ya. Karvats'ka, L'viv State University of Life Safety

O.I. Lavrenyuk, DocSci (Engineering), docent, L'viv State University of Life Safety

B.M. Mykhalichko, DocSci (Chemistry), professor, L'viv State University of Life Safety

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF USING AQUEOUS FIRE-EXTINGUISHING AGENTS AND IMPROVING THEIR EFFICIENCY

According to the analysis of the current situation, aerosol fire extinguishing agents based on various s- and d-metal salts are traditionally used to extinguish fires and improve the reliability of fire protection at various industrial facilities. Aqueous fire extinguishing agents contain chlorides, carbonates and phosphates of alkali, alkaline earth and transition metals as their main components. These components are able to stop the combustion process exclusively in the flame due to the mechanism of combustion inhibition, which is not yet fully understood. The use of some fire extinguishing agents can lead to high levels of pollution. In particular, such d-metal salts as potassium hexacyanoferrate(II) and potassium hexacyanoferrate(III) can form highly toxic decomposition products when exposed to flames.

**SECTION 5. ENVIRONMENTAL ASPECTS OF FIRE SAFETY AND LABOR
PROTECTION**
**СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНА
ПРАЦІ**

<i>Отрош В.Ю., Рашкевич Н.В., Turutanov O.</i> Ризик природних пожеж під час військової агресії	236
<i>Карвацька М.Я., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М.</i> Екологічний аспект використання водних вогнегасних речовин та проблеми підвищення їх ефективності	238
<i>Карпова Дарина, Гарбуз Сергій</i> Екологічні наслідки пожеж в природних екосистемах	240
<i>Ковальов Олександр, Рагімов Сергій</i> Сучасна організація моніторингу атмосферного повітря	242
<i>Пелипенко М.М.</i> Екологічний аспект пожежної безпеки лісів та заходи їх захисту від пожеж	245
<i>Калиненко Л.В., Слуцька О.М., Гордєєв П.М.</i> Упорядкування класифікації та загальних технічних вимог до фільтрувальних засобів індивідуального захисту органів дихання населення у надзвичайних ситуаціях	247
<i>Тютюник Вадим, Захарченко Юлія</i> Підвищення ефективності оцінки екологічної обстановки в зоні надзвичайної ситуації за допомогою безпілотних літальних апаратів	249
<i>Бондаренко А.Ю., Лобойченко В.М., Шевченко О.С., Шевченко Р.І.</i> Розробка інформаційно-технічних засобів моніторингу небезпек, пов'язаних із потраплянням забруднюючих речовин в довкілля	251