



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ  
УКРАЇНСЬКОЮ, АНГЛІЙСЬКОЮ,  
ПОЛЬСЬКОЮ МОВАМИ

## ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

*Всеукраїнської науково-практичної  
конференції з міжнародною участю*

### АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

*Львів – 2022*

#### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- Голова:** **Мирослав КОВАЛЬ** – ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор педагогічних наук, професор
- Заступники голови:** **Андрій КУЗИК** – завідувач кафедри екологічної безпеки, доктор сільськогосподарських наук, професор  
**Андрій ЛИН** – начальник навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУ БЖД, к.т.н., доцент
- Члени оргкомітету:** **Ігор БРЕГІН** – начальник управління запобігання надзвичайним ситуаціям ГУ ДСНС України у Львівській області;  
**Петро ГАЩУК** – д.т.н., професор, завідувач кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної техніки ЛДУ БЖД;  
**Сергій СМЕЛЬЯНЕНКО**, к.т.н., начальник відділу організації науково-дослідної діяльності ЛДУ БЖД;  
**Андрій КАЛИНОВСЬКИЙ** – к.т.н., доцент, начальник кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки НУЦЗ України;  
**Василь КОВАЛИШИН** – д.т.н., професор, завідувач кафедри ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій ЛДУ БЖД;  
**Андрій КУШНІР** – к.т.н., доцент, доцент кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУ БЖД;  
**Василь ЛУЩ** – к.т.н., доцент, заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт ЛДУ БЖД;  
**Ігор МАЛАДИКА** – к.т.н., доцент, начальник факультету оперативнорятувальних сил Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;  
**Борис МИХАЛЧКО** – д.х.н., професор, завідувач кафедри фізики та хімії горіння ЛДУ БЖД;  
**Олег НАЗАРОВЕЦЬ** – к.т.н., доцент, заступник начальника кафедри аналітично-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУ БЖД;  
**Олег ПАЗЕН** – к.т.н., начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики ЛДУ БЖД;  
**Іван ПАСНАК** – к.т.н., доцент, заступник начальника навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУ БЖД з навчально-наукової роботи;  
**Андрій САМЛЮ** – к.ю.н., доцент, т.в.о. начальника кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту ЛДУ БЖД;  
**Тарас ШНАЛЬ** – д.т.н., доцент, професор кафедри будівельних конструкцій та мостів НУ «Львівська політехніка»

УДК 614.841

## **ВПЛИВ СОЛЕЙ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ НА ГОРЮЧИСТЬ ЕПОКСИПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Лавренюк О.І.**, кандидат технічних наук, доцент,

**Михалічко Б.М.**, доктор хімічних наук, професор

**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності**

Підвищена пожежна небезпека, зумовлена горючістю й супутніми процесами, є одним із найважливіших факторів, що стримує впровадження різноманітних полімерних матеріалів та виробів на їх основі у різні сфери життєдіяльності. Аналіз процесу горіння полімерів, який включає як хімічні реакції деструкції, зшивання та карбонізації полімеру в конденсованій фазі, хімічні перетворення та окиснення в газовій фазі, так і фізичні процеси інтенсивних тепло- та масопередачі, є основною передумовою створення нових ефективних способів зниження їх горючості. Відтак основні способи зниження горючості базуються на зміні теплового балансу полум'я завдяки збільшенню тепловтрат, зниженні потоку тепла від полум'я до полімеру завдяки утворенню захисного шару, зменшенні швидкості газовиділення при розкладі полімеру, зміні співвідношення горючих і негорючих продуктів розкладу полімерного матеріалу на користь негорючих.

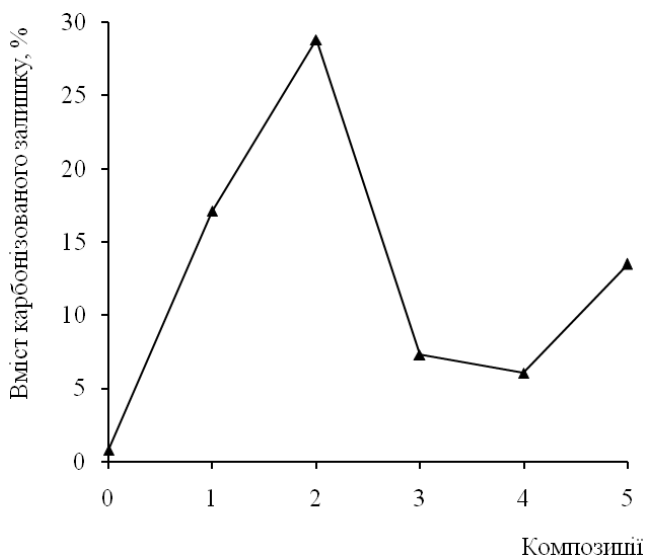
Важливим процесом, який впливає на всі стадії горіння полімерів, є утворення карбонізованого залишку при дії полум'я на полімер. Внаслідок цього знижується вихід горючих продуктів в газову фазу, зменшення потоку горючих газів до полум'я. В умовах інтенсивної пожежі вуглець, який залишається в твердій фазі може потрапити в полум'я і окиснитися до карбон(IV) оксиду з виділенням значної кількості тепла. Однак, в аспекті ініціювання процесу горіння ефект від утворення карбонізованого залишку має вагоме значення.

Але ефект від утворення карбонізованого залишку зводиться не лише до зниження виходу горючих речовин. Карбонізований шар, який утворюється на поверхні полімеру, створює своєрідний бар'єр між полум'ям і матеріалом, екрануючи полімер від теплового потоку, змінює тепловий баланс в бік збільшення тепловтрат, наприклад, тепловтрат випромінюванням від поверхні карбонізованого шару, який нагрітий до значно вищих температур, ніж поверхня полімеру, чи конвективних тепловтрат.

Для більшості вуглеводневих полімерів зі збільшенням виходу карбонізованого залишку при піролізі знижується горючість. А напрямок деструкції полімеру, насамперед, залежить від хімічної будови полімеру. Наявність міцних зв'язків, ароматичних чи гетеро ароматичних груп в молекулі полімеру призводить до зростання виходу карбонізованого залишку. Завдяки такій закономірності можна прогнозувати горючість нових полімерів та здійснювати їх керовану модифікацію.

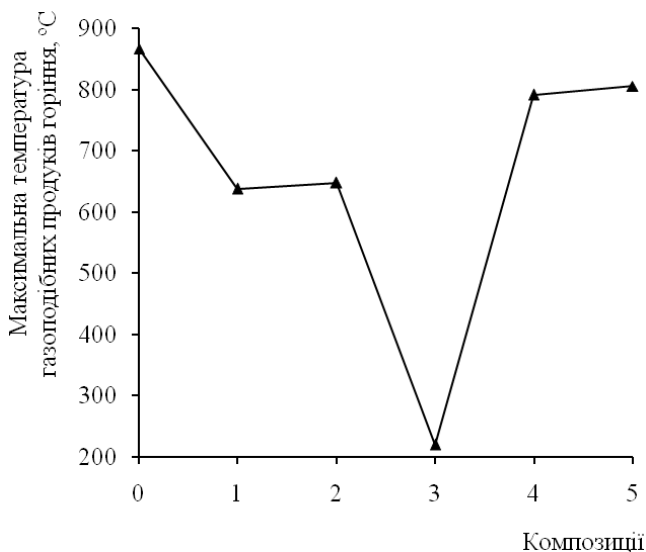
Враховуючи схильність солей перехідних металів до комплексотворення, а також їх участь в процесі структурування епоксіамінних композицій, актуальним є встановлення закономірностей їх впливу на утворення карбонізованого залишку, а відтак і на горючість полімерних матеріалів на основі епоксидних смол. Як видно з наведених результатів експериментальних досліджень (рис. 1), найменший вихід карбонізованого залишку (0,8%) притаманний немодифікованій композиції. Введення солей купруму(II) призводить до збільшення виходу карбонізованого залишку епоксіамінних композицій в умовах термоокисної деструкції. Найвище значення цього показника, що становить 28,8%, визначене для композиції з вмістом купрум(II) карбонату.

Результати визначення групи горючості епоксиполімерних матеріалів свідчать про те, що введення в епоксіамінну композицію солей *d*-металів призводить до зниження показників групи горючості, а саме зниження максимальної температури газоподібних продуктів горіння, зниження втрати маси зразків та збільшення часу досягнення максимальної температури газоподібних продуктів горіння.



**Рисунок 1** – Вплив антипіренів на вміст карбонізованого залишку в епоксіамінних композиціях:

0 – немодифікована композиція; 1 –  $\text{CuSO}_4$ ; 2 –  $\text{CuCO}_3$ ; 3 –  $\text{CuSiF}_6$ ; 4 –  $\text{CuF}_2$ ; 5 –  $\text{CuCl}_2$



**Рисунок 2** – Вплив антипіренів на максимальну температуру газоподібних продуктів горіння епоксіамінних композицій:

0 – немодифікована композиція; 1 –  $\text{CuSO}_4$ ; 2 –  $\text{CuCO}_3$ ; 3 –  $\text{CuSiF}_6$ ; 4 –  $\text{CuF}_2$ ; 5 –  $\text{CuCl}_2$

Передбачено, що одним із можливих механізмів антипіренової дії солей перехідних металів, а зокрема солей купруму, на горіння полімерних матеріалів на основі епоксіамінних композицій є поява координаційних зв'язків  $\text{Cu(II)} \leftarrow \text{N}$  поряд зі здатністю молекул амінного затвердника епоксидних смол хелатувати атоми металу. Все це стало ключовою передумовою отримання важкогорючих епоксіполімерних матеріалів, схильних до самозгасання в умовах горіння.

### Література

1. Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. Епоксидна композиція зі зниженою горючістю Патент на винахід №109187. Україна. Заявл. 07.10.2013, №а201311816, Опубл. 27.07.2015.

2. Лавренюк О.І., Михалічко Б.М., Пастухов П.В. Самозгасаюча епоксидна композиція зі зниженим димоутворенням Патент на винахід №114557. Україна. Заявл. 15.10.2015, №а201510072, Опубл. 26.06.2017.

3. Лавренюк О.І., Михалічко Б.М., Пархоменко В.-П.О. Антипірен-отверднувач для епоксидних смол та самозгасаюча епоксіамінна композиція Патент на винахід № 118709. Україна. Заявл. 06.03.2017, №а201702083, Опубл. 25.02.2019.