

УДК 546.74: 538

Н. Ковальська, студ.,
 Н. Каряка, асп., natalia_kariaka@i.ua,
 О. Ліціс, канд. хім. наук,
 О. Кулешова, асп.,
 О. Хиля, канд. хім. наук,
 Т. Слива, канд. хім. наук,
 В. Амірханов, д-р хім. наук,
 КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

СПЕКТРАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ КООРДИНАЦІЙНИХ СПОЛУК ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ З ГЕТЕРОЦИКЛІЧНИМИ ЕНАМІНОНІТРИЛАМИ

На основі нових лігандів енамінонітрильного типу HL^{A-E} синтезовано координаційні сполуки (КС) складу $M(L^{A-E})_2$, де $M = Cu^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}$ та Ni^{2+} . Склад та будову КС встановлено за елементним аналізом та методами ІЧ спектроскопії та ПМР. Для лігандів та комплексів на їх основі досліджено спектри поглинання в УФ-діапазоні, а також спектри флуоресценції та збудження флуоресценції в розчинах при кімнатній температурі.

Ключові слова: гетероциклічні ліганди; енамінонітрили; комплекси 3d-металів; флуоресценція.

Вступ. Хімія гетероциклічних сполук останнім часом інтенсивно розвивається, що зумовлено як формуванням теоретичних узагальнень в цій області, так і практичною цінністю досліджень. Особливий інтерес представляють біологічно активні гетероциклічні сполуки, які застосовують в медицині, ветеринарії та сільському господарстві. За різними даними на початок ХХІ століття приблизно дві третини найчастіше вживаних синтетичних лікарських препаратів належать до гетероциклів, більшість із яких – п'яти- та шестичленні. Вони є складовими таких первинних метаболітів як білки та нуклеїнові основи. Серед вторинних метаболітів також знайдено велику кількість сполук, що містять згадані цикли [1]. Крім того, багато синтетичних речовин цього класу мають практичне застосування [2].

Незважаючи на значні успіхи у розробці методів синтезу гетероциклів та вивченні їх хімічних властивостей, подальші дослідження в цій галузі є актуальними. В останні роки велика увага приділяється синтезу та дослідженню структурних аналогів β -енамінонів. Так, введення та заміщення однієї або двох гетероциклічних груп приводить до появи нового класу органічних лігандів 2-тетрагідро-1H-2-піроліліденацетонітрилів (рис. 1).

Важливим завданням сучасної координаційної хімії є пошук нових лігандів, які здатні утворювати кінетично та термічно стабільні металокомплекси. Бідентатно-хелатуючі ліганди є одними з найбільш інтенсивно досліджуваних об'єктів сучасної координаційної хімії, що обумовлено їх здатністю координуватися як до d-, так і до f- металів. Варіювання функціональних фрагментів органічних лігандів дозволяє синтезувати координаційні сполуки з певними структурними особливостями, що можуть проявляти цікаві практичні властивості. Серед робіт, присвячених β -енамінонам, найбільша кількість містить дані про їх комплекси з іонами $Co^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}$ та Ni^{2+} [3–5]. Тому систематичне дослідження фізико-хімічних і координаційних властивостей нових гетероциклічних лігандів енамінонітрильного типу HL^{A-E} (Схема 1) та вивчення закономірностей утворення ними координаційних сполук є важливим та перспективним.

Об'єкти та методи дослідження. Синтез комплексних сполук складу $M(L^{A-E})_2$ базується на використанні реакції обміну між відповідними лігандами HL^{A-E} та ацетатами 3d-металів (Co, Cu, Ni та Zn). Розчин 1 ммоль гідратованого ацетату 3d-металу в 10 мл метанолу нагрівали до 30°C та додавали до 15 мл теплої (~50°C) розчину 2 ммоль ліганду HL^{A-E} в суміші розчинників метанол:ацетонітрил (1:1). Результуючий розчин охолоджували до кімнатної температури, після чого поміщали у вакуум-ексикатор над $CaCl_2$. Через 1–2 доби утворювався осад, який відфільтровували, промивали холодним метанолом та висушували на повітрі. Вихід комплексів становив 60–65%. Склад сполук підтверджений за допомогою елементного аналізу.

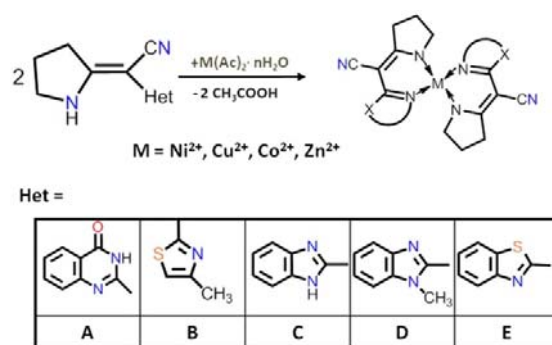


Рис. 1. Загальна схема синтезу комплексів на основі 2-тетрагідро-1H-2-піроліліденацетонітрилів HL^{A-E}

Для перекристалізації комплекси розчиняли в суміші ізопропанолу, ацетонітрилу та метанолу при нагріванні та залишали на кристалізацію при кімнатній температурі. Через 10–14 діб спостерігали утворення кристалів, які відфільтровували, промивали ізопропанолом і висушували на повітрі. Температури топлення комплексів $M(L^{A-E})_2$ лежать в межах 190–210°C, $Co(L^{B-E})_2$ – 170–180°C, $Cu(L^{B-E})_2$ та $Ni(L^{B-E})_2$ – 130–140°C, $Zn(L^{B-E})_2$ – 110–112°C.

Аналіз та фізико-хімічні методи дослідження. Елементний аналіз (C, H, N) проводили на EL III Universal CHNOS Elemental Analyzer. ІЧ спектри синтезованих сполук у вигляді таблеток в KBr в області 400–4000 cm^{-1} записували на Фур'є – спектрофотометрі FT-IR Spectrum BX-II Perkin Elmer. Зйомку спектрів ЯМР 1H (TMS внутрішній стандарт) здійснювали на імпульсному радіоспектрометрі WR-400 ("Bruker") при кімнатній температурі. Спектри флуоресценції та збудження флуоресценції твердих зразків та розчинів у метанолі записували на спектрофлуориметрі SpectraPro компанії Action Research Corporation, що оснащений двома детекторами: ФЕУ Hamamatsu R928 і напівопровідниковим детектором. Джерело збудження – ксенонова лампа потужністю 450 Вт. Спектри поглинання реєстрували при кімнатній температурі на спектрофотометрі UV-VIS-NIR Cary 5000.

Результати та їх обговорення. Спільними рисами ІЧ-спектрів усіх досліджуваних лігандів є: наявність уширеної смуги поглинання середньої інтенсивності в області 3426–3464 cm^{-1} , що відповідає валентним коливанням NH груп пірольного гетероциклу та вузьких інтенсивних смуг поглинання в областях 2186–2196 cm^{-1} та 1584–1610 cm^{-1} , що є характеристичними для валентних коливань $\nu(C\equiv N)$ та $\nu(C=C)$ відповідно (табл. 1). Загальні закономірності змін [6], що спостерігаються в ІЧ-спектрах сполук $M(L^{A-E})_2$ порівняно зі спектрами відповідних енамінонітрильних лігандів HL^{A-E} наступні:

➤ відсутність смуг поглинання валентних коливань $\nu(NH)$ пірольного кільця (табл. 1), що свідчить про входження лігандів до координаційної сфери у депротонованій формі;

➤ низькочастотний зсув характеристичних смуг поглинання $\nu(\text{C}=\text{C})$ на $70\text{--}100\text{ см}^{-1}$ вказує на зниження порядку зв'язку внаслідок делокалізації заряду в межах шестичленного металоциклу;

➤ відсутність зміни форми та суттєвих зсувів смуги $\nu(\text{C}\equiv\text{N})$ означає, що нітрильна група не приймає участі в координації до йонів 3d-металів.

Відмінною рисою ІЧ-спектрів ліганду HL^{A} є інтенсивна смуга в області 1620 см^{-1} , що відповідає валентним коливанням карбонільної групи $\nu(\text{C}=\text{O})$. Суттєвих зсувів у спектрах комплексів в порівнянні зі спектром "вільного" ліганду дана смуга не зазнає. Це дає підстави вважати, що карбонільна група не бере участі у комплексоутворенні [7].

Координування лігандів в депротонованій формі також було підтверджено методом ^1H -ЯМР спектроскопії для координаційних сполук цинку. Так, сигнал від NH протону у спектрах комплексів цинку відсутній, а для решти протонів спостерігаються координаційні зсуви сигналів у сильне поле, що можна пояснити перерозподілом електронної густини у молекулі ліганду при його депротонуванні та розгалуженні π -системи у хелатному циклі внаслідок координації.

Таблиця 1

Положення характеристичних смуг поглинання в ІЧ спектрах синтезованих сполук, см^{-1}

Ліганд	Віднесення	HL	NiL ₂	CuL ₂	CoL ₂	ZnL ₂
HL ^A	$\nu(\text{NH})_{\text{н.п.}}$	3462	-	-	-	-
	$\nu(\text{NH})$	3339	3331	3328	3330	3321
	$\nu(\text{C}\equiv\text{N})$	2196	2188	2180	2183	2178
	$\nu(\text{C}=\text{O})$	1620	1623	1630	1624	1624
	$\nu(\text{C}=\text{C})$	1584	1538	1538	1538	1539
HL ^B	$\nu(\text{NH})_{\text{н.п.}}$	3464	-	-	-	-
	$\nu(\text{C}\equiv\text{N})$	2186	2173	2178	2173	2174
	$\nu(\text{C}=\text{C})$	1596	1528	1530	1529	1533
HL ^C	$\nu(\text{NH})_{\text{н.п.}}$	3426	-	-	-	-
	$\nu(\text{NH})$	3293	3156	3192	3177	3197
	$\nu(\text{C}\equiv\text{N})$	2193	2183	2176	2174	2176
	$\nu(\text{C}=\text{C})$	1607	1522	1497	1522	1526
HL ^D	$\nu(\text{NH})_{\text{н.п.}}$	3448	-	-	-	-
	$\nu(\text{C}\equiv\text{N})$	2187	2183	2179	2180	2174
	$\nu(\text{C}=\text{C})$	1610	1495	1497	1494	1499
HL ^E	$\nu(\text{NH})_{\text{н.п.}}$	3450	-	-	-	-
	$\nu(\text{C}\equiv\text{N})$	2189	*	2180	2175	2181
	$\nu(\text{C}=\text{C})$	1605	-	1547	1532	1542

* – сполуку не одержано

Таблиця 2

Величини хімічних зсувів у ^1H -ЯМР спектрах лігандів HL та комплексів $\text{Zn}(\text{L}^{\text{A-E}})_2$ на їх основі, δ , м.ч

	Тип протону	HL	Zn(L) ₂		Тип протону	HL	Zn(L) ₂
	HL ^A	H аром.	7,99 (1H, д, 5-H) 7,65 (2H, с, 6,7-H) 7,28 (1H, м, 8-H)		7,99 (2H, д, 5-H) 7,65 (4H, с, 6,7-H) 7,28 (2H, м, 8-H)	HL ^D	H аром.
H алиф.		3,83 (2H, т, 5 ¹ -CH ₂) 3,02 (2H, т, 4 ¹ -CH ₂) 3,14 (2H, м, 3 ¹ -CH ₂)	3,71 (4H, т, 5 ¹ -CH ₂) 2,95 (4H, т, 4 ¹ -CH ₂) 3,03 (4H, м, 3 ¹ -CH ₂)	H алиф.	3,96 (3H, с, 1-CH ₃) 3,82 (2H, т, 5 ¹ -CH ₂) 3,03 (2H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,19 (2H, м, 3 ¹ -CH ₂)		3,82 (6H, с, 1-CH ₃) 3,68 (4H, т, 5 ¹ -CH ₂) 3,01 (4H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,00 (4H, м, 3 ¹ -CH ₂)
NH		10,33 (1H, с, 1 ¹ -NH) 10,75 (1H, с, 1-NH)	10,20 (2H, с, 1 ¹ -NH) -	NH	10,15 (1H, с, 4-NH)		-
HL ^B	H аром.	6,71 (1H, с, 4-H)	6,59 (2H, с, 4-H)	HL ^E	H аром.	7,85 (1H, д, 4-H) 7,75 (1H, д, 7-H) 7,38 (1H, т, 5-H) 7,24 (1H, т, 6-H)	7,79 (2H, д, 4-H) 7,71 (2H, д, 7-H) 7,33 (2H, т, 5-H) 7,20 (2H, т, 6-H)
	H алиф.	3,74 (2H, т, 5 ¹ -CH ₂) 2,93 (2H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,35 (3H, с, 5-CH ₃) 2,13 (2H, м, 3 ¹ -CH ₂)	3,63 (4H, т, 5 ¹ -CH ₂) 2,85 (4H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,22 (6H, с, 5-CH ₃) 2,01 (4H, м, 3 ¹ -CH ₂)		H алиф.	3,82 (2H, т, 5 ¹ -CH ₂) 3,02 (2H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,18 (2H, м, 3 ¹ -CH ₂)	3,78 (4H, т, 5 ¹ -CH ₂) 2,98 (4H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,11 (4H, м, 3 ¹ -CH ₂)
	NH	9,73 (1H, с, 1 ¹ -NH)	-		NH	10,15 (1H, с, 1 ¹ -NH)	-
HL ^C	H аром.	7,38 (1H, д, 4-H) 7,34 (1H, д, 7-H) 7,01 (2H, м, 5,6-H)	7,27 (2H, д, 4-H) 7,28 (2H, д, 7-H) 6,93 (4H, м, 5,6-H)				
	H алиф.	3,71 (2H, т, 5 ¹ -CH ₂) 2,99 (2H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,17 (2H, м, 3 ¹ -CH ₂)	3,68 (4H, т, 5 ¹ -CH ₂) 2,81 (4H, т, 4 ¹ -CH ₂) 2,11 (4H, м, 3 ¹ -CH ₂)				
	NH	10,23 (1H, с, 1 ¹ -NH) 11,84 (1H, с, 1-NH)	10,23 (2H, с, 1 ¹ -NH) -				

Електронні спектри поглинання лігандів та комплексів у метанолі представлені на рис. 2. Спектри реєстрували в діапазоні $\lambda = 200\text{--}500$ нм з кроком 1 нм. В УФ області спостерігаємо інтенсивні смуги, обумовлені електронними переходами в межах системи ароматичних фрагментів лігандів, спряженої з неподіленими електронними парами гетероатомів. При комплексоутворенні змінюються енергії основного та збудженого станів лігандів, в результаті чого у спектрах координаційних сполук спостерігаємо зсуви смуг поглинання порівняно зі спектрами відповідних некоординованих лігандів. Найбільш суттєвого зміщення зазнає смуга поглинання при 300-350 нм. Так для комплексів з лігандами

$\text{HL}^{\text{A-C}}$ спостерігаємо її батохромний зсув на ~ 10 нм для комплексу $\text{M}(\text{L}^{\text{A}})_2$ та на ~ 20 нм для $\text{M}(\text{L}^{\text{B-C}})_2$. Для комплексу $\text{M}(\text{L}^{\text{D}})_2$, навпаки, спостерігається невеликий гіпсохромний зсув на ~ 5 нм. Для ліганду HL^{E} спостерігаємо гіпсохромний зсув зазначеної смуги для комплексів нікелю (II) та батохромний зсув для комплексів цинку та купруму (II) (рис. 2).

Флуоресцентні властивості синтезованих КС було досліджено для розчинів $\text{Zn}(\text{L}^{\text{A-E}})_2$ у метанолі з концентрацією 10^{-4} М та у твердому стані при кімнатній температурі (рис. 3). При записі спектрів флуоресценції використовували довжину хвилі збудження, що відповідає максимуму поглинання комплексів.

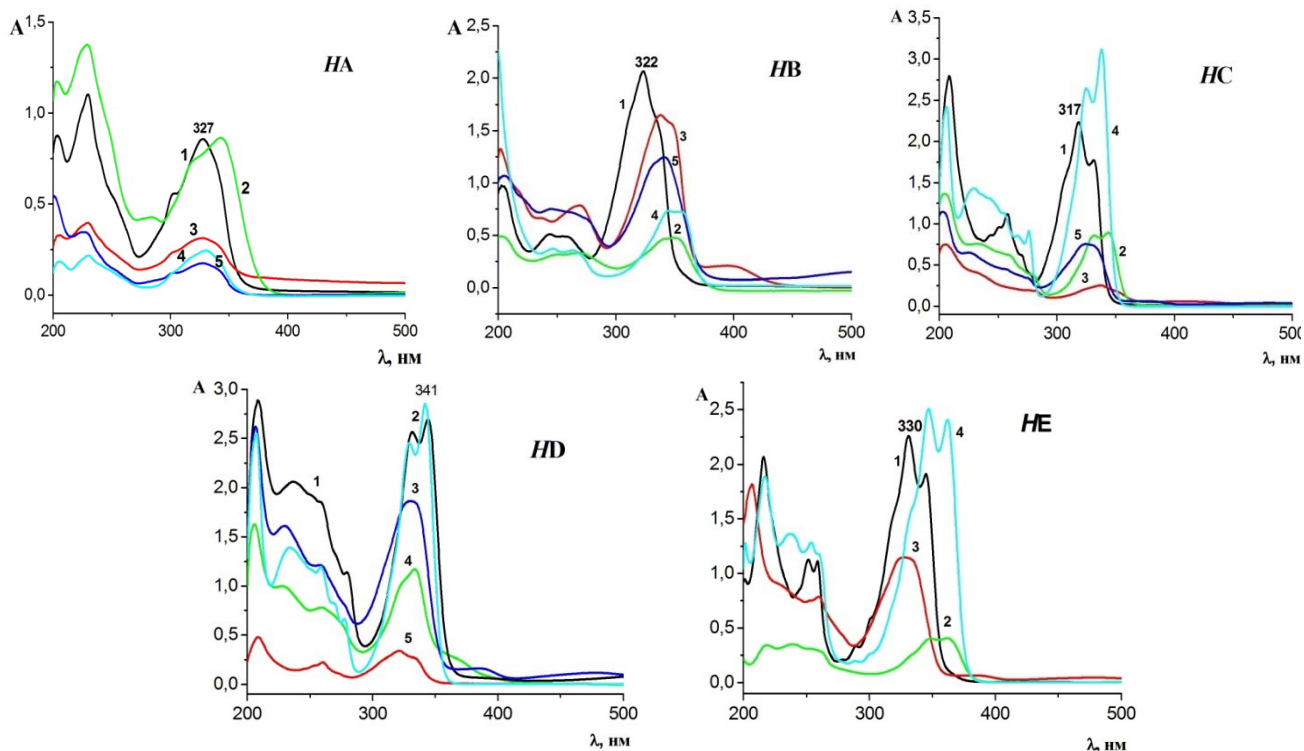


Рис. 2 Електронні спектри поглинання розчинів ліганду та комплексу в метанолі: 1 – HL^{A-E} , 2 – $Cu(L^{A-E})_2$, 3 – $Co(L^{A-E})_2$, 4 – $Zn(L^{A-E})_2$, 5 – $Ni(L^{A-E})_2$. Концентрація сполук в розчині 10^{-4} моль/л, $T = 293$ К.

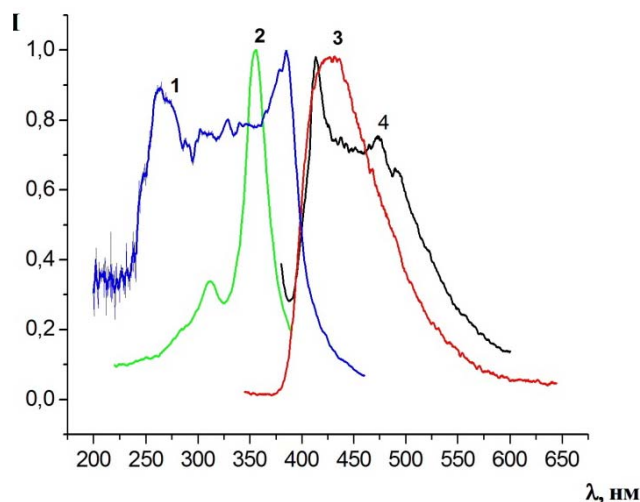


Рис. 3. Спектри флуоресценції та збудження флуоресценції комплексу $Zn(L^A)_2$: у твердому стані (1, 3) та у розчині (2, 4).

Для всіх досліджуваних лігандів спостерігається слабка флуоресценція з максимумами випромінювання, що лежать у діапазоні 410-510 нм. Відомо, що комплексоутворення з цинком призводить до збільшення "жорсткості" структури ліганду, та зміни енергетичної структури його молекулярних орбіталей, та як наслідок, до зміни фотофізичних характеристик комплексу порівняно з вихідним органічним лігандом [8, 9]. Інтенсивність спектрів люмінесценції для комплексів цинку у порівнянні зі спектрами вільних лігандів є вищою. Крім того у випадку комплексів з лігандами $HL^{B,C,E}$ спостерігаємо зсуви максимумів флуоресценції в короткохвильову область на 30-100 нм в порівнянні зі спектрами відповідних лігандів. Варто відмітити, що для комплексу $Zn(L^E)_2$ інтенсивність флуоресценції є на порядок вищою порівняно з КС на основі решти лігандів.

Висновок. Синтезовано та досліджено 19 координаційних сполук, що містять ліганди енамінонітрильного

типу HL^{A-D} . Аналіз спектрів 1H -ЯМР лігандів та координаційних сполук $Zn(L^{A-E})_2$ підтвердив, що ліганди координуються до йонів металу в депротонованому стані. ІЧ-спектри комплексів $M(L^{A-E})_2$ підтверджують координацію лігандів у бідентатно-хелатний спосіб через атоми нітрогену пірольного кільця та гетероароматичного замісника. Проаналізовано закономірності зміщення смуг поглинання в електронних спектрах координованих енамінонітрилів в діапазоні 200-500 нм. Досліджено флуоресцентні характеристики для лігандів та КС цинку (II) на їх основі. Комплекси виявилися яскравими люмінофорами в синій області спектру.

Подяка. Автори висловлюють вдячність Паулі Гавришевській (хімічний факультет Вроцлавського університету, Польща) за допомогу у виконанні досліджень з люмінесцентної спектроскопії.

Список використаних джерел

- Gubina K., Shatrava I., Ovchynnikov V., Amirkhanov V. Acta Crystallogr. E, 2011, 67 (7), o1607.
- Chen C.H., Shi J. Coord. Chem. Rev., 1998, 171, 161–174.
- Glushkov R.G., Marchenko N.B., Padeiskaya A.N., Shipilova L.D. Pharm. Chem. J., 1990, 24, 460–465.
- Mezentseva M.V., Kadushkin A.V., Alekseeva L.M., Sokolova A.S., Granik V.G. Pharm. Chem. J., 1991, 25, 858–864.
- Ershov L.V., Granik V.G. Chem. Heterocycl. Compd., 1985, 21 (7), 771–774.
- Beckmann U., Eichberger E., Lindner M., Bongartz M., Kunz P.C. Eur. J. Org. Chem., 2008, 24, 4139–4147.
- Litsis O. O., Ovchynnikov V. A., Shishkina S.V., Sliva T. Yu., Amirkhanov V. M. Trans. Met. Chem., 2013, 38, 473–479.
- Захаров И. А., Тимофеева В. Н. Люминесцентные методы анализа. Л.: ЛТИ, 1978, 95 с.
- Zaharov I. A., Timofeeva V. N. Luminescent methods of analysis. Leningrad: LTI, 1978, 95 p.
- Jian F., Zhu S., Jin S., Zhou Z., Lu Y. Inorg. Chem. Commun., 2013, 38, 155–158.

Надійшла до редколегії 30.06.15

Н. Ковальська, студ., Н. Каряка, асп., natalia_kariaka@i.ua,
 Е. Лицис, канд. хим. наук, Е. Кулешова, асп., О. Хиля, канд. хим. наук,
 Т. Слива, канд. хим. наук, В. Амирханов, д-р хим. наук
 КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА КООРДИНАЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ ЕНАМИНОНИТРИЛАМИ

На базе новых лигандов енаминотрильного типа HL^{A-E} были синтезированы координационные соединения (КС) состава $M(L^{A-E})_2$, где $M = Cu^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}$ и Ni^{2+} . Состав и строение КС установлены на с использованием методов элементного анализа, ИК спектроскопии и ПМР. Для лигандов и координационных соединений на их основе изучены спектры поглощения в УФ-области, а также спектры флуоресценции и возбуждения флуоресценции в растворах при комнатной температуре.

Ключевые слова: гетероциклические лиганды; енаминотрилы; комплексы 3d-металлов; флуоресценция.

N. Kovalska, student, N. Kariaka, PhD Student, natalia_kariaka@i.ua,
 O. Litsis, PhD, O. Kuleshova, PhD Student, O. Khilya, PhD,
 T. Slyva, PhD, V. Amirkhanov, Dr. Sci.
 Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

SPECTRAL PROPERTIES OF TRANSITION METAL COORDINATION COMPOUNDS WITH HETEROCYCLIC ENAMINONITRILES

A series of 19 new enaminonitrile ligands (HL^{A-E}) based coordination compounds of general formulas $M(L^{A-E})_2$ ($M = Cu^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}$ and Ni^{2+}) were synthesized. The composition and structure of the complexes were determined based on CHN analysis, IR and 1H NMR spectroscopy data. Absorption spectra in the UV region as well as fluorescence and excitation spectra were studied for the ligands and their coordination compounds at the room temperature. The obtained 1H NMR spectra confirmed that the enaminonitrile ligands are coordinated to the metal ions in the deprotonated form. Compared to the ligands the absence of NH proton signal and strong field shifts of the other signals were observed in 1H NMR spectra of Zn (II) complexes. The comparison of the FT-IR spectra of the heterocyclic ligands HL^{A-E} and all the complexes $M(L^{A-E})_2$ confirm the fact of ligands coordination in bidentate-chelate manner through the two nitrogen atoms: the first nitrogen of pyrrole ring and the second one from heteroaromatic substituent. The patterns of absorption bands displacement in the electronic spectra of coordinated enaminonitriles in the range of 200–500 nm has been analyzed. The most significant shift undergoes absorption band at 300–350 nm: ~ 10 nm red shift was observed for complexes $M(L^A)_2$ and ~ 20 nm red shift for $M(L^B)_2$, while for complexes $M(L^D)_2$ a small blue shift ~ 5 nm was observed. The characteristics of the ligands and zinc (II) coordination compounds fluorescence have been investigated. It was shown that the all zinc (II) complexes were bright blue phosphors. However it should be noted that fluorescence intensity of compound $Zn(L^E)_2$ was an order higher compared to the other studied zinc complexes.

Key words: heterocyclic ligands; enaminonitriles; 3d-metal complexes; fluorescence.

УДК 543.544-414.7:546.302

А. Трохимчук, д-р. хим. наук,
 О. Андріанова, канд. хим. наук
 КНУ імені Тараса Шевченка, Київ
 О. Сірик, асп., olena-siryk@yandex.ua
 Інститут біологічної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України, Київ

ВИЛУЧЕННЯ МІКРОКІЛЬКОСТЕЙ МЕТАЛІВ 3 РОЗЧИНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ СОРБЕНТУ ПОСЛІДОВНО МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНІДИНОМ ТА ТРИЛОНОМ Б

Одержано сорбент з супрамолекулярною структурою на основі силікагелю, послідовно модифікованого полігексаметиленгуанідином та динатрієвою сіллю етилендіамінтетраоцтової кислоти. Досліджена сорбційна здатність отриманого сорбенту по відношенню до іонів міді(II), нікелю(II), цинку(II), кобальту(II), кадмію(II) та свинцю(II) в статичному та динамічному режимах. Проведені дослідження покладені в розробку сорбційно-атомно-емісійного визначення металів в питних та природних водах.

Ключові слова: сорбція, силікагель, трилон Б, перехідні метали.

Широке використання сорбційних методів розділення та концентрування елементів потребує пошуку та розробки нових сорбентів. Вибірковість та ефективність сорбентів визначається, перш за все, присутністю в полімерній матриці чи поверхневому шарі сорбенту функціонально-аналітичних груп, які у відповідності з природою донорних атомів, що містяться в них та їх стехіометричними можливостями, утворюють комплекси з іонами металів, які відрізняються за стійкістю [1–3].

Значні можливості відкриваються з використанням сорбентів, в яких закріплення органічного комплексоутворюючого реагента на поверхні проходить через проміжний шар полімерних молекул, в якості якого часто використовують поліаміни. Нами показано [4], що

для цих цілей доцільно використовувати водорозчинний полімер полігексаметиленгуанідин хлорид (ПГМГ). Фіксація ПГМГ на поверхні силікагелю (СГ) проходить, в основному, за рахунок багатоцентрового зв'язування гуанідинових груп з силанольними групами поверхні. Гуанідинові групи полімеру закріплені на поверхні можуть виступати в якості "активних" груп для подальшої взаємодії з органічними реагентами, до складу яких входять кислотні групи ($-SO_3H$, $-COOH$, тощо). При сорбції іонів металів на таких сорбентах, з точки зору координаційної хімії, утворюються супрамолекулярні поверхневі комплекси, а самі сорбенти, ми вважаємо доцільним, називати "супрамолекулярними". Слід відмітити принципові відмінності супрамолекулярних сорбентів

© Трохимчук А., Андріанова О., Сірик О., 2015