

*A.A. Mychko, Doctor of Science (Engineering), Professor, M.M. Klymyuk, Candidate of Science (Engineering), A.S. Lyn*

## THE INVESTIGATION OF THERMAL STABILITY OF SPECIAL MATERIALS IN AN OPEN FIRE

The investigation results of resistance in an open fire of synthetic materials with polyether and polyacrylic covering with the use of bromine and phosphorus included inhibitor of different concentrations are analyzed in the article.

**Key word:** thermal stability, synthetic materials, polyether and polyacrylic covering, bromine and phosphorus included inhibitor

УДК 548.736:546.561:614.84

*Н.М. Годованець, Б.М. Михалічко, д.х.н., проф., О.М. Щербина, к.фарм.н., доц.  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### УТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСУ $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$ В СИСТЕМІ $CuCl$ –піперазин– $HCl$ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЧИННИК ІНГІБУВАННЯ ГОРІННЯ ОРГАНІЧНИХ АМІНІВ

Ґрунтуючись на результатах рентгеноструктурного аналізу синтезованого в системі  $CuCl - HNC_4H_8NH - HCl$  ( $HNC_4H_8NH$  – піперазин) кристалічного комплексу  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$  (просторова група симетрії  $C2/c$ , параметри моноклінної комірки:  $a = 10,968(3)$ ,  $b = 6,770(2)$ ,  $c = 13,304(4) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 96,289(9)^\circ$ ,  $Z = 4$ ) вивчено комплексоутворення піперазиний хлориду з купрум(I) хлоридом; протонування атомів нітрогену молекули піперазину та електростатична взаємодія між іонами в комплексі розглядається крізь призму процесу інгібування горіння органічних амінів

**Ключові слова:** Інгібітори горіння органічних амінів, синтез, кристалічна структура, купрум(I) хлоридний комплекс з піперазиний хлоридом.

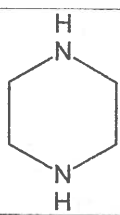
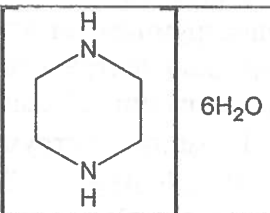
**Вступ і постановка проблеми.** Швидкий темп зростання світової (як, зрештою, й української) економіки без розвитку хімічної промисловості неможливий [1]. Насамперед, йдеться про широкомасштабне промислове виробництво різноманітних полімерних матеріалів, переробку нафти й газу, де у величезних кількостях продукуються або використовуються дуже небезпечні в пожежному плані [2] нітрогенвмісні органічні речовини, такі як піперазин [3-5], акрилонітрил, ацетонітрил, моноетаноламін, гексаметилендіамін, амінопіридини тощо. Тому першочерговим завданням є забезпечення пожежної безпеки на таких виробництвах [6]. Це завдання слід вирішувати через пошук хімічних речовин – інгібіторів горіння та розробку на їх основі спеціальних технологій використання. Такими речовинами можуть бути негорючі неорганічні солі перехідних металів, які спроможні зв'язувати органічні амінами у міцні комплекси [7].

Раніше в роботах [8, 9] на прикладі рентгеноструктурно вивченої сполуки  $[Cu_2Cl_2(NC_5H_4NH_2)]$  нами досліджувався вплив солей купруму(I) (зокрема  $CuCl$ ) на пониження горючих властивостей 2-амінопіридину. Однак, серед нітрогенвмісних горючих речовин, що також широко використовуються у різних галузях хімічної промисловості, медицині й ветеринарії [10], особливої уваги заслуговує піперазин. Так, в промисловості піперазин та його солі широко використовують як інгібітори корозії металів, прискорювачі полімеризації хлоропрену, а співполімеризацією піперазину з хлорангідридом фталевої

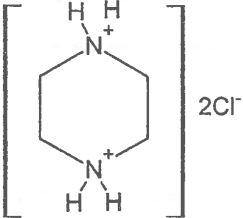
кислоти отримують поліаміди, які мають високу температуру топлення. Структурне ядро піперазину є основою для синтезу різноманітних знеболювальних, спазмолітичних, психотропних (френолон, трифтазин) і протипухлинних (пипін, проспідин, спіразидин) лікарських засобів. Піперазин гексагідрат й адипінат відомі як протипаразитні засоби (антигельмінти). Деякі фізичні, хімічні та горючі властивості піперазину та його солей [11, 12] подані в табл. 1.

Таблиця 1

Фізичні, хімічні та горючі властивості піперазину та його солей

Піперазин (диетилендіамін) [3-5, 11]	
Хімічна та графічна формули	$\text{HNC}_4\text{H}_8\text{NH}$ 
Відносна молекулярна маса:	86,14 а. о. м.
Фізичний стан, зовнішній вигляд	Безбарвні тверді гігроскопічні кристали з характерним амоніачним запахом
Температура топлення:	112°C
Температура кипіння:	145°C
Температура самозаймання аерозоллю:	480°C
Розчинність	Добре розчинний у воді, гліцерині, гірше – в етанолі, нерозчинний у діетиловому етері
Відносна густина пари за повітрям:	2,96
Хімічна небезпечність	Реагує з сильними окисниками. Водний розчин має слабо основну реакцію ( $\text{p}K_{a1} = 9,83$ ; $\text{p}K_{a2} = 5,56$ )
Пожежна безпека	Горючий порошок (дисперсність зразка менше 74 мкм). У вогні виділяється подразнююча або токсична пара (чи газ)
Вибухонебезпека	При концентрації пилу 500 г/м <sup>3</sup> дрібнодисперсні частинки у повітрі утворюють вибухонебезпечні суміші (максимальний тиск вибуху 496 кПа, середня швидкість наростання тиску 3,4 МПа/с, максимальна – 9,6 МПа/с)
Піперазин гексагідрат [11, 12]	
Хімічна та графічна формули	$(\text{HNC}_4\text{H}_8\text{NH}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 
Відносна молекулярна маса:	194,23 а. о. м.
Фізичний стан, зовнішній вигляд	Безбарвна кристалічна речовина, гігроскопічна
Температура топлення:	44°C
Температура кипіння:	125-130°C
Температура займання:	111°C

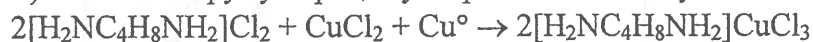
Таблиця 1 (закінчення)

Температура самозаймання:	376°C (пара)
Температура спалахування:	109°C (відкритий тигель)
Розчинність	Добре розчинний у воді
Хімічна небезпечність	Реагує з сильними окисниками. Інтенсивно поглинає CO <sub>2</sub> з повітря
Пожежна безпека	Горюча речовина
<b>Піперазин гідрохлорид [2]</b>	
Хімічна та графічна формули	$[H_2N^+C_4H_8N^+H_2]2Cl^-$ 
Відносна молекулярна маса:	159,14 а. о. м.
Фізичний стан, зовнішній вигляд	Безбарвна кристалічна речовина
Температура займання:	295°C
Температура самозаймання:	400°C (пара)
Розчинність у воді	Добре розчинний
Пожежна безпека	Горючий порошок (дисперсність зразка менше 100 мкм), НКМПП 250 г/м <sup>3</sup> .

**Мета роботи.** Вивчити взаємодію купрум(І) хлориду з піперазин дигідрогенхлоридом, встановити точний хімічний склад та будову продукту цієї взаємодії. На основі одержаної стереохімічної інформації зробити висновок про можливі властивості купрум(І) хлориду як інгібітора горіння органічних амінів. Для досягнення мети нами був синтезований у вигляді якісних монокристалів аніонний купрум(І) хлоридний комплекс з катіоном піперазинію складу  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$  та встановлена його кристалічна структура методом рентгеноструктурного аналізу (РСА).

**Експериментальна частина.** Кристалічний комплекс  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$  отримували як безпосередньою взаємодією компонентів, так і електрохімічно [13]. Готували насичений водний розчин піперазиний дихлориду. В хімічній склянці з водою розчиняли 0,1 моль (~ 8,5 г) піперазину, який нейтралізували концентрованою хлоридною кислотою. Розчин нагрівали до температури ~90°C і розчиняли 0,1 моль (~ 10 г) CuCl. Після охолодження реактора до кімнатної температури утворились дрібні безбарвні кристали  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$ , які, втім, не були придатними для РСА.

Придатні для РСА якісні монокристали  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$  синтезували зміннострумним електрохімічним методом [13]: у водно-спиртовий розчин, який містив попередньо нейтралізований хлоридною кислотою піперазин і купрум(ІІ) хлорид у мольному співвідношенні 2:1, занурювали мідні електроди, на які накладали електричний потенціал ( $U \approx 0,3$  В) змінного струму. Процес утворення комплексу показано на схемі:



Через добу на мідних електродах з'явилися безбарвні кристали призматичного габітусу.

Зйомку монокристалу комплексу, який попередньо досліджували фотометодом, здійснювали на автоматичному дифрактометрі ДАРЧ (МоК<sub>α</sub>-випромінювання,  $\theta/2\theta$ -сканування). Відомості про кристали синтезованого комплексу, основні параметри зйомки і рентгенографічні характеристики досліджуваної сполуки наведені в табл. 2.

Кристалографічні характеристики і основні параметри  
зйомки монокристалу синтезованого комплексу

Хімічний склад комплексу	$[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$
Просторова група симетрії	$C2/c$
Параметри елементарної комірки:	
$a, \text{Å}$	10,968(3)
$b, \text{Å}$	6,770(2)
$c, \text{Å}$	13,304(4)
$\beta, \text{град}$	96,289(9)
$V, \text{Å}^3$	908,1(7)
$\mu(\text{MoK}\alpha), \text{см}^{-1}$	32,96
$\rho(\text{екс.}), \text{г/см}^3$	1,90(1)
$\rho(\text{теор.}), \text{г/см}^3$	1,887(2)
$Z$	4
Розмір кристалу, мм	0,4×0,3×0,4
$F(000)$	520
$2\theta_{\text{макс.}}, \text{град}$	55
Кількість рефлексів	1539
Кількість незалежних рефлексів $ F \geq 4\sigma(F) ^*$	828
Вагова схема ( $w$ )	$[\sigma(F)^2 + 0,0032\sigma(F)^2]^{-1}$
$R$	0,0354
$R_w$	0,0439

\* Введена поправка на фактори Лоренца і поляризації

Координати атомів та їх теплові\* параметри в структурі  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$

Атом	$x$	$y$	$z$	$B_{\text{екв}}, \text{Å}^2$
Cu	0	0,06986(9)	1/4	3,79(2)
Cl(1)	0,10567(7)	0,1290(1)	0,64316(7)	2,81(2)
Cl(2)	1/2	0,1099(2)	3/4	3,14(3)
N	0,6943(3)	0,1947(5)	0,3938(2)	2,47(6)
C(1)	0,7548(3)	0,1032(5)	0,5857(3)	2,57(7)
C(2)	0,6524(3)	0,1084(6)	0,4946(3)	2,76(8)
H(1)	0,815(5)	0,009(10)	0,568(4)	5(1)
H(2)	0,379(4)	0,032(7)	0,536(4)	3(1)
H(3)	0,635(5)	0,204(8)	0,328(5)	5(1)
H(4)	0,727(7)	0,060(10)	0,657(6)	7(2)
H(5)	0,743(4)	0,109(7)	0,368(4)	3(1)
H(6)	0,581(6)	0,165(9)	0,507(4)	5(1)

\*Для негідрогенових атомів  $B_{\text{екв}} = \frac{1}{3} \sum_i \sum_j B_{ij} a_i^* a_j^* (\bar{a}_i \bar{a}_j)$ , для атомів Н –  $B_{\text{ізо}}$

Структуру комплексу розв'язували прямими методами за допомогою пакету програм CSD [14]. Для цього були локалізовані всі негідрогенові атоми і уточнено модель

кристалічної структури в ізотропному наближенні. Згодом вводилась поправка на поглинання зразка за програмою DIFABS. Положення атомів гідрогену визначали на різницевих синтезах Фур'є. Координатні та теплові параметри атомів наведені в табл. 3.

**Результати та їх обговорення.** Синтезована сполука  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  належить до класу аніонних комплексів. Кристали цього комплексу побудовані з дискретних двозарядних катіонів піперазинію  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]^{2+}$  та комплексних купрум(I) хлоридних аніонів  $\text{CuCl}_3^{2-}$ . Будову структурних одиниць комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  показано на рис. 1.

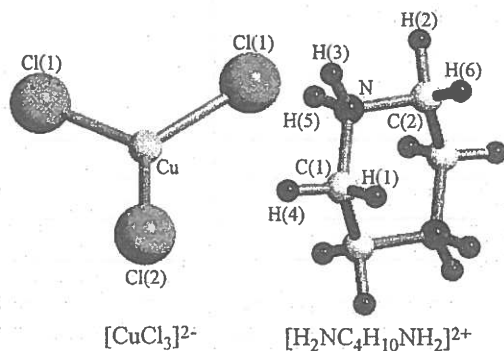


Рис. 1. Структурні одиниці комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$

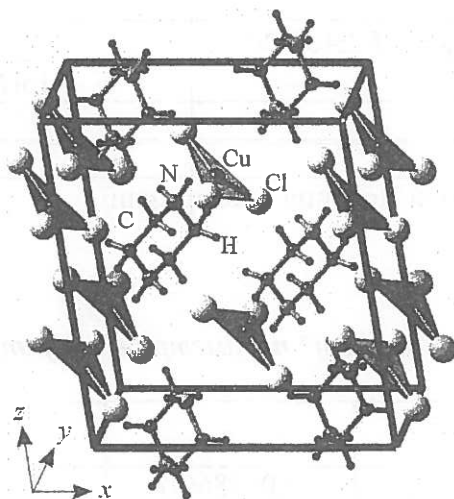


Рис. 2. Кристалічна структура комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  (аксонометрична проекція)

В неорганічній складовій  $\text{CuCl}_3^{2-}$  комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  атом купруму(I) має пласке дещо деформоване тригональне оточення, утворене трьома іонами Cl. Атом Cu утворює ковалентний зв'язок з атомом Cl(2) на відстані 2,168(2)Å, сполучаючись вздовж осі 2, тоді як з атомами Cl(1) атом металу утворює два координаційні зв'язки на відстані 2,284(6)Å (табл. 4). На противагу аніону  $\text{CuCl}_3^{2-}$  в структурі з'являється центросиметричний двозарядний катіон піперазинію з конформацією „крісло”, який утворюється внаслідок протонування (донорно-акцепторна взаємодія  $\text{H}^+ \leftarrow \text{N}$ ) кожного з двох атомів нітрогену. Між обома структурними фрагментами  $\text{CuCl}_3^{2-}$  і  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]^{2+}$  виникає міцна електростатична (кулонівська) взаємодія, яка призводить до утворення іонних кристалів  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$ . Аксонометричну проекцію елементарної комірки структури комплексу показано на рис. 2.

Атоми гідрогену протонуваних атомів нітрогену органічного ліганду утворюють міцні водневі зв'язки типу  $\text{N}-\text{H}\cdots\text{Cl}$  ( $\text{NH}(5)\cdots\text{Cl}(1)$  2,33(5)Å), що свідчить про напрямлений

кристалічної структури в ізотропному наближенні. Згодом вводилась поправка на поглинання зразка за програмою DIFABS. Положення атомів гідрогену визначали на різницевих синтезах Фур'є. Координатні та теплові параметри атомів наведені в табл. 3.

**Результати та їх обговорення.** Синтезована сполука  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  належить до класу аніонних комплексів. Кристали цього комплексу побудовані з дискретних двозарядних катіонів піперазинію  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]^{2+}$  та комплексних купрум(I) хлоридних аніонів  $\text{CuCl}_3^{2-}$ . Будову структурних одиниць комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  показано на рис. 1.

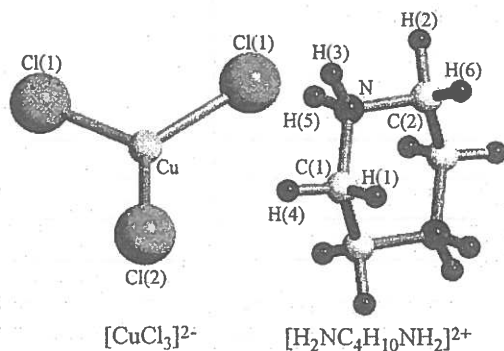


Рис. 1. Структурні одиниці комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$

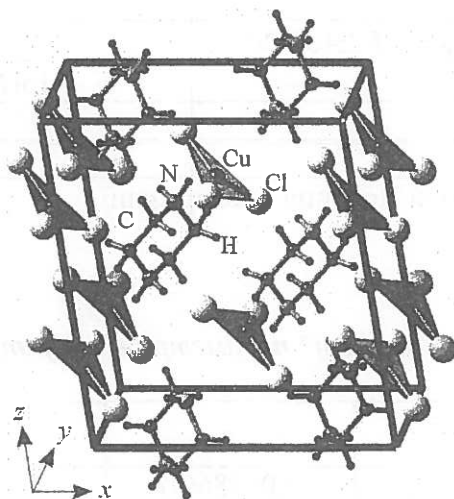


Рис. 2. Кристалічна структура комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  (аксонометрична проекція)

В неорганічній складовій  $\text{CuCl}_3^{2-}$  комплексу  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$  атом купруму(I) має пласке дещо деформоване тригональне оточення, утворене трьома іонами Cl. Атом Cu утворює ковалентний зв'язок з атомом Cl(2) на відстані 2,168(2)Å, сполучаючись вздовж осі 2, тоді як з атомами Cl(1) атом металу утворює два координаційні зв'язки на відстані 2,284(6)Å (табл. 4). На протизагу аніону  $\text{CuCl}_3^{2-}$  в структурі з'являється центросиметричний двозарядний катіон піперазинію з конформацією „крісло”, який утворюється внаслідок протонування (донорно-акцепторна взаємодія  $\text{H}^+ \leftarrow \text{N}$ ) кожного з двох атомів нітрогену. Між обома структурними фрагментами  $\text{CuCl}_3^{2-}$  і  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]^{2+}$  виникає міцна електростатична (кулонівська) взаємодія, яка призводить до утворення іонних кристалів  $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$ . Аксонометричну проекцію елементарної комірки структури комплексу показано на рис. 2.

Атоми гідрогену протонуваних атомів нітрогену органічного ліганду утворюють міцні водневі зв'язки типу  $\text{N}-\text{H} \cdots \text{Cl}$  ( $\text{NH}(5) \cdots \text{Cl}(1)$  2,33(5)Å), що свідчить про напрямлений

характер іонної взаємодії [15]. Ці зв'язки поруч з іонними посилюють утримання горючої органічної молекули з негорючою неорганічною складовою комплексу.

Таблиця 4

Довжини зв'язків ( $d$ ) і валентні кути ( $\omega$ ) в структурі  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$

Зв'язок	$d$ , Å	Кут	$\omega$ , град
Cu–Cl(1)	2,284(6)	Cl(1)–Cu–Cl(1)*	107,8(1)
Cu–Cl(1)*	2,284(6)	Cl(1)–Cu–Cl(2)	126,1(1)
Cu–Cl(2)	2,168(2)	Cl(1)*–Cu–Cl(2)	126,1(1)
N–C(1)	1,489(5)	C(1)–N–C(2)	111,2(3)
N–C(2)	1,487(6)	N–C(1)–C(2)*	109,8(3)
C(1)–C(2)*	1,498(9)	N–C(2)–C(1)*	111,1(3)
N–H(3)	0,98(6)	H(3)–N–H(5)	97(5)
N–H(5)	0,87(5)	H(1)–C(1)–H(4)	107(5)
C(1)–H(1)	0,96(6)	H(2)–C(2)–H(6)	101(4)
C(1)–H(4)	1,00(8)		
C(2)–H(2)	1,07(5)		
C(2)–H(6)	0,90(7)		
H(5)⋯Cl(1)	2,33(5)	N–H(5)⋯Cl(1)	162(4)
H(3)⋯Cl(1)*	2,53(6)	N–H(3)⋯Cl(1)*	141(5)

\* – атом, симетрично розмножений за допомогою відповідних елементів симетрії

Варто зазначити, що у раніше дослідженого купрум(I) хлоридного комплексу з 2-амінопіридином [8] спостерігається зовсім інший характер побудови структурних фрагментів комплексу. В кристалічній ґратці  $[Cu_2Cl_2(NC_5H_4NH_2)]$  формуються нескінченні неорганічні фрагменти  $(Cu_4Cl_4)_n$ , в яких частина атомів купруму(I)  $\sigma$ -координується з атомом нітрогену ароматичного ядра молекули 2-амінопіридину; в межах полімерного фрагменту  $\{[Cu_4Cl_4(NC_5H_4NH_2)_2]_n\}$  з'являються внутрішньо-молекулярні водневі зв'язки, а самі фрагменти утримуються в кристалах комплексу слабкими міжмолекулярними зв'язками.

#### Висновки.

1) Аналіз процесу комплексоутворення засвідчив, що внаслідок взаємодії купрум(I) хлориду з піперазин дигідрохлоридом утворюється кристалічний аніонний комплекс  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$ , в якому на 1 моль горючої органічної речовини припадає така сама кількість негорючої неорганічної солі.

2) В кристалічній ґратці цієї сполуки формуються комплексні аніони  $CuCl_3^{2-}$  і катіони  $[H_2NC_4H_8NH_2]^{2+}$ , утворення яких зумовлене протонуванням атомів нітрогену органічного ліганду  $H^+ \square \leftarrow :N$ ; складові одиниці комплексу утримуються в структурі силами електростатичної взаємодії, яка завдяки водневим зв'язкам  $N-H \cdots Cl$  суттєво посилюється.

3) Процес зв'язування негорючої неорганічної солі з горючою органічною речовиною в міцний комплекс зумовлює пониження горючості нітрогенвмісної органічної речовини, що є важливою ланкою на шляху до реалізації складного механізму інгібування процесу горіння органічних амінів [16].

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Темкин О. Н. Ацетилен: Химия. Механизмы реакций. Технология / Темкин О. Н., Шестаков Г. К., Трегер Ю. А. — М. : Химия, 1991. — 416 с.

2. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : [справ очник / под ред.: А. Н. Баратова, А. Я. Корольченко]. – М. : Химия, 1990. – Ч. 1, – 496 с.; 1990. – Ч. 2, – 384 с.
3. Dorsett H. G. Report of Investigation / H. G. Dorsett, J. Nagy // U. S. Bureau of Mines. – 1968. – RI 7132.
4. Fire and related properties of industrial chemicals. – London : FPA, 1972. – Booklet № 24.
5. National Fire Codes. – Boston: National Fire Protection Association, 1978. – V. 12–13.
6. Постанова КМУ № 508 від 26.07.1994 р. „Про заходи щодо виконання Закону України „Про пожежну безпеку”.
7. Ксандопуло Г. И. Влияние комплексных соединений олова, сурьмы и меди с аминами на горючесть эпоксидных смол / Г. И. Ксандопуло, С. П. Чувашева, К. М. Гибов // материалы совещ. [“Механизм ингибирования цепных газовых реакций”]. – Алма-Ата. – 1971. – С. 229–235.
8. Годованець Н. М. Пошук інгібіторів горіння органічних амінів на основі комплексних сполук Cu(I). Синтез та кристалічна структура  $\sigma$ -комплексу купрум(I) хлориду з 2-амінопіридином складу  $[Cu_2Cl_2(NH_2C_5H_4N)]$  / Н. М. Годованець, Ю. В. Межерицька, Б. М. Михалічко, О. М. Щербина, Ю. І. Сливка // Пожежна безпека. – 2008. – № 12. – С. 55–60.
9. Годованець Н. М. Квантово-хімічне обчислення теплотворної спроможності купрум(I) хлоридного комплексу з 2-амінопіридином складу  $[Cu_2Cl_2(NC_5H_4NH_2)]$  / Н. М. Годованець, Б. М. Михалічко, О. М. Щербина // Пожежна безпека. – 2008. – № 13. – С. 108–112.
10. Химическая энциклопедия : в 5 т. – М. : БРЭ, 1992. – Т. 3 – 641 с.
11. Пожарная опасность веществ и материалов : [справ очник / под ред.: И. В. Рябова]. – М. : Стройиздат, 1966. – Ч. 1 – 244 с.; 1970. – Ч. 2. – 336 с.
12. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: [справ очник / под ред.: И. В. Рябова]. – М. : Химия, 1970. – 336 с.
13. Пат 25459А Україна, МКІ С30В 7/12, С30В 7/14. Спосіб одержання монокристалів  $\pi$ -комплексів галогенідів міді(I) / Михалічко Б.М., Миськів М. Г.; заявник і патентовласник Львівськ. нац. ун-т ім. І. Франка. – № 95073217 ; заявл. 10.07.95 ; опубл. 30.10.98, Бюл. № 4.
14. Пакет програм для структурного аналізу кристаллів – CSD. Общее описание / Л. Г. Аксельруд, Ю. Н. Гринь, П. Ю. Завалий и др. – Львов, -1990.
15. Desiraju G. R. Hydrogen Bridges in Crystal Engineering. Interaction without Borders. / G. R. Desiraju // Acc. Chem. Res. – 2002. – Vol. 35 – P. 565–573.
16. Стере-хімічний та термохімічний аналіз сполук купрум(I) як основа пошуку ефективних інгібіторів горіння органічних речовин : матеріали Міжн. науково-практичної конф. [“Пожежна безпека-2007”] / Н. М. Годованець, О. М. Щербина, О. В. Меньшикова, Б. М. Михалічко. – Черкаси. – 2007. – С. 36–37.

*Н.Н. Годованец, Б.М. Михалічко, д.х.н., проф., О.Н. Щербина, к.фарм.н., доц.*

### **ОБРАЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$ В СИСТЕМЕ CuCl–пиперазин–HCl КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ФАКТОР ИНГИБИРОВАНИЯ ГОРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ АМИНОВ**

Основываясь на результатах рентгеноструктурного анализа синтезированного в системе  $CuCl - HNC_4H_8NH - HCl$  ( $HNC_4H_8NH$  – пиперазин) кристаллического комплекса  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$  (пространственная группа симметрии  $C2/c$ , параметры моноклинной ячейки:  $a = 10,968(3)$ ,  $b = 6,770(2)$ ,  $c = 13,304(4) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 96,289(9)^\circ$ ,  $Z = 4$ ) изучено комплексобразование хлорида пиперазиния с хлоридом меди(I); протонирование атомов азота молекулы пиперазина и электростатическое взаимодействие между ионами в комплексе рассматриваются сквозь призму процесса ингибирования горения органических аминов.

**Ключевые слова:** Ингибиторы горения органических аминов, синтез, кристаллическая структура, купрум(I) хлоридный q комплекс с пиперазиний хлоридом.



2. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : [справ очник / под ред.: А. Н. Баратова, А. Я. Корольченко]. – М. : Химия, 1990. – Ч. 1, – 496 с.; 1990. – Ч. 2, – 384 с.
3. Dorsett H. G. Report of Investigation / H. G. Dorsett, J. Nagy // U. S. Bureau of Mines. – 1968. – RI 7132.
4. Fire and related properties of industrial chemicals. – London : FPA, 1972. – Booklet № 24.
5. National Fire Codes. – Boston: National Fire Protection Association, 1978. – V. 12–13.
6. Постанова КМУ № 508 від 26.07.1994 р. „Про заходи щодо виконання Закону України „Про пожежну безпеку”.
7. Ксандопуло Г. И. Влияние комплексных соединений олова, сурьмы и меди с аминами на горючесть эпоксидных смол / Г. И. Ксандопуло, С. П. Чувашева, К. М. Гибов // материалы совещ. [“Механизм ингибирования цепных газовых реакций”]. – Алма-Ата. – 1971. – С. 229–235.
8. Годованець Н. М. Пошук інгібіторів горіння органічних амінів на основі комплексних сполук Cu(I). Синтез та кристалічна структура  $\sigma$ -комплексу купрум(I) хлориду з 2-амінопіридином складу  $[Cu_2Cl_2(NH_2C_5H_4N)]$  / Н. М. Годованець, Ю. В. Межеріцька, Б. М. Михалічко, О. М. Щербина, Ю. І. Сливка // Пожежна безпека. – 2008. – № 12. – С. 55–60.
9. Годованець Н. М. Квантово-хімічне обчислення теплотворної спроможності купрум(I) хлоридного комплексу з 2-амінопіридином складу  $[Cu_2Cl_2(NC_5H_4NH_2)]$  / Н. М. Годованець, Б. М. Михалічко, О. М. Щербина // Пожежна безпека. – 2008. – № 13. – С. 108–112.
10. Химическая энциклопедия : в 5 т. – М. : БРЭ, 1992. – Т. 3 – 641 с.
11. Пожарная опасность веществ и материалов : [справ очник / под ред.: И. В. Рябова]. – М. : Стройиздат, 1966. – Ч. 1 – 244 с.; 1970. – Ч. 2. – 336 с.
12. Пожарная опасность веществ и материалов, применяемых в химической промышленности: [справ очник / под ред.: И. В. Рябова]. – М. : Химия, 1970. – 336 с.
13. Пат 25459А Україна, МКІ С30В 7/12, С30В 7/14. Спосіб одержання монокристалів  $\pi$ -комплексів галогенідів міді(I) / Михалічко Б.М., Миськів М. Г.; заявник і патентовласник Львівськ. нац. ун-т ім. І. Франка. – № 95073217 ; заявл. 10.07.95 ; опубл. 30.10.98, Бюл. № 4.
14. Пакет программ для структурного анализа кристаллов – CSD. Общее описание / Л. Г. Аксельруд, Ю. Н. Гринь, П. Ю. Завалий и др. – Львов, -1990.
15. Desiraju G. R. Hydrogen Bridges in Crystal Engeniering. Interaction without Borders. / G. R. Desiraju // Acc. Chem. Res. – 2002. – Vol. 35 – P. 565–573.
16. Стере-хімічний та термохімічний аналіз сполук купрум(I) як основа пошуку ефективних інгібіторів горіння органічних речовин : матеріали Міжн. науково-практичної конф. [“Пожежна безпека-2007”] / Н. М. Годованець, О. М. Щербина, О. В. Меньшикова, Б. М. Михалічко. – Черкаси. – 2007. – С. 36–37.

*Н.Н. Годованец, Б.М. Мыхаличко, д.х.н., проф., О.Н. Щербына, к.фарм.н., доц.*

### **ОБРАЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$ В СИСТЕМЕ CuCl–пиперазин–HCl КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ФАКТОР ИНГИБИРОВАНИЯ ГОРЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ АМИНОВ**

Основываясь на результатах рентгеноструктурного анализа синтезированного в системе CuCl – HNC<sub>4</sub>H<sub>8</sub>NH – HCl (HNC<sub>4</sub>H<sub>8</sub>NH – пиперазин) кристаллического комплекса  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$  (пространственная группа симметрии C2/c, параметры моноклинной ячейки:  $a = 10,968(3)$ ,  $b = 6,770(2)$ ,  $c = 13,304(4) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 96,289(9)^\circ$ ,  $Z = 4$ ) изучено комплексобразование хлорида пиперазиния с хлоридом меди(I); протонирование атомов азота молекулы пиперазина и электростатическое взаимодействие между ионами в комплексе рассматриваются сквозь призму процесса ингибирования горения органических аминов.

**Ключевые слова:** Ингибиторы горения органических аминов, синтез, кристаллическая структура, купрум(I) хлоридный q комплекс с пиперазиний хлоридом.

*N.N. Godovanets, B.M. Mykhalichko, Doctor of Science (Chemistry), Professor,  
O.M. Shcherbyna, Candidate of Science (Pharmacy), Docent*

### FORMATION OF $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$ COMPLEX IN A SYSTEM CUCL-PIPERAZINUM-HCL AS THE EFFECTIVE FACTOR OF INHIBITION OF BURNING OF ORGANIC AMINES

Being grounded on results of X-ray structural analysis synthesized in a system  $CuCl - HNC_4H_8NH - HCl$  ( $HNC_4H_8NH$  - Piperazin) crystalline  $[H_2NC_4H_8NH_2]CuCl_3$  complex (space group of a symmetry  $C2/c$ , a monoclinic cell parameters:  $a = 10,968$  (3),  $b = 6,770$  (2),  $c = 13,304$  (4)Å,  $\beta = 96,289$  (9)°,  $Z = 4$ ) the complexing of Piperazinium chloride with copper(I) chloride is learnt; protonation of nitrogen atoms of a molecule of Piperazin and electrostatic interacting between ions in a complex are examined through a prism of process of organic amines inhibition of burning.

**Key word:** Inhibition of organic amines burning, synthesis, crystal structure, chloride piperazinium with copper (I) chloride complex.

УДК 630\*91

*А.Д. Кузик, к. ф.-м. н., доц., В.В. Попович (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### ДІЯЛЬНІСТЬ ДЕРЖАВНИХ І МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ У СФЕРІ ЗАХИСТУ ЛІСІВ, ЛАНДШАФТНОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ДОВКІЛЛЯ

У статті досліджено поетапне становлення міжнародної співпраці щодо захисту довкілля та збереження біорізноманіття. Розглянуто необхідність гармонізації правового поля та норм ведення лісового господарства України з відповідними критеріями Європейського Союзу та ООН

**Ключові слова:** пожежна безпека лісів, лісові екосистеми, збереження ландшафтного біорізноманіття, захист довкілля

**Вступ.** Глобальна стратегія збереження біорізноманіття має особливо велике значення для підвищення життєздатності штучно створюваних лісів, що відрізняються слабкою стійкістю до умов довкілля. Низький рівень біорізноманіття є однією з найважливіших причин широкого розповсюдження в них патогенних організмів та підвищення рівня пожежної небезпеки. Особливо гостро це стосується лісових насаджень на девастрованих ландшафтах.

Світова спільнота та громадські організації особливо увагу приділяють збереженню та розвитку лісових екосистем. Про це свідчать міжнародні конференції під егідою ООН та міністерські конференції країн-учасниць ЄС.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Актуальні проблеми лісівничої співпраці в світовому та вітчизняному контексті висвітлено в працях І. Синякевича (2000), М.Ю. Попкова, Л.В. Полякової, В.Ф. Сторожука (2002), В.К. Афанасенка (2004) М.Б. Бизової (2006).

**Метою даної роботи** є визначення ролі міжнародної спільноти у збереженні лісів та ландшафтного біорізноманіття а також визначення необхідності змін державної політики у галузі лісового господарства України.