



**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ  
ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ  
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,  
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ**

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

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

### **ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ**

*Львів – 2026*

#### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

**Голова:** Дмитро БОНДАР – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Заслужений працівник цивільного захисту України, доктор юридичних наук, доцент.

**Заступники голови:** Василь ПОПОВИЧ – проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор;  
Ярослав ІЛЬЧИШИН – начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат педагогічних наук.

**Члени наукового комітету:** Oksana TELAK – MSFS, Warsaw, Poland, Doctor of Sciences;  
Jerzy TELAK – ASE, Warszawa, Poland, Doctor of Sciences, Professor;  
Boguslaw KOGUT – Doktor inżynier, Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej;  
Вікторія СЕРГІЄНКО – проректор з наукової роботи Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, доктор медичних наук, професор;  
Анастасія СИМАНОВА – Голова Ради молодих вчених при Міністерстві освіти і науки України, професор кафедри фінансових технологій та бізнесу Національного університету “Київський авіаційний інститут”, доктор економічних наук, професор;  
Дмитро КОБИЛКІН – учений секретар Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;  
Ольга БАРАБАШ – завідувач науково-дослідної лабораторії актуальних проблем правозастосовної та правоохоронної діяльності навчально-наукового інституту права та правоохоронної діяльності, Голова Ради молодих вчених Львівського державного університету внутрішніх справ, доктор юридичних наук, професор;  
Андрій ОСТАП'ЮК – перший проректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат юридичних наук;  
Назарій КОВАЛЬ – проректор з персоналу Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор філософії;  
Олександр ПРИДАТКО – проректор із навчально-методичної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент;  
Тарас БОЙКО – проректор з організації служби та підготовки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук.

**Члени  
організаційного  
комітету:**

**Ірина ФЕДІВ** – головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

**Катерина СТЕПОВА** – старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

**Тетяна СКИБА** – науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

**Ярослав КИРИЛІВ** – провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник;

**Олександра ЖОРІНА** – фахівець відділу міжнародного співробітництва ЛДУБЖД;

**Роман ЯКОВЧУК** – начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор технічних наук, доцент;

**Ігор КОВАЛЬ** – начальник факультету психології і соціального захисту ЛДУБЖД, доктор педагогічних наук;

**Богдан БОЙЧУК** – начальник навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, доктор філософії;

**Ольга МЕНЬШИКОВА** – заступник начальника інституту з навчально-наукової роботи навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат фізико-математичних наук, доцент;

**Андрій ДОМІНІК** – заступник начальника інституту з навчально-наукової роботи навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

**Тетяна ВОЙТОВИЧ** – начальник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру ЛДУБЖД, доктор філософії;

**Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ** – начальник докторантури-ад'юнктури ЛДУБЖД, кандидат технічних наук;

**Сергій ВОВК** – доцент кафедри превентивної діяльності у сфері пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

**Юрій ДОМАНСЬКИЙ** – викладач кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД;

**Андрій КУЗИК** – завідувач кафедри екологічної безпеки навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор сільськогосподарських наук, професор;

**Надія СУШКО** – доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, доктор філософії;

**Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ** – доцент кафедри цивільного захисту навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

**Олександр ХЛЕВНОЙ** – доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій навчально-наукового інституту цивільного захисту ЛДУБЖД, кандидат технічних наук, доцент;

**Лілія ПИЛИПЕНКО** – старший викладач кафедри практичної психології та педагогіки факультету психології і соціального захисту ЛДУБЖД, доктор філософії;

**Анна ІВАНІВ** – викладач кафедри соціальної роботи, управління та суспільних наук ЛДУБЖД;

**Руслана СОДОМА** – доцент кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат економічних наук, доцент;

**Петро СЕНИК** – старший викладач кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУБЖД, кандидат юридичних наук.

**ОРГАНІЗАТОР  
ТА ВИДАВЕЦЬ**

Львівський державний університет  
безпеки життєдіяльності

**Технічний редактор,  
комп'ютерна верстка**

Климус М.В.

**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 безпеки життєдіяльності в умовах війни:** Зб. наук. праць XXI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУБЖД, 2026. – 1086 с.

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

**Збірник містить матеріали таких тематичних секцій:**

- Цивільна безпека.
- Превентивна діяльність у сфері техногенної та пожежної безпеки.
- Менеджмент у безпеці життєдіяльності.
- Організація проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж.
- Інформаційні технології у безпеці життєдіяльності.
- Соціальні, психолого-педагогічні аспекти та гуманітарні засади безпеки життєдіяльності.
- Промислова безпека та охорона праці.
- Природничі, біологічні та екологічні аспекти безпеки життєдіяльності.
- Організаційно-правові аспекти забезпечення безпеки життєдіяльності.
- Медицина в умовах воєнного стану.
- Сучасні наукові підходи до формування безпекового середовища.

© ЛДУ БЖД, 2026

Здано в набір 31.03.2026. Підписано до друку  
23.04.2026. Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 67,88.

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

**Друк:** ЛДУ БЖД  
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.  
ldubzh.lviv@dns.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 передрукуванні матеріалів посилання на збірник обов'язкове.

УДК 614.841

**РОЗРОБКА НОВИХ МЕТАЛОВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ ДЛЯ  
ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*Олександра Воронко*

**Олена Лавренюк, д.т.н., професор,**

**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, Україна**

Розроблено технологію отримання нових металовмісних антипіренів у вигляді хелатних купрум(II)-амінних комплексів. Доведено перспективність використання синтезованих антипіренів для підвищення пожежної безпеки полімерних матеріалів на основі епоксидних смол. Зокрема, введення купрум(II)-амінних комплексів в епоксіамінні композиції призводить до підвищення їх стійкості до займання та самозаймання, а відтак і до горіння.

**Ключові слова:** пожежна безпека, металовмісні антипірени, займання, самозаймання, горючість.

**DEVELOPMENT OF NEW METAL-CONTAINING FLAME  
RETARDANTS FOR REDUCING THE FLAMMABILITY  
OF POLYMER MATERIALS**

*Oleksandra Voronko*

**Helen Lavrenyuk, Dr. Sc. (Engineering), Professor**

**Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine**

A technology for obtaining new metal-containing flame retardants in the form of

chelated copper(II)-amine complexes has been developed. The prospects for using synthesized flame retardants to improve the fire safety of polymer materials based on epoxy resins have been proven. In particular, the introduction of copper(II)-amine complexes into epoxyamine compositions leads to an increase in their resistance to ignition and self-ignition, and therefore to combustion.

**Keywords:** fire safety, metal-containing flame retardants, ignition, spontaneous combustion, flammability.

Полімерні матеріали відіграють важливу роль у сучасній промисловості та застосовуються у будівництві, машинобудуванні, електротехніці, транспортній галузі, а також у багатьох інших сферах діяльності людини. Їх популярність зумовлена поєднанням високих експлуатаційних характеристик, технологічності виробництва та економічній доступності. Завдяки цим властивостям полімерні матеріали часто замінюють традиційні конструкційні матеріали, такі як метали, скло або кераміка.

Разом з тим широке використання полімерних матеріалів супроводжується певними проблемами, серед яких особливе місце займає їх підвищена пожежна небезпека. Більшість полімерів є горючими або легкозаймистими матеріалами. Під дією високих температур вони піддаються термічному та термоокисному розкладанню, у результаті чого утворюються горючі гази і пари, які підтримують та інтенсифікують процес горіння. Це призводить до швидкого поширення полум'я та значного тепловиділення, що суттєво ускладнює процес гасіння пожежі та підвищує ризик виникнення вторинних осередків займання [1]. У зв'язку з цим, особливо в умовах воєнного часу, коли значна частина інфраструктури зазнає підвищених ризиків пошкоджень і пожеж, питання пожежної безпеки матеріалів є вкрай актуальним.

Найчастіше для зниження горючості полімерних матеріалів використовують антипірени. Антипірени можуть діяти за різними механізмами. Зокрема, вони можуть зменшувати швидкість термічного розкладання полімеру, сприяти утворенню захисного карбонізованого шару на поверхні матеріалу, що перешкоджає доступу кисню до зони горіння, або знижувати концентрацію горючих продуктів у полум'ї.

У сучасних дослідженнях значна увага приділяється створенню безгалогенних антипіренів, оскільки традиційні галогеновмісні добавки під час горіння можуть утворювати токсичні та корозійно-активні продукти, що становлять небезпеку для людей та довкілля [4]. Одним із напрямів зниження горючості полімерних матеріалів є використання металовмісних антипіренів, які характеризуються високою ефективністю, стабільністю та відносною екологічною безпечністю. Як правило, в якості металовмісних антипіренів використовують оксиди, гідроксиди та солі *s*- або *p*-елементів. Такі сполуки, як правило, проявляють інертність щодо полімерної матриці. З одного боку, це забезпечує їх хімічну стабільність, але з іншого – може призводити до

погіршення механічних та експлуатаційних властивостей полімерних матеріалів.

Перспективною альтернативою є використання координаційних сполук металів, зокрема комплексів перехідних металів із амініними лігандами [2]. Зокрема в роботі було синтезовано новий реакційноздатний антипірен на основі купрум(II) сульфату та діетилентриаміну у вигляді хелатного комплексу  $[\text{Cu}(\text{deta})\text{H}_2\text{O}]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Синтез проводили методом прямої взаємодії вихідних компонентів з подальшим виділенням і кристалізацією отриманої комплексної сполуки.

Важливою передумовою антипіренової дії синтезованого комплексу є утворення міцних координаційних зв'язків між атомами Cu(II) неорганічної солі та атомами N амінного ліганду [3]. Такі зв'язки забезпечують формування стабільної координаційної структури, яка характеризується підвищеною термічною стійкістю та здатністю впливати на механізми термоокисної деструкції полімерних матеріалів. Окрім того, купрум(II) сульфат у складі антипірена при нагріванні може розкладатися з виділенням негорючого сульфур(IV) оксиду, який розбавлятиме горючу газоповітряну суміш, знижуватиме температуру полум'я і тепловий потік до матеріалу, сповільнюючи термоокисну деструкцію, займання та горіння полімеру.

Експериментально встановлено, що синтезований хелатний комплекс характеризується високою стійкістю до займання та самозаймання. За результатами проведених експериментальних досліджень купрум(II)-аміний комплекс не спроможний займатися навіть за температури 450°C, а самозайматися – за температури 600°C. Отримані результати свідчать про високу стійкість комплексу до термічного впливу та підтверджують перспективність його використання як антипірену для зниження горючості полімерів, а зокрема матеріалів на основі епоксидних смол.

### **Список літератури**

1. Дегула А.І., Харченко Н.А. **Сучасні тенденції в матеріалознавстві**. Суми: Сумський державний університет. 2024. 137 с.

2. Lavrenyuk H., Mykhalichko B., Zarychta B., Olijnyk V., Mykhalichko O. A new copper(II) chelate complex with tridentate ligand: synthesis, crystal and molecular electronic structure of aqua-(diethylene-triamine-N, N', N'')-copper(II) sulfate monohydrate and its fire retardant properties. *Journal of Molecular Structure*. 2015. Vol. 1095. P. 34–41.

3. Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. Рентгенофазовий та ІЧ-спекроскопічний аналіз процесу структурування модифікованих епоксиаміних композицій за участю антипірену  $[\text{Cu}(\text{діетилентриамін})\text{H}_2\text{O}]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2016. Vol. 5–6 (109). С. 73–77.

4. Rakotomalala M., Wagner S., Doring M. Recent Developments in Halogen Free Flame Retardants for Epoxy Resins for Electrical and Electronic Applications. *Materials*. 2010. Vol. 3 (8). P. 4300–4327.

### **References**

1. Degula A.I., Kharchenko N.A. Modern trends in materials science. Sumy: Sumy State University. 2024. 137 p.

2. Lavrenyuk H., Mykhalichko B., Zarychta B., Olijnyk V., Mykhalichko O. A new copper(II) chelate complex with tridentate ligand: synthesis, crystal and molecular electronic structure of aqua-(diethylene-triamine-N, N', N'')-copper(II) sulfate monohydrate and its fire retardant properties. *Journal of Molecular Structure*. 2015. Vol. 1095. P. 34–41.

3. Lavrenyuk O.I., Mykhalichko B.M. X-ray phase and IR spectroscopic analysis of the process of structuring modified epoxyamine compositions with the participation of the flame retardant [Cu(diethylenetriamine)H<sub>2</sub>O]SO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2016. Vol. 5–6 (109). P. 73–77.

4. Rakotomalala M., Wagner S., Doring M. Recent Developments in Halogen Free Flame Retardants for Epoxy Resins for Electrical and Electronic Applications. *Materials*. 2010. Vol. 3 (8). P. 4300–4327.

<b>Максім Побережник, Марта Пелешко, ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПАРКІНГІВ, ОБЛАДНАНИХ ЗАРЯДНИМИ СТАНЦІЯМИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....</b>	<b>239</b>
<b>Микола Костюк, Олександр Лазаренко, ЛІТІЙ-ІОННИЙ ЕЛЕМЕНТ ЖИВЛЕННЯ ЯК ІМОВІРНЕ ДЖЕРЕЛО ЗАПАЛЕННЯ ТА ПРИЧИНА ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ.....</b>	<b>242</b>
<b>Олександра Воронко, Олена Лавренюк, РОЗРОБКА НОВИХ МЕТАЛОВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ.....</b>	<b>247</b>
<b>Остан Іващишин, Олександр Любовецький, АНАЛІЗ УРАЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗАСОБАМИ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ПІД ЧАС ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РФ.....</b>	<b>250</b>
<b>Роман Вовк, Надія Ференц, АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ОБМЕЖЕННЯ РОЗЛИВУ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ У РЕЗЕРВАРНИХ ПАРКАХ.....</b>	<b>253</b>
<b>Ростислав Кривуля, Надія Ференц, АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ ЗБЕРІГАННЯ БОСПРИПАСІВ.....</b>	<b>256</b>
<b>Сніжана Сидоренко, Надія Ференц, АНАЛІЗ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ АЕРОТЕНКІВ ОЧИСНИХ СПОРУД.....</b>	<b>259</b>
<b>Софія Іванова, Андрій Кастронець, ОЦІНКА ВПЛИВУ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ НА БЕЗПЕКУ ЕВАКУАЦІЇ В ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДЕЛЮВАННЯ В FDS.....</b>	<b>262</b>
<b>Тетяна Войтович, Андрій Беседа, ВПЛИВ ТИПУ ПІНОУТВОРЮВАЧА НА КОРОЗІЙНУ АКТИВНІСТЬ У ПРОТИПОЖЕЖНИХ СИСТЕМАХ.....</b>	<b>265</b>
<b>Христина Бовтач, Ігор Кравець, ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>268</b>