

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

XVIII Міжнародна
науково-практична конференція
молодих вчених, курсантів та студентів

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ



Львів-2023



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*XVIII Міжнародної науково-практичної
конференції молодих вчених, курсантів та
студентів*

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Львів – 2023

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- Голова:** **Василь ПОПОВИЧ** – т.в.о. проректора з науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;
- Заступники голови:** **Сергій ЄМЕЛЬЯНЕНКО** – начальник відділу організації науково-дослідної діяльності, к.т.н., ст. досл., ЛДУ БЖД;
Василь КАРАБИН – д.т.н., доцент начальник Навчально-наукового інституту психології та соціального захисту, ЛДУ БЖД;
Андрій ЛІН – к.т.н., доцент, начальник Навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки, ЛДУ БЖД;
Ольга МЕНЬШИКОВА – к.ф.-м.н., доцент, заступник начальника Навчально-наукового інституту цивільного захисту, ЛДУ БЖД;
- Члени наукового комітету:** **Henryk POLCIK** – PhD, SEW, Cracow, Poland;
Rafal MATUSZKIEWICZ – MSFS, Warsaw, Poland;
Oksana TELAK – Doctor of Sciences, MSFS, Warsaw, Poland ;
Oliver WICHE – PhD, TUBAF, Freiberg, Germany ;
Izabella GRABOWSKA-LEPCZAK – PhD, MSFS, Warsaw, Poland ;
Dariusz SKALSKI – Doctor of Sciences, Professor, UPES, Gdansk, Poland;
Jerzy TELAK – Doctor of Sciences, Professor, ASE, Warszawa, Poland;
Ausra MAZEIKIENE – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Environmental Protection and Water Engineering, VGTU;
Юрій СТАРОДУБ – д.ф.-м.н., професор, професор відділу організації науково-дослідної діяльності, ЛДУ БЖД;
Роман ЛАВРЕЦЬКИЙ – к.і.н., доцент, учений секретар Університету, ЛДУ БЖД;
- Члени оргкомітету:** **Юрій РУДИК** – д.т.н., доцент, головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, ЛДУ БЖД;
Ярослав КИРИЛІВ – к.т.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, ЛДУ БЖД;
Іван ПАСНАК – к.т.н., доцент, заступник начальника Навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки, ЛДУ БЖД;
Ірина БАБІЙ – к.пед.н., заступник начальника Навчально-наукового інституту психології та соціального захисту, ЛДУ БЖД;
Тарас БОЙКО – к.т.н., заступник начальника Навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки, ЛДУ БЖД;

Олег СТОКАЛЮК – к.т.н., заступник начальника Навчально-наукового інституту цивільного захисту, ЛДУ БЖД;

Тетяна ВОЙТОВИЧ – доктор філософії (PhD), науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, ЛДУ БЖД;

Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ – к.т.н., начальник докторантури, ад'юнктури, ЛДУ БЖД;

Роман ЯКОВЧУК – д.т.н., доцент, начальник кафедри цивільного захисту та комп'ютерного моделювання екогеофізичних процесів, ЛДУ БЖД;

Олег ПАЗЕН – к.т.н., начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, ЛДУ БЖД;

Андрій САМЛЮ – к.ю.н., доцент, т.в.о. начальника кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту, ЛДУ БЖД;

Андрій КУЗИК – д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екологічної безпеки, ЛДУ БЖД;

Євген МАРТИН – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, ЛДУ БЖД;

Олег ЗАЧКО – д.т.н., професор, професор кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту, ЛДУ БЖД;

Андрій ЦЮПРИК – д.пед.н., доцент, завідувач кафедри соціальної роботи, управління та суспільних наук, ЛДУ БЖД;

Олександр МІРУС – к.т.н., доцент, завідувач кафедри промислової безпеки та охорони праці, ЛДУ БЖД;

Дмитро КОБИЛКІН – к.т.н., голова ради молодих вчених Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, ЛДУ БЖД;

Андрій ГАВРИСЬ – к.т.н., доцент, старший викладач кафедри цивільного захисту та комп'ютерного моделювання екогеофізичних процесів, ЛДУ БЖД;

Ірина КОЧМАР – викладач кафедри екологічної безпеки, ЛДУ БЖД;

Назар БУРАК – к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій, ЛДУ БЖД;

Олег КОВАЛЬЧУК – ад'юнкт кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту, ЛДУ БЖД;

Володимир МИРОШКИН – ад'юнкт кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики, ЛДУ БЖД;

Оксана СТЕЛЬМАХ – к.психол.н., доцент, заступник начальника кафедри практичної психології та педагогіки, ЛДУ БЖД;

Володимир МАРИЧ – к.т.н., старший викладач кафедри промислової безпеки та охорони праці, ЛДУ БЖД;

**ОРГАНІЗАТОР
ТА ВИДАВЕЦЬ**

Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності

**Технічний редактор,
комп'ютерна верстка**

Войтович Т.М.

Друк на різнографі

Петролюк Н.І.

Відповідальний за друк

Петролюк Н.І.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ:

ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35,
м. Львів, 79007

Контактні телефони:

(032) 233-24-79,
тел/факс 233-00-88

Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2023. – 571 с.

Збірник сформовано за науковими матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів «**Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності**».

Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:

- Цивільна безпека.
- Пожежна та техногенна безпека.
- Організаційно-правові аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності.
- Організація проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.
- Інформаційні технології у безпеці життєдіяльності.
- Управління проектами та програмами у безпеці життєдіяльності.
- Промислова безпека та охорона праці.
- Природничо-наукові та екологічні аспекти безпеки життєдіяльності.
- Соціальні, психолого-педагогічні аспекти та гуманітарні засади безпеки життєдіяльності.

© ЛДУ БЖД, 2023

Здано в набір 06.03.2023. Підписано до друку
28.04.2023. Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 32,62.

Гарнітура Times New Roman.
Друк на різнографі. Наклад: 100 прим.

Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.
ldbzh.lviv@dSNS.gov.ua

За точність наведених фактів, економіко-статистичних та інших даних, а також за використання відомостей, що не рекомендовані до відкритої публікації, відповідальність несуть автори опублікованих матеріалів. При передруковуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 614.841

ІНГІБУВАЛЬНИЙ ВПЛИВ КОНЦЕНТРОВАНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ НЕОРГАНІЧНИХ СОЛЕЙ *d*-МЕТАЛІВ

Марія Карвацька

Б.М. Михалічко, доктор хімічних наук, професор
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Пошук та дослідження нових хімічних речовин, які здатні будуть з великою ефективністю призупиняти поширення полум'я, а отже проявляти чималу вогнегасну дію – одне з пріоритетних завдань в галузі пожежогасіння. В цьому плані доволі перспективними речовинами виявились водні вогнегасні речовини (ВВР). В даній роботі проаналізовано ВВР на основі неорганічних солей *s*- та *d*-металів, а також їх інгібувальний вплив на полум'я.

Ключові слова: водні вогнегасні речовини, неорганічні солі *s*- та *d*-металів, інгібітори горіння.

INHIBITORY EFFECT OF CONCENTRATED AQUEOUS SOLUTIONS OF INORGANIC SALTS OF *d*-METALS

Mariia Karvatska

B.M. Myhalichko, Doctor of Chemical Sciences, Professor
Lviv State University of Life Safety

The search and research of new chemical substances, which will be able to stop the spread of flames with great efficiency, and therefore have a considerable fire-extinguishing effect, is one of the priority problems in the field of fire extinguishing. In this regard, aqueous fire-extinguishing substances (AFES) turned out to be quite promising substances. In this work, AFES based on inorganic salts of *s*- and *d*-metals, as well as their inhibitory effect on the flame, were analyzed.

Keywords: aqueous fire-extinguishing substances, inorganic salts of *s*- and *d*-metals, combustion inhibitors.

В умовах сьогодення, коли щоразу з'являться безліч нових речовин та матеріалів, які часто є пожежонебезпечними речовинами, пошук нових вогнегасних речовин на водній основі продовжує залишатися актуальним завданням пожежної безпеки. Річ у тім, що багато вчених та науковців продовжують займатися підвищенням вогнегасної ефективності вже відомих водних вогнегасних речовин (ВВР), а також пошуком нових ВВР дослідженням їхньої вогнегасної дії, оскільки на сьогоднішній день ВВР залишаються найбільш екологічно прийнятними засобами гасіння вогню.

Наразі, вода залишається найпоширенішим вогнегасним засобом. 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.

Найчастіше в ролі розчинених у воді вогнегасних речовин виступають солі лужних та лужноземельних металів (*s*-металів): калій карбонат [1], калій нітрат, калій хлорид, натрій хлорид, магній хлорид. Можна також використовувати концентровані водні розчини комплексних солей, зокрема калій гексаціаноферату(II), калій гексаціаноферату(III), калій тетрахлокоупрату(II).

Слід звернути увагу на публікації, які стосуються розробки нових вогнегасних речовин на основі солей перехідних металів [2, 3]. Автори цих публікацій у ролі ВВР використовували неорганічні солі *d*-металів, такі як кобальт(II) хлорид, нікель(II) хлорид, манган(II) хлорид, ферум(II) хлорид, тощо. Аерозолі водних розчинів цих солей ефективно придушують полум'я, що зумовлено особливими хімічними властивостями атомів *d*-металів. Так, оскільки, саме *d*-метали виступають акцепторами електронів чи навіть хімічних радикалів, що утворюються в полум'ї, то в результаті це і забезпечує водним розчинам цих солей високу здатність призупиняти поширення полум'я [4].

Спираючись на результати експерименту, пов'язаного з гасінням горіння неполярних вуглеводнів водними розчинами неорганічних солей *d*-металів, автори публікації [5] запропонували механізм інгібування полум'я солями купруму(II). Було показано, що процес інгібування горіння описується асоціативним механізмом, який забезпечує переривання ланцюгових реакцій у полум'ї, і, таким чином, горіння стрімко припиняється.

Для кращого розуміння механізму цього інгібування, потрібно згадати, яку структуру має полум'я і які хімічні частинки присутні у полум'ї при горінні вуглеводнів. Відомо, що горіння вуглеводнів має три зони, які різняться між собою температурою та природою хімічних радикалів [6]. Так, в першій зоні полум'я, яку ще називають підготовчою, відбувається термічне руйнування горючої речовини. Температура полум'я в цій зоні є найнижчою, а характер утворених хімічних радикалів, – відновний. Навпаки, у другій зоні, яка називається зоною горіння, хімічні радикали відновного характеру окиснюються до CO_2 і H_2O , в основному завдяки дифузії кисню з атмосфери у полум'я. Нарешті, у третій зоні, яка називається зоною продуктів горіння, тепло і продукти горіння залишають межі полум'я переважно завдяки конвекційним потокам. Температура полум'я в цій зоні дещо нижча, ніж у зоні горіння. Як показують квантово-хімічні обчислення, при високих температурах хімічні радикали та

молекули випромінюють електромагнітні хвилі певної довжини, забарвлюючи полум'я.

Як засвідчують експериментальні дані, описані в [7], неорганічні солі феруму, 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 термоокиснення, що є досить важливим. Авторами було встановлено, 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. При цьому мінімальний об'єм витраченого 40% водного розчину $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ на повне припинення горіння становить 0,2 л/м². Оскільки, в цьому процесі атоми феруму виступають електроноакцепторами, то це, як і у випадку солей купруму(II), і є основною причиною високої здатності цієї вогнегасної композиції (концентрованого водного розчину ферум(III) сульфату) ефективно призупиняти поширення полум'я.

Література

1. Zhang Tianwei, Liu Hao, Han Zhiyue, Du Zhiming, Wang Yong Active substances study in fire extinguishing by water mist with potassium salt additives based on thermoanalysis and thermodynamics. Applied Thermal Engineering. 2017. V. 122. P. 429–438.
2. Linteris G.T., Knyavez V.D., Babushok V.I. Inhibition of premixed methane flames by manganese and tin compounds. Combustion and Flame. 2002. V. 129 (3). P. 221–238.
3. Linteris G.T., Rumminger M.D., Babushok V.I. Catalytic inhibition of laminar flames by transition metal compounds. Progress in Energy and Combustion Science. 2008. V. 34 (3). P. 288–329.
4. Linteris G.T., Katta V.R., Takahashi F. Experimental and numerical evaluation of metallic compounds for suppressing cup-burner flames. Combustion and Flame. 2004. V. 138 (1-2). P. 78-96.
5. 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.
6. Jarosinski J., Veyssiere B. Combustion phenomena: Selected mechanisms of flame formation, propagation and extinction. CRC Press, Boca Raton, 2009.
7. 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.

References

1. Zhang Tianwei, Liu Hao, Han Zhiyue, Du Zhiming, Wang Yong Active substances study in fire extinguishing by water mist with potassium salt additives based on thermoanalysis and thermodynamics. Applied Thermal Engineering. 2017. V. 122. P. 429–438.
2. Linteris G.T., Knyavez V.D., Babushok V.I. Inhibition of premixed methane flames by manganese and tin compounds. Combustion and Flame. 2002. V. 129 (3). P. 221–238.
3. Linteris G.T., Rumminger M.D., Babushok V.I. Catalytic inhibition of laminar flames by transition metal compounds. Progress in Energy and Combustion Science. 2008. V. 34 (3). P. 288–329.
4. Linteris G.T., Katta V.R., Takahashi F. Experimental and numerical evaluation of metallic compounds for suppressing cup-burner flames. Combustion and Flame. 2004. V. 138 (1-2). P. 78-96.
5. Karvatska M.Ya., Lavrenyuk O.I., Parkhomenko V.-P.O., Myhalichko B.M. Quantum-chemical modeling of the inhibitory effect of aqueous solutions of inorganic salts of copper(II) on the combustion of hydrocarbons. Bulletin of the LSULS. 2021. No. 23. P. 33–38.
6. Jarosinski J., Veyssiere B. Combustion phenomena: Selected mechanisms of flame formation, propagation and extinction. CRC Press, Boca Raton, 2009.
7. Karvatska M.Ya., Pastukhov P.V., Petrovskiy V.L., Lavrenyuk O.I., Myhalichko B.M. Fire extinguishing tests of a concentrated aqueous solution of ferrum(III) sulfate. Fire Security. 2022. No. 40. P. 55–60.

<i>Аміна Умарова, Карина Шаміна, Т.В. Костенко</i> , ВИРОБНИЧИЙ ТРАВМАТИЗМ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ.....	483
<i>Марина Завозненко, Марія Стась, С.М. Неменуца, В.М. Лисюк</i> ЗАПОБІГАННЯ ВИНИКНЕННЮ ПРОФЕСІЙНИХ ХВОРОБ ВІД ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ КУХАРІВ РЕСТОРАНІВ.....	486
<i>Дмитро Харінчук, І.П. Кравець</i> , ЗАХИСТ ЛЮДИНИ ВІД ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ.....	490

Секція 8 / Section 8

ПРИРОДНИЧО-НАУКОВІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

<i>І.Р. Гнатів, В.М. Сухович</i> , ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ НА Р. ДНІСТЕР.....	494
<i>Христина Костельна, І.М. Кочмар</i> , ВПЛИВ СВИНОКОМПЛЕКСІВ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	497
<i>Владислав Мельник, Сергій Єременко, Андрій Пруський, Тарас Скоробагатько</i> , ДО ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЯК ЧАСТИНИ ЗАГАЛЬНОЇ ДЕРЖАВНОЇ БЕЗПЕКИ.....	502
<i>Катерина Черкашина, Н.О. Косенко</i> , ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	507
<i>Вікторія Ващук, Соломія Писаревська, З.М. Яремко</i> , ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ В УКРАЇНІ В 2022 РОЦІ.....	510
<i>Максим Збитковський, В.О. Балицька</i> , ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ: ДО ПИТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ «ЗЕЛЕНИХ» ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ.....	516
<i>Марія Карвацька, Б.М. Михалічко</i> , ІНГІБУВАЛЬНИЙ ВПЛИВ КОНЦЕНТРОВАНИХ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ НЕОРГАНІЧНИХ СОЛЕЙ Д-МЕТАЛІВ.....	519
<i>М. Л. Коній</i> , КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД У ВІДНОВЛЕННІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ПСИХО-ЕМОЦІЙНОГО СТАНУ НАСЕЛЕННЯ ВНАСЛІДОК РОСІЙСЬКОЇ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ.....	523