

ЗАТВЕРДЖУЮ
Ректор Львівського державного
університету безпеки життєдіяльності

Мирослав КОВАЛЬ
"19" 06 2023 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації доцента кафедри фізики та хімії горіння Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, кандидата технічних наук, доцента **ЛАВРЕНЮК Олени Іванівни** на тему: **“Розвиток наукових основ створення металкоординованих епоксіамінних композицій зі зниженою пожежною небезпекою”**, поданої на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека

Призначені рішенням Вченої ради Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (протокол № 9 від 24 травня 2023 року) рецензенти, а саме:

– **БАЛАНЮК Володимир Мірчович**, професор кафедри фізики та хімії горіння, доктор технічних наук, доцент;

– **КУЗИК Андрій Данилович**, завідувач кафедри екологічної безпеки, доктор сільськогосподарських наук, професор;

– **ЯКОВЧУК Роман Святославович**, начальник кафедри цивільного захисту та комп’ютерного моделювання екогеофізичних процесів, доктор технічних наук, доцент,

розглянувши докторську дисертацію **ЛАВРЕНЮК Олени Іванівни** на тему: **“Розвиток наукових основ створення металкоординованих епоксіамінних композицій зі зниженою пожежною небезпекою”** (тему дисертації затверджено рішенням Вченої ради Львівського державного університету безпеки життєдіяльності протокол № 9 від 24 травня 2023 року), наукові публікації, в яких висвітлено основні наукові результати, а також за результатами фахового семінару кафедри фізики та хімії горіння Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (протокол № 11 від 29 травня 2023 року), підготували висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів докторської дисертації:

1. Дисертаційна робота **ЛАВРЕНЮК Олени Іванівни**, представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека, є кваліфікаційною науковою працею, підготовленою у вигляді рукопису. За обсягом, актуальністю, рівнем наукової новизни та практичної

цінності робота відповідає вимогам п. 7–9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 року.

2. Актуальність теми дослідження. Однією з беззаперечних причин щорічного збільшення кількості та масштабів пожеж є зростання темпів виробництва та обсягів використання полімерних матеріалів у різних сферах. Серед широкого спектру полімерних матеріалів чільне місце в народному господарстві, промисловості та техніці посідають композиційні матеріали на основі епоксидних смол. Завдяки поєднанню цінних властивостей епоксидні смоли використовують як клеї, герметики, захисні покриття, лакофарбові вироби, заливні компаунди, армовані пластики в будівництві, виробництві транспортних засобів, авіа-, ракето- та суднобудуванні. Однак застосування епоксиолімерів у таких важливих сферах життєдіяльності можливе лише за умови усунення серйозних недоліків, притаманних цим матеріалам, а, зокрема, зниження їх пожежної небезпеки.

Питанням зниження горючості полімерів та композитів на їх основі шляхом фізичної та хімічної модифікації присвячені роботи багатьох вчених. Проте результати досліджень свідчать, що модифікування епоксиолімерів інертними антипіренами, здебільшого, не дає очікуваного результату та негативно позначається на фізико-механічних властивостях матеріалів. Тому проблема пошуку принципово нових способів зниження пожежної небезпеки полімерних матеріалів, в тому числі й матеріалів на основі епоксидних смол, є вкрай актуальною.

Логічним вирішенням цієї проблеми є використання реакційноздатних антипіренів – неорганічних солей перехідних металів. Саме завдяки унікальній комплексоутворювальній здатності *d*-металів такі сполуки спроможні утворювати хелатні комплекси при взаємодії з амініними затвердниками епоксидних смол, а відтак виконувати роль антипіренів-затвердників.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі фізики та хімії горіння Львівського державного університету безпеки життєдіяльності і є частиною наукових досліджень кафедри в рамках НДР: “Розроблення методики оцінювання пожежних ризиків від провадження господарської діяльності суб'єктами господарювання у будівлях і спорудах громадського призначення на основі ризик-орієнтованого підходу” (державний реєстраційний номер 0116U007257, 2015-2017 рр.), в якій здобувач була відповідальним виконавцем, “Композиційні матеріали на основі епоксидних смол з пониженою горючістю” (державний реєстраційний номер 0116U005258, 2016-2018 рр.), в якій здобувач була керівником, “Обґрунтування адекватності спрощених методів випробування на базі науково-дослідної лабораторії пожежної безпеки” (державний реєстраційний номер 0122U000104, 2022-2024 рр.), в якій здобувач була виконавцем.

4. Особистий внесок здобувача в одержанні наукових результатів. Особистий внесок є визначальним на всіх етапах дослідження. Формування наукової мети та завдань дисертаційної роботи, вибір об'єктів дослідження, планування експерименту, проведення основного обсягу досліджень та

здійснення кристалохімічного аналізу виконані автором самостійно. Аналіз, інтерпретацію та узагальнення експериментальних даних проведено як самостійно, так і у співпраці із співавторами публікацій.

Масиви експериментальних даних для монокристалів та полікристалічних зразків досліджених хелатних комплексів та ІЧ спектри досліджених полімерних зразків отримано спільно із д.х.н., професором ОЛІЙНИКОМ Володимиром Володимировичем (університет Ополя, м. Ополе, Польща) та к.х.н., завідувачем лабораторії МИХАЛІЧКОМ Олегом Борисовичем (компанія “FUCHS Oil Ukraine”, м. Львів, Україна). Дериватографічні дослідження хелатних комплексів та епоксиполімерних композицій проведені спільно із к.х.н., доцентом КОЧУБЕЙ Вікторією Віталіївною. Вогневі випробування полімерних зразків проведені спільно з завідувачем науково-дослідної лабораторії екологічної безпеки ПЕТРОВСЬКИМ Віталієм Львовичем та к.т.н., науковим співробітником науково-дослідної лабораторії пожежної безпеки ПАСТУХОВИМ Павлом Васильовичем (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна).

5. Ступінь використання у дисертації матеріалів і висновків кандидатської дисертації здобувача. У докторській дисертації кандидата технічних наук, доцента ЛАВРЕНЮК Олени Іванівни відсутні матеріали її кандидатської дисертації.

6. Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків, які сформульовані в дисертації. В дисертаційній роботі використані сучасні методи дослідження: інфрачервоної спектроскопії, рентгеноструктурного та рентгенофазового аналізів, дериватографічного аналізу. Горючість епоксиполімерних матеріалів, температуру займання та самозаймання, коефіцієнт димоутворення, стійкість до дії полум'я пальника, ефективність вогнезахисну визначено з допомогою повірених засобів вимірювання та метрологічно атестованого обладнання за стандартними методиками. Для моделювання параметрів пожежної небезпеки виконано квантово-хімічні обчислення, аналіз термохімічних перетворень з використанням комп'ютерної техніки та прикладних програмних пакетів (CSD, HyperChem Pro 6, Diamond 2.1b, CorelDraw X4, Chem Sketch). Достовірність отриманих результатів підтверджено завдяки статистичній обробці, для якої використано комп'ютерне програмне забезпечення MathCAD 15. Висновки, які сформульовані в дисертації, є науково обґрунтованими і підтверджені результатами експериментальних досліджень. Достовірність отриманих результатів не викликає сумнівів, вони відповідають сучасним уявленням в галузі пожежної безпеки.

7. Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше отримано наступні наукові результати:

1. Завдяки удосконаленню загальновідомих методик синтезу координаційних сполук отримано та вивчено структуру ряду хелатних комплексів неорганічних солей купруму(II) з поліетиленполіаміном складу $[\text{Cu}(\text{deta})\text{H}_2\text{O}]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $[\{\text{CuCO}_3(\text{deta})(\text{H}_2\text{O})\}_2] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$, $[\text{Cu}(\text{eda})_2(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}]\text{Cl}$, $[\text{Cu}(\text{deta})_2]\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та $[\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{deta})]$, що дало змогу встановити взаємозв'язок між комплексоутворенням і термостійкістю та стійкістю до займання синтезованих сполук.

2. На підставі аналізу будови хелатних амінокупрокомплексів виявлена унікальна біфункціональність цих сполук, що забезпечує їм можливість одночасно виконувати роль антипіренів та затвердників епоксидних смол.

3. Шляхом розробки оригінальної технології отримання епоксиполімерних матеріалів інкорпоровано синтезовані антипірени-затвердники в епоксиполімерну матрицю, що забезпечило отримання зразків нового покоління металкоординованих епоксіамінних композицій: ЕД/перо- CuSO_4 , ЕД/перо- CuCO_3 , ЕД/перо- CuSiF_6 , ЕД/перо- CuCl_2 , ЕД/перо- CuF_2 , ЕД/перо- $\text{Cu}(\text{OH})_2$ та ЕД/перо- Fe_2O_3 зі зниженою пожежною небезпекою та з унікальною здатністю самозгасати в умовах горіння.

4. Спираючись на результати квантово-хімічних обчислень, встановлено, що процес утворення антипіренів-затвердників завжди супроводжується міцним хімічним зв'язуванням $\text{Cu}(\text{II})\text{-N}$, яке гарантує стрімке зниження пожежної небезпеки металкоординованих епоксіамінних композицій.

5. На основі експериментально встановленого взаємозв'язку між комплексоутворенням, що реалізується в хелатних амінокупрокомплексах, та термохімічними параметрами металкоординованих епоксіамінних композицій, здійснено математичне моделювання антипіренової дії неорганічних солей купруму(II) на горіння органічних поліамінів та епоксіамінних композицій, що дозволяє прогнозувати поведінку епоксиполімерних матеріалів в умовах горіння.

Удосконалено технологію затверднення епоксидних смол за участю антипіренів-затвердників, технологію отримання деревинностружкових зразків з використанням металкоординованих епоксіамінних композицій та технологію отримання на їх основі вогнезахисних покриттів для деревини.

Набуло подальшого розвитку уявлення про механізм антипіренового впливу неорганічних солей d -металів на горіння амінних затвердників та епоксіамінних композицій, зокрема подано адекватне трактування ефекту зниження пожежної небезпеки епоксіамінних композицій після їх модифікування неорганічними солями купруму(II).

8. Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати містять знання про технологію і умови отримання, особливості структурної інженерії та біфункціональні властивості хелатних амінокупрокомплексів, які можуть бути використані як антипірени-затвердники епоксидних смол. Відомості щодо рентгеноструктурних досліджень більшості хелатних амінокупрокомплексів поповнили Кембриджський Банк Структурних Даних (CCDC).

Результати віднесення смуг поглинання в ІЧ спектрах досліджених в роботі антипіренів-затвердників і металкоординованих епоксіамінних композицій є цінними для ідентифікації нових хелатних амінокупрокомплексів та епоксиполімерних матеріалів на їх основі.

Отримані результати з дослідження термоокисної деструкції металкоординованих епоксіамінних композицій в умовах горіння можуть стати визначальними при розробці сучасних полімерних матеріалів зі зниженою пожежною небезпекою для різних галузей промисловості та побуту.

Результати оцінки параметрів пожежної небезпеки матеріалів на основі металкоординованих епоксіамінних композицій можуть бути корисними

фахівцям з пожежної та техногенної безпеки, які працюють над створенням нових багатофункціональних матеріалів для потреб протипожежного захисту та пожежопрофілактичних заходів.

9. Повнота викладення матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях. Дисертаційна робота Олени ЛАВРЕНЮК містить особисто отримані здобувачем науково обґрунтовані результати, а кількість та якість наукових праць, опублікованих за її матеріалами, відповідають Наказу МОН України № 1220 від 23 вересня 2019 року “Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук”.

Основні положення дисертації здобувача опубліковано в 37 наукових статтях (з них 13 статей у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science, 2 статті в міжнародних наукових виданнях, 18 статей у наукових фахових виданнях України, 4 статті, які додатково відображають наукові результати дисертації), 27 тезах доповідей на міжнародних та вітчизняних наукових конференціях та 3 патентах України на винахід.

**Статті у періодичних виданнях,
включених до категорії «А» Переліку наукових фахових видань України,
або у закордонних виданнях, проіндексованих у базах даних
Scopus та/або Web of Science Core Collection:**

1. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Рентгенофазовий та ІЧ-спектроскопічний аналіз процесу структурування модифікованих епоксіамінних композицій за участю антипірену $[Cu(\text{діетилентриамін})H_2O]SO_4 \cdot H_2O$. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2016. Vol. 5–6 (109). С. 73–77. (Здобувачем синтезовано антипірен-затвердник $[Cu(\text{deta})H_2O]SO_4 \cdot H_2O$ епоксидних смол, проведено рентгенофазовий аналіз, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопії, поміряно температури займання антипірена-затвердника та епоксіамінних композицій). (Scopus Q4).

2. **Lavrenyuk H.**, Kochubei V., Mykhalichko O., Mykhalichko B. A new flame retardant on the basis of diethylenetriamine copper(II) sulfate complex for combustibility suppressing of epoxy-amine composites. *Fire Safety Journal*. 2016. Vol. 80. P. 30–37. (Здобувачем синтезовано антипірен-затвердник $[Cu(\text{deta})H_2O]SO_4 \cdot H_2O$ епоксидних смол, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних та дериватографічних досліджень, проведено структурний та рентгенофазовий аналіз, визначено показники групи горючості, температури займання та самозаймання епоксіамінних композицій). (Scopus Q1).

3. **Lavrenyuk H.**, Hamerton I., Mykhalichko B. Tuning the properties for the self-extinguishing epoxy-amine composites containing copper-coordinated curing agent: Flame tests and physical-mechanical measurements. *Reactive and functional polymers*. 2018. Vol. 129. P. 95–102. (Здобувачем отримано модифіковані купрум(II) сульфатом епоксіамінні композиції, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопії, встановлено вплив антипірену на показники пожежної небезпеки та експлуатаційні властивості епоксіамінних композицій). (Scopus Q1).

4. **Lavrenyuk H.**, Kochubei V., Mykhalichko O., Mykhalichko B.. Metal coordinated epoxy polymers with suppressed combustibility. Preparation technology,

thermal degradation, and combustibility test of new epoxy-amine polymers containing the curing agent with chelated copper(II) carbonate. *Fire and materials*. 2018. Vol. 42. (3). P. 266–277. *(Здобувачем отримано модифіковані купрум(II) гідроксокарбонатом епоксіамінні композиції, проведено рентгенофазовий аналіз, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних та дериватографічних досліджень, визначено вплив антипірену на показники пожежної небезпеки епоксіамінних композицій)*. (Scopus Q2).

5. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B., Parhomenko V.-P. Квантово-хімічне моделювання поведінки хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2)(\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2\text{C}_2\text{H}_4\text{NH}_2)]\text{SiF}_6$ – антипірену-затвердника епоксидних смол в умовах горіння. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2018. Vol. 3 (118). P. 31–36. *(Здобувачем проведено квантово-хімічне моделювання впливу антипірена-затвердника $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$ на горіння епоксіамінних композицій)*. (Scopus Q4).

6. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B. DFT study on thermochemistry of the combustion of self-extinguishing epoxy-amine composites modified by copper(II) sulfate. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2018. Vol. 6 (121). P. 42–48. *(Здобувачем проведено квантово-хімічне моделювання впливу антипірена-затвердника $[\text{Cu}(\text{deta})\text{H}_2\text{O}]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ на горіння епоксіамінних композицій)*. (Scopus Q4).

7. **Lavrenyuk H.**, Parhomenko V.-P., Mykhalichko B. The effect of preparation technology and the complexing on the service properties of self-extinguishing copper (II) coordinated epoxy-amine composites for pouring polymer floors. *International Journal of Technology*. 2019. Vol. 10 (2). P. 290–299. *(Здобувачем отримано металкоординовані епоксіамінні композиції, досліджено показники пожежної небезпеки та експлуатаційні властивості)*. (Scopus Q1).

8. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B. Principles of controlled effects on performance properties of self-extinguishing epoxy-amine composites modified by copper(II) carbonate. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*. 2019. Vol. 5 (126). P. 58–64. *(Здобувачем експериментально визначено експлуатаційні властивості полімерних матеріалів на основі самозгасаючих епоксіамінних композицій модифікованих купрум(II) гідроксокарбонатом)*. (Scopus Q3).

9. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B., Garanyuk P., Mykhalichko O. New copper(II)-coordinated epoxy-amine polymers with flame-self-extinguishment properties: Elaboration, combustibility testing, and flame propagation rate measuring. *Fire and Materials*. 2020. Vol. 44 (6). P. 825–834. *(Здобувачем отримано епоксіамінні композиції, модифіковані купрум(II) гексафлуорсилікатом, досліджено вплив антипірену на показники пожежної небезпеки епоксиолімерів)*. (Scopus Q2).

10. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B., Kochubei V., Mykhalichko O. Novel CuSiF_6 -coordinated epoxy-amine composites with reduced combustibility: Elaboration, thermal-oxidative behavior, and ignition susceptibility. *Polymer Bulletin*. 2022. Vol. 79 (1). P. 157–178. *(Здобувачем отримано епоксіамінні композиції, модифіковані купрум(II) гексафлуорсилікатом, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних та дериватографічних досліджень, визначено вплив вмісту антипірену на показники пожежної небезпеки епоксиолімерів)*. (Scopus Q2).

11. **Lavrenyuk H.**, Kochubei V., Mykhalichko O., Mykhalichko B. Development and thermal behavior of a new type of polymer materials with reduced combustibility based on epoxy–amine composites modified with copper(II) hexafluorosilicate. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2022. Vol. 147 (3). P. 2197–2207. *(Здобувачем отримано епоксіамінні композиції, модифіковані купрум(II) гексафлуорсилікатом, досліджено вплив антипірену на показники пожежної небезпеки, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних та дериватографічних досліджень)*. (Scopus Q2).

12. Mykhalichko B., **Lavrenyuk H.** Flame Protection Technologies for Wood: Developing and Testing for Fire of Timbers with a Flame-retardant Coating Based on the Epoxy-amine Composite Modified by Copper(II) Hexafluorosilicate. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*. 2022. Vol. 66 (2). P. 304–312. *(Здобувачем отримано вогнезахисне покриття для деревини, визначено показники пожежної небезпеки та ефективність вогнезахисту деревини)*. (Scopus Q3).

13. Kochubei V., Mykhalichko B., **Lavrenyuk H.** Elaboration, thermogravimetric analysis, and fire testing of a new type of wood-sawdust composite materials based on epoxy–amine polymers modified with copper(II) hexafluorosilicate. *Fire and Materials*. 2022. Vol. 46 (3). P. 587–594. *(Здобувачем на основі модифікованих купрум(II) гексафлуорсилікатом епоксіамінних композицій розроблено деревинностружкові матеріали, визначено показники пожежної небезпеки, опрацьовано результати дериватографічних досліджень)*. (Scopus Q2).

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав:

14. Пархоменко В.-П., **Лавренюк Е.**, Мыхаличко Б. Трудногорючие эпоксиаминные композиции: принципы формирования и регулирования показателей пожароопасности. *Вестник Кокшетауского технического института*. 2018. № 1 (29). С. 56–61. *(Здобувачем досліджено вплив вмісту купрум(II) гексафлуорсилікату на температури займання, самозаймання, показники групи горючості, коефіцієнта димоутворення епоксіамінних композицій)*.

15. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М., Пастухов П.В. Застосування купрум(II) карбонату як спосіб зниження пожежної небезпеки епоксіамінних композицій. *Scientific Journal “Science Rise”*. 2016. №5/2 (22). С. 25–29. *(Здобувачем розроблено технологію отримання модифікованих купрум(II) гідроксокарбонату епоксіамінних композицій, опрацьовано результати дериватографічних досліджень, визначено показники групи горючості та швидкість поширення полум'я)*.

Статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України:

16. **Лавренюк О.І.** Безшовні наливні підлоги пониженої горючості. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2012. №2 (26). С. 187–190. *(Праця підготовлена здобувачем самостійно)*.

17. **Лавренюк О.І.** Вплив дисперсних наповнювачів на горючість та фізико-механічні властивості епоксидних композицій. Пожежна безпека: теорія і практика. 2013. №13. С. 66–70. *(Праця підготовлена здобувачем самостійно)*.

18. **Лавренюк О.І.** Компонентний склад та токсичність продуктів термоокисної деструкції епоксиолімерів. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2013. № 7. С. 189–193. *(Праця підготовлена здобувачем самостійно)*.

19. **Лавренюк О.І.** Застосування мінеральних наповнювачів для зниження горючості епоксиолімерів. Пожежна безпека. 2013. №22. С. 163–166. *(Праця підготовлена здобувачем самостійно)*.

20. Mykchalitchko O.V., Shcherbyna O.M., Mykchalitchko V.M., **Lavreniuk O.I.** Quantum-chemical modeling of the quantitative parameters that determine the fire safety of the aniline in bound state with copper(II) chloride. Пожежна безпека. 2013. №23. С. 116–120. *(Здобувачем здійснено квантово-хімічний аналіз спроможності купрум(II) хлориду знижувати горючість амінів, поміряно температури спалаху та займання)*.

21. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М., Пастухов П.В., Петровський В.Л. Модифіковані купрум(II) сульфатом самозгасаючі епоксиамінні композиції: технологія отримання та горючі властивості. Пожежна безпека. 2014. № 25. С. 69–73. *(Здобувачем розроблено технологію отримання модифікованих купрум(II) сульфатом епоксиамінних композицій та проведена комплексна оцінка їх горючості)*.

22. Пастухов П.В., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Зниження пожежної небезпеки епоксиамінних композицій структурованих хелатним купрокомплексом. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2016. № 13. С. 116–121. *(Здобувачем синтезовано антипірен-затвердник на основі курум(II) гідроксокарбонату та рера, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопії, розглянуто вплив утворення комплексної сполуки на зниження пожежної небезпеки епоксиамінних композицій)*.

23. Пастухов П.В., Кочубей В.В., Михалічко Б.М., **Лавренюк О.І.** Термоокисна деструкція модифікованих купрум(II) карбонатом самозгасаючих епоксиамінних композицій. Пожежна безпека. 2016. №28. С. 101–105. *(Здобувачем отримано самозгасаючі епоксиамінні композиції, модифіковані купрум(II) гідроксокарбонатом, опрацьовано результати дериватографічних досліджень)*.

24. Пастухов П.В., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Експлуатаційні властивості матеріалів на основі самозгасаючих епоксиамінних композицій. Вісник Київського Національного університету технологій та дизайну. 2016. №3 (98). С. 154–159. *(Здобувачем оптимізовано склад, розроблено технологічні умови отримання та затверднення модифікованих купрум(II) гідроксокарбонатом самозгасаючих епоксиамінних композицій, виявлено вплив антипірену на експлуатаційні властивості матеріалів)*.

25. Пархоменко В.-П.О., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Визначення групи горючості епоксиамінних композицій, модифікованих солями купруму(II). Проблемы пожарной безопасности. 2017. Вип. 41. С. 124–128. *(Здобувачем*

визначено показники групи горючості металкоординованих епоксіамінних композицій, проведена порівняльна оцінка впливу антипіренів на горючість композицій).

26. Пархоменко В.-П.О., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Роль антипірена-затвердника у формуванні самозгасаючих епоксіамінних композицій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2017. №1 (3). С. 84–89. (Здобувачем синтезовано антипірен-затвердник епоксидних смол на основі рера та купрум(II) гексафлуорсилікату, визначено температури займання, самозаймання та швидкість поширення полум'я).

27. Пархоменко В.-П.О., Кочубей В.В., Михалічко Б.М., **Лавренюк О.І.**, Павловський Ю.П. Вплив купрум (II) гексафлуорсилікату на термоокисну стійкість самозгасаючих епоксіамінних композицій. Пожежна безпека. 2017. №30. С. 132–136. (Здобувачем отримано антипірен-затвердник епоксіамінних композицій на основі рера та купрум(II) гексафлуорсилікату, опрацьовано результати дериватографічних досліджень).

28. Пархоменко В.-П.О., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Перспективи застосування силіційумісних антипіренів для зниження горючості епоксидних композицій. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2017. № 15. С. 94–100. (Здобувачем проаналізовано та узагальнено літературні дані щодо зниження горючості епоксидних композицій, розглянуто механізми дії силіційумісних антипіренів).

29. Пастухов П., **Лавренюк О.**, Михалічко Б., Петровський В. Особливості впливу купрум(II) карбонату на схильність до займання епоксіамінних композицій. Пожежна безпека. 2018. № 33. С. 73–78. (Здобувачем оцінено вплив вмісту купрум(II) гідроксокарбонату на температури займання та самозаймання металкоординованих епоксіамінних композицій).

30. Пастухов П.В., Кочубей В.В., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Хімічностіткі вогнезахисні покриття на основі модифікованих купрум(II) карбонатом епоксіамінних композицій. Пожежна безпека. 2019. № 34. С. 66–71. (Здобувачем оцінено вплив вмісту купрум(II) гідроксокарбонату на здатність епоксіамінних композицій протистояти поширенню полум'я, водо- та хімістійкість).

31. Пастухов П.В., Петровський В.Л., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Ефективні антипірени епоксидних смол: синтез, будова, властивості. Пожежна безпека. 2020. № 36. С. 101–107. (Здобувачем отримано антипірени-затвердники епоксидних смол, здійснено їх рентгеноструктурний аналіз, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних та дериватографічних досліджень, поміряні температури займання та самозаймання).

32. Пастухов П.В., Петровський В.Л., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Пожежна небезпека та фізико-хімічні властивості епоксіамінних композицій, що містять антипірен-затвердник $[\text{Cu}(\text{DETA})(\text{H}_2\text{O})]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Пожежна безпека. 2021. № 38. С. 18–23. (Здобувачем оцінено вплив вмісту купрум(II) сульфату на стійкість до дії полум'я, димоутворювальну здатність та експлуатаційні властивості металкоординованих епоксіамінних композицій).

33. Пархоменко В.-П.О., Борисяк П.Б., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Технологія вогнезахисту деревини покриттями на основі модифікованих

епоксіамінних композицій. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. 2022. № 1(13). Р. 80–87. *(Здобувачем розроблено технологію отримання і нанесення вогнезахисного покриття для деревини на основі епоксіамінних композицій, модифікованих купрум(II) гексафлуорсилікату, оцінено показники пожежної небезпеки композицій та ефективність вогнезахисту деревини).*

Патенти на винахід:

34. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Епоксидна композиція зі зниженою горючістю. Патент на винахід №109187 Україна: МПК С08L63/00. №а201311816; заявл. 07.10.2013; опубл. 27.07.2015, Бюл. №14. 2с. *(Здобувачем отримано епоксіамінні композиції зі зниженою горючістю, узагальнено літературні та експериментальні дані, оцінено показники пожежної небезпеки).*

35. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М., Пастухов П.В. Самозгасаюча епоксидна композиція зі зниженим димоутворенням. Патент на винахід №114557 Україна: МПК С08L63/00. №а201510072; заявл. 15.10.2015; опубл. 26.06.2017, Бюл. №12. 2с. *(Здобувачем отримано епоксиполімерні композиції зі зниженою горючістю та димоутворювальною здатністю, узагальнено літературні та експериментальні дані, оцінено показники пожежної небезпеки).*

36. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М., Пархоменко В.-П.О. Антипірен-отверджувач для епоксидних смол та самозгасаюча епоксіамінна композиція. Патент на винахід № 118709 Україна: МПК С08L63/00. №а201702083; заявл. 06.03.2017; опубл. 25.02.2019, Бюл. №4. 2с. *(Здобувачем розроблено технологію отримання антипірена-затвердника та полімерних композицій зі зниженою горючістю на основі епоксидіанової смоли ЕД-20, оцінено показники пожежної небезпеки).*

Статті, які додатково відображають наукові результати дисертації:

37. **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. *(Здобувачем синтезовано антипірен-затвердник епоксидних смол $[Cu(deta)H_2O]SO_4 \cdot H_2O$, виконано квантово-хімічні обчислення, проведено стереохімічний аналіз впливу антипірена-затвердника на горючість епоксиполімерів).* (Scopus Q3).

38. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko O., Zarychta B., Olijnyk V., Mykhalichko B. Synthesis, structural, and thermal characterization of a new binuclear copper(II) chelate complex bearing an amine-hardener for epoxy resins. Journal of Coordination Chemistry. 2016. Vol. 69 (18). P. 2666–2676. *(Здобувачем отримано антипірен-затвердник епоксидних смол $[{CuCO_3(deta)(H_2O)}_2] \cdot 6H_2O$, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних та дериватографічних досліджень, здійснено рентгенофазовий та рентгеноструктурний аналізи, поміряно температури займання антипірена-затвердника та епоксіамінних композицій).* (Scopus Q2).

39. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B., Dziuk B., Olijnyk V., Mykhalichko O. A new copper(II) chelate complex with polyamines as fire retardant and epoxy hardener:

Synthesis, crystal and electronic structure, and thermal behavior of (ethylenediamine-N,N')-(diethylenetriamine-N,N',N'')-copper(II) hexafluoridosilicate. *Arabian Journal of Chemistry*. 2020. Vol. 13 (1). P. 3060–3069. (Здобувачем синтезовано антипірен-затвердник $[Cu(eda)(deta)]SiF_6$ епоксидних смол, виконано квантово-хімічні обчислення, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних та дериватографічних досліджень). (Scopus Q1).

40. Mykhalichko V., **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko O. A flame retardant-hardener for epoxy resins: Synthesis, structural, and DFT studies of the $[Cu(H_2NC_2H_4NH_2)_2(H_2O)Cl]Cl$ complex. *Turkish Journal of Chemistry*. 2021. Vol. 45 (6). P. 1865–1872. (Здобувачем синтезовано антипірен-затвердник $[Cu(eda)_2(H_2O)Cl]Cl$ епоксидних смол, виконано квантово-хімічні обчислення, опрацьовано результати ІЧ-спектроскопічних досліджень, експериментально визначено температури займання та самозаймання). (Scopus Q3).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

41. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Зниження горючості синтетичних полімерів шляхом введення in situ антипіренових композицій на основі солей d-металів. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції “Об’єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів”. Харків, 2013. С. 292.

42. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М., Пастухов П.В. Нові антипірени для епоксидних полімерів. Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції “Наукове забезпечення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів (теорія та практика)”. Харків, 2014. С. 99.

43. **Лавренюк О.**, Михалічко Б., Петровський В. Технологія приготування композицій для отримання самогасних епоксиамінних полімерів. Збірник наукових праць: XV наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2015”. Львів, 2015. С. Т3.

44. **Лавренюк О.І.**, Михалічко О.Б., Щербина О.М., Михалічко Б.М. Електронно-молекулярна структура хелатного комплексу купрум(II) сульфату з діетилентриаміном. Збірник наукових праць: XV наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2015”. Львів, 2015. С. Н1.

45. **Lavrenyuk O.I.**, Mykhalichko V.M. Development of modified self-extinguishing epoxy-amine polymers. 4th International Caucasian Symposium on Polymers and Advanced Materials. Batumi, 2015. P. 81.

46. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko O., Olijnyk V., Mykhalichko B. Stereochemical aspect of influence of $[Cu(diethylenetriamine)(H_2O)]SO_4 \cdot H_2O$ chelate compound onto combustibility decrease of epoxy-amine composite materials. Third EuCheMS Inorganic Chemistry Conference “Chemistry over the horizon”. Wrocław, 2015. P. 231.

47. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М., Пастухов П.В. Дериватографічні дослідження металкоординованих епоксиамінних композицій. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції “Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій”. Черкаси, 2016. С. 220–222.

48. Пастухов П.В., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Металокомплекси – як ефективні антипірени-затвердники епоксидних композицій. Матеріали

Міжнародної науково-практичної конференції “Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації”. Львів, 2016. С. 324–325.

49. Пархоменко В.-П.О., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Фізико-хімічні передумови зниження пожежної небезпеки епоксіамінних композицій, модифікованих хелатними купрокомплексами. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції “Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій”. Черкаси, 2017. С.231–232.

50. Пархоменко В.-П., **Лавренюк О.**, Михалічко Б. Виняткова роль комплексоутворення в системі сіль купруму(II) – амінний затвердник – епоксидна смола у зниженні горючості епоксіамінних композицій. Збірник наукових праць: XVI наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2017”. Львів, 2017. С. Н1.

51. Пархоменко В.-П.О., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Металокомплекси – як перспективні антипірени епоксиполімерів. Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: Матеріали 19 Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: ІДУЦЗ, 2017. С. 330–331.

52. Пархоменко В.-П.О., **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Висока опірність до термоокисної деструкції як передумова зниження горючості металумісних епоксиполімерів. Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2017. С. 6.

53. Parhomenko V.-P., **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B. Technological peculiarities of the obtaining the epoxyamine composites with suppressed combustibility. 5th International Caucasian Symposium on Polymers and Advanced Materials. Tbilisi, 2017. P. 94.

54. Пархоменко В.-П., **Лавренюк О.**, Михалічко Б. Новий підхід у створенні важкогорючих матеріалів на основі епоксіамінних композицій. Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції “Пожежна безпека: проблеми та перспективи”. Харків, 2018. С. 195–196.

55. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Нове покоління самозгасаючих епоксидних композицій затверднених купрум(II) координованими амінами. Тези доповідей XX Української конференції з неорганічної хімії. Дніпро, 2018. С. 171.

56. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Новий підхід щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, зумовлених горінням полімерів. Матеріали Науково-практичного семінару “Запобігання надзвичайним ситуаціям і їх ліквідація”. Харків, 2019. С.89–91.

57. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Хімічна взаємодія солей d-металів з полімерною матрицею як запорука зниження швидкості поширення полум’я при горінні епоксиполімерів. Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси, 2019. С. 190–191.

58. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Електронно-стереохімічні передумови хелатування купрум(II) гексафлуорсилікату амінними затвердниками епоксидних смол. Збірник наукових праць XVII наукової конференції “Львівські хімічні читання”. Львів, 2019. С. 317.

59. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B. Technology for producing hardcombustible epoxy-amine composites modified with copper(II) hexafluorosilicate. 6-th International symposium on polymers and advanced materials. Batumi, 2019. P. 66.

60. **Lavrenyuk H.**, Mykhalichko B. Cu(II)–(Polyamine) chelation as an efficient way of reducing combustibility of epoxy-amine composites modified by copper(II) inorganic salts. Матеріали V Міжнародної конференції “Весняні наукові читання”. Київ, 2020. С. 61–64.

61. **Лавренюк Е.И.**, Мыхаличко Б.М. Эпоксидные покрытия – как эффективные средства огнезащиты древесины. Материалы IX Международного научного семинара “Пожарная безопасность объектов хозяйствования”. Кокшетау, 2020. С. 42–43.

62. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Перспективи отримання важкогорючих матеріалів на основі епоксіамінних композицій з ефектом самозгасання в умовах пожежі. Матеріали IV Всеукраїнської наукової конференції “Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів”. Дніпро, 2020. С. 31–32.

63. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Поліамінові хелатні комплекси неорганічних солей купруму(II) як ефективні антипірени-затвердники для епоксидних смол. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Science, Society, Education: Topical Issues and Development Prospects”. Харків, 2020. С.169–173.

64. Mykhalichko B., **Lavrenyuk H.** Using the $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2)_2(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}]\text{Cl}$ chelate complex as an efficient flame retardant-hardener for epoxy resins. Abstracts of IV International Scientific and Practical Conference “Prospects and Achievements in Applied and Basic science”. Budapest, 2021. P. 73–75.

65. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Дерево-стружкові композиційні матеріали зі зниженою пожежною небезпекою на основі модифікованих епоксидних смол. V Всеукраїнська наукова конференція “Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів”. Дніпро, 2021. С. 30–31.

66. **Лавренюк О.**, Михалічко Б. Екологічний аспект використання солей d-металів для зниження пожежної небезпеки полімерних матеріалів на основі епоксидних смол. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції “Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій”. Черкаси, 2022. С. 145.

67. **Лавренюк О.І.**, Михалічко Б.М. Вплив солей перехідних металів на горючість епоксиполімерних матеріалів. Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. Львів, 2022. С. 23–25.

10. Впровадження наукових досліджень в практику. Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію та впроваджені в роботу компаній ТзОВ “Рубікон-інтер”, ТзОВ “БУДІВЕЛЬНА КОМПАНІЯ СПЕЦБУДІЗОЛ” та в навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності під час викладання навчальних дисциплін “Теорія розвитку та

припинення горіння” та “Теорія горіння та вибуху” у розділі “Горіння твердих речовин та матеріалів”.

11. Апробація результатів роботи. Основні положення та результати дисертаційної роботи представлені на: XV, XVI та XVII наукових конференціях “Львівські хімічні читання” (м. Львів, 2015, 2017, 2019 рр.), VII, VIII та XIII Міжнародних науково-практичних конференціях “Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій” (м. Черкаси, 2016, 2017, 2022 рр.), IV та V Всеукраїнських наукових конференціях “Теоретичні та експериментальні аспекти сучасної хімії та матеріалів” (м. Дніпро, 2020, 2021 рр.), 4th, 5th, 6th International Caucasian Symposium on Polymers and Advanced Materials (м. Батумі, Грузія 2015, 2019 рр., м. Тбілісі, Грузія, 2017 р.), Міжнародній науково-практичній конференції “Пожежна безпека – 2007” (м. Черкаси, 2007 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції “Об’єднання теорії та практики – запорука підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів” (м. Харків, 2013 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції “Наукове забезпечення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів (теорія та практика)” (м. Харків, 2014 р.), Third EuCheMS Inorganic Chemistry Conference “Chemistry over the horizon” (м. Вроцлав, Польща, 2015 р.), Міжнародній науково-практичній конференції “Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації” (м. Львів, 2016 р.), 19 Всеукраїнській науково-практичній конференції “Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку” (м. Київ, 2017 р.), VII Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю “Надзвичайні ситуації: безпека та захист” (м. Черкаси, 2017 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції “Пожежна безпека: проблеми та перспективи” (м. Харків, 2018 р.), XX Українській конференції з неорганічної хімії (м. Дніпро, 2018 р.), X Міжнародній науково-практичній конференції “Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій” (м. Черкаси, 2019 р.), Науково-практичному семінарі “Запобігання надзвичайним ситуаціям і їх ліквідація” (м. Харків, 2019 р.), V Міжнародній конференції “Весняні наукові читання” (м. Київ, 2020 р.), IX Международном научном семинаре “Пожарная безопасность объектов хозяйствования” (м. Кокшетау, Казахстан, 2020 р.), VI Міжнародній науково-практичній конференції “Science, Society, Education: Topical Issues and Development Prospects” (м. Харків, 2020 р.), IV International Scientific and Practical Conference “Prospects and Achievements in Applied and Basic science” (м. Будапешт, Угорщина, 2021 р.), Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю “Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення” (м. Львів, 2022 р.).

12. Відповідність дисертації паспорту спеціальності. Дисертація відповідає паспорту спеціальності 21.06.02 – пожежна безпека, а саме п. 3: дослідження пожежної небезпеки (горючості, займистості, димоутворювальної здатності тощо) речовин, матеріалів та п. 4.: дослідження процесів дифузійного, дефлаграційного горіння, піролізу, звуглювання, поширення горіння, поширювання полум’я, запалювання, займання, самозаймання, тління, полум’яного горіння, самостійного горіння, виявлення чинників, які на них впливають; виявлення впливу виду і співвідношень компонентів у системах

“горюча речовина – окисник – джерело запалювання” на процеси горіння; розроблення антипіренів, вогнезахисних матеріалів, технологій нанесення вогнезахисних покриттів.

13. Характеристика здобувача, його шлях у науці, ступінь наукової зрілості. Проведені дослідження та опубліковані наукові праці характеризують ЛАВРЕНЮК Олену Іванівну як кваліфікованого фахівця і дослідника. Здобувач на високому рівні володіє методологією наукових досліджень. Їй притаманне логічне мислення, вміння ставити завдання та пропонувати нестандартні шляхи їх вирішення, виділяти головні та вторинні аспекти. ЛАВРЕНЮК Олена Іванівна є сформованим, кваліфікованим науковцем з глибоким теоретичним та практичним рівнем підготовки за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Висновок

Враховуючи актуальність теми дослідження, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, впровадження їх у практику, достатню повноту викладення матеріалів дисертації в опублікованих наукових працях, дотримання принципів академічної доброчесності, відповідність роботи вимогам п. 6, 7, 8, 9 “Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 17.11.2021 року № 1197, рекомендувати дисертаційну роботу ЛАВРЕНЮК Олени Іванівни на тему “Розвиток наукових основ створення металкоординованих епоксіамінних композицій зі зниженою пожежною небезпекою” до розгляду у спеціалізованій вченій раді на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека.

Рецензенти:

Професор кафедри фізики
та хімії горіння,
доктор технічних наук, доцент


Володимир БАЛАНЮК

Завідувач кафедри екологічної
безпеки, доктор
сільськогосподарських наук, професор


Андрій КУЗИК

Начальник кафедри цивільного
захисту та комп'ютерного
моделювання екогеофізичних процесів,
доктор технічних наук, доцент


Роман ЯКОВЧУК