

Будова та властивості сполук Купруму (II) з біноклеативними лігандами

Роботу присвячено огляду експериментальних робіт з питань синтезу, визначення структури та вивчення фізико-хімічних властивостей координаційних сполук Купруму (II) з лігандами, які володіють декількома донорними центрами. Визначено пріоритетні напрями в подальших експериментальних дослідженнях цих цікавих і перспективних сполук.

Ключові слова: синтез, комплекси, ліганди, Купрум, структура, будова, ІЧ-спектри, термічний аналіз.

Постановка наукової проблеми та її значення. Різноманітність хімічних та фізико-хімічних властивостей координаційних сполук пов'язана з широким спектром органічних речовин, які використовуються як ліганди. У полі зору науковців перебуває цілеспрямований синтез нових комплексів із заданими координаційними властивостями. Досягнути цього можна, використовуючи багаточисельні органічні поліноклеативні ліганди, головною ознакою яких є наявність декількох донорних атомів. Саме за допомогою таких лігандів можливо одержати оліго- та поліядерні координаційні сполуки – потенційні об'єкти вивчення біонеорганічної хімії, молекулярного магнетизму, молекулярної електроніки.

Накопичений теоретичний та експериментальний матеріал свідчить про те, що Купрум (II), виступаючи як комплексоутворювач, забезпечує координаційним сполукам малопрогнозовані властивості. Так, електронна оболонка Cu (II), що містить дев'ять електронів, відповідає за спотворену симетрію координаційного поліедра. Це зумовлено ефектом Яна–Теллера (результат електронно-коливальних взаємодій) і значною константою спин–орбітальної взаємодії. Ці два ефекти, які подібні за величиною, значно ускладнюють розв'язок питань щодо будови комплексів.

Аналіз досліджень цієї проблеми. Аналіз робіт, присвячених синтезу та вивченню фізико-хімічних властивостей координаційних сполук Купруму (II) з біноклеативними лігандами, дав змогу виокремити комплекси з найбільш типовими лігандами зазначеного типу. Їм притаманна жорсткість окремих структурних фрагментів, функціональна скерованість щодо потенційної взаємодії з комплексоутворювачем, наявність хелатних груп та здатність до утворення міцних водневих зв'язків. Ці властивості характерні для лігандів, що містять Нітроген, Оксиген, Сульфур. Пошук нових лігандів з такими ознаками дасть можливість поглибити як теоретичну, так і експериментальну складову частину хімії координаційних сполук.

Мета статті – провести всебічний аналіз накопиченого експериментального матеріалу з синтезу та вивчити властивості сполук Купруму (II) з біноклеативними лігандами. Це потрібно для окреслення основних здобутків та визначення можливих пріоритетних напрямів подальших експериментальних робіт.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Відомо, що Нітроген, який перебуває в sp^2 -гібридному стані, є зручним будівельним фрагментом при розробці лігандів із заданими стереохімічними координаційними властивостями. Це забезпечується жорсткістю фрагмента, що містить $-N=C=$, електроннодонорними властивостями атома Нітрогену, а також його доступністю до координації з атомом металу-комплексоутворювача.

Дослідження в роботі [1] присвячені прямому синтезу комплексних сполук Купруму (II) з 1-етилтетразолом (L^1) і 1-(2-гідроксоетил)-тетразолом (L^2). У результаті одержано сполуки складу CuL_2Cl_2 , $L = L^1$ і L^2 , фізико-хімічне дослідження яких підтвердило містковий характер атомів хлору. Тетразольні ліганди координовані монодентатно і формують шаристо-полімерну структуру сполук. Комплекси Купруму подібної будови є низькотемпературними феромагнетиками. Дані ІЧ-дослідження показали, що при переході від вільних до координованих лігандів суттєві зміни спостерігаються в області валентних коливань зв'язку C–N тетразольних циклів. У спектрах цих комплексів відмічено зміщення смуги поглинання $\nu(CN)$ в низькочастотну область. В ІЧ-спектрах комплексу CuL_2Cl_2 $\Delta\nu$ низькочастотного зміщення значно перевищують величину подібного зміщення в

аналогічних комплексах етилтетразолу і становлять 20 см^{-1} , що пояснюється наявністю водневих зв'язків в 1-(2-гідроксиетил)тетразолі. Результати диференційно-термічного аналізу засвідчили індивідуальність синтезованих сполук, які термічно розкладаються майже в одну стадію в екзотермічному режимі.

Для CuL_2Cl_2 екзоэффект – $231 \text{ }^\circ\text{C}$, втрата маси $\Delta m\%$ – 50, для $\text{CuL}'_2\text{Cl}_2$ екзоэффект – $208 \text{ }^\circ\text{C}$, втрата маси $\Delta m\%$ – 61.

Синтезовано [2] нові біологічно активні речовини: динатрієва сіль 4-метилхінолін-2-іл-гідразону α -кетоглутарової кислоти і динатрієва сіль 2-метилхінолін-4-іл-гідразону α -кетоглутарової кислоти. Досліджено вплив хімічної структури синтезованих речовин на особливості комплексоутворення з катіоном Купруму (II). Показано бінуклеативність лігандів, які містять два донорноактивні центри: Оксиген карбоксильної групи та Нітроген в групі $\text{C} = \text{N}$. Методом ІЧ-спектроскопії підтверджена хімічна структура синтезованих комплексних сполук. У спектрі 4-метилхінолін-2-іл-гідразону α -кетоглутарової кислоти в області 2950 см^{-1} спостерігається інтенсивна смуга, що відповідає коливанням протонованої карбоксильної групи, яка відсутня в спектрах динатрієвої солі, й комплексу з Купрумом.

Характеристичні частоти інших груп збігаються як в кислоті, так і в динатрієвій солі та комплексі, крім груп $\text{C} = \text{O}$, $\text{C} = \text{N}$, $\text{C}-\text{N}$, CH_2 .

Для груп $\text{C} = \text{O}$ спостерігається відхилення в довгохвильову частину спектра, в кислоті їй відповідає частота 1700 см^{-1} , в динатрієвій солі – 1680 см^{-1} , у комплексі з купрумом – 1650 см^{-1} . У групи $\text{C} = \text{N}$ для кислоти коливання відбуваються при 1620 см^{-1} , для динатрієвої солі – при 1600 см^{-1} , для комплексу – при 1570 см^{-1} . Група $\text{C}-\text{N}$ в кислоті – 1240 см^{-1} , динатрієвій солі – 1200 см^{-1} , комплексі – 1190 см^{-1} . Ці зміни пов'язані з утворенням зв'язку $\text{C}-\text{O}-\text{Cu}$ в карбоксильній групі та донорно-акцепторних зв'язків між неподіленою парою електронів Нітрогену в групі $\text{C} = \text{N}$ та вакантною d-орбіталлю Купруму.

Ацетилкарбамід $\text{CH}_3\text{CONHCONH}_2$ є похідним карбаміда і в його молекулі міститься чотири донорні атоми (два атоми Нітрогену і два атоми Оксигену), які можуть утворювати координаційні зв'язки з атомами металів-комплексоутворювачів. У роботі [5] описано синтез, деякі властивості та спектр поглинання координаційних сполук Купруму (II) з ацетил карбамідом (L) складу CuL_2Cl_2 . Наведено результати аналізу ІЧ-спектрів цих сполук:

- ІЧ спектр ацетилкарбаміда (L) (см^{-1}) : 3390, 3340, 3230, 1710, 1675, 1640, 1515, 1465, 1425, 1260, 1105, 1040, 951, 855, 825, 775, 710, 695, 670, 595, 575, 455, 445, 432, 398, 272, 254;
- ІЧ спектр комплексу CuL_2Cl_2 (см^{-1}) : 3405, 3343, 3270, 3240, 1710, 1690, 1665, 1610, 1485, 1425, 1290, 1155, 1110, 1046, 1000, 960, 860, 820, 788, 685, 640

В ІЧ спектрах цих комплексів смуги валентних коливань зв'язків NH дещо зсуваються у високочастотну область. Відповідно, можна зробити висновок, що атоми Нітрогену молекули ацетилкарбаміду не утворюють безпосередньо координаційних зв'язків з атомами металу, оскільки в протилежному випадку спостерігалось зниження, а не підвищення частот $\nu(\text{NH}_2)$ і $\nu_s(\text{NH}_2)$.

В ІЧ-спектрів кристалічного ацетилкарбаміду є дві частоти $\nu(\text{CO})$ – близько 1710 і 1675 см^{-1} , що відносяться, відповідно, до валентних коливань карбонільних груп ацетильного й карбамідного фрагментів молекули. В ІЧ спектрі комплексу Купруму (II) ацетильна полоса $\nu(\text{CO})$ залишається незмінною, а карбамідна $\nu(\text{CO})$ розщеплюється на дві частоти, з яких одна підвищена, а друга – понижена, порівняно з частотою некоординованого ацетилкарбаміду.

Амінонітрили – сполуки, які під час гідролізу нітрильної групи чи каталітичного гідрування перетворюються на амінокарбонові кислоти, часто є ключовими інтермедіатами багатьох реакцій, прекурсорами протеїнів. Водночас, маючи в складі донорні й донорно-акцепторні групи, вони можуть у комплексах з Купрумом (II) виступати як стереоселективні каталізатори реакцій органічного синтезу, виявляти інші цінні властивості. Введення в їхній склад алільних груп збільшує координаційні можливості цих сполук як лігандів [5].

Дослідженнями [7] встановлено вплив протонування амінного атома N на донорну здатність ціаногрупи 3-(диаліламіно)-пропаннітрильного катіона, який робить його активним щодо взаємодії з Cu(I) . Таким чином, незважаючи на катіонну форму, атоми N його ціаногруп координуються до ато-

мів Cu(I), на відміну від π -комплексу $[\text{Cu}((\text{C}_3\text{H}_5)_2\text{NHC}_2\text{H}_4\text{CN})\text{Cl}_2]$, де лише одна група $\text{C}=\text{C}$ органічного катіона зв'язана з атомом металу.

У повідомленні [1] описано перші результати дослідження донорних властивостей ліганду 4-метил-3,5-ди(1-оксиаміноетил)піразолу (L), який містить у 3 і 5 положеннях піразольного кільця оксимні групи.

Одержано комплекс $[\text{Cu}_2(\text{L}-\text{H})_2](\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Встановлено, що у вихідному ліганді L смуга валентних коливань – (N–O) оксимної групи знаходиться при 930 см^{-1} . Утворення зв'язку Cu–N підтверджується зсувом цієї характеристичної смуги у високочастотну область на 130 см^{-1} , що пов'язано з перерозподілом електронної густини в оксимній групі при комплексоутворенні, внаслідок чого порядок зв'язку N–O зростає.

Згідно з результатами рентгеноструктурного аналізу $[\text{Cu}_2(\text{L}-\text{H})_2](\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ кристали складаються з біядерних двозарядних комплексних катіонів, нітрат-аніонів та сольватних молекул води. Комплексний катіон є центро-симетричним димером, центр інверсії міститься посередині відрізка, що з'єднує два атоми Купруму (II). Відстань Cu(1) . . . Cu(1) дорівнює $0,3774(7)$ нм. Комплексний катіон містить два залишки одноразово депротонованих лігандів і два іони Купруму (II). Слід зазначити, O-координована оксимна група ліганду є цвітер-іоном ($\text{C}=\text{N}^+=\text{O}^-$).

Центральні атоми перебувають у сильно викривленому тетрагонально-біпірамідальному оточенні донорних атомів Нітрогену та Оксигену. Екваторіальна площина сформована трьома атомами Нітрогену, два з яких належать піразольним кільцям двох різних лігандів, а третій – O-протонованій оксимній групі першого ліганду (Cu–N = $0,1910(3)$ – $0,1989(3)$ нм), та атомом Оксигену N-протонованої оксимної групи другого ліганду (Cu–O = $0,1911(3)$ нм). В аксіальній координації знаходяться атоми Оксигену нітратних груп (Cu–O = $0,2474(4)$ нм) та оксимної групи (O(2)) трансляційного комплексного катіона (Cu–O = $0,2865(4)$ нм). Встановлено, що аксіальні контакти Cu–O значно довші, ніж екваторіальні зв'язки.

Ліганди розміщені у транс-положенні стосовно один до одного. Вони одноразово депротоновані, а саме іонізації зазнає N–H група піразольного кільця. Центральний атом утворює з лігандом 5- й 6-членні хелатні цикли. Іон Купруму утворює 5-членний хелатний цикл $[\text{Cu}-\text{N}(2)-\text{C}(4)-\text{C}(8)-\text{N}(3)]$ з аніоном (L–2H)[–], коли координація здійснюється через атом азоту оксимної групи, та 6-членний хелатний цикл $[\text{Cu}-\text{N}(1)-\text{C}(3)-\text{C}(1)-\text{C}(4)-\text{O}(2)]$, коли координованим атомом є атом кисню. 5-членні цикли майже плоскі, а 6-членні виявляють конформацію конверту з виходом атома O(2) на $0,0289(5)$ нм із площини, визначеної п'ятьма іншими атомами циклу. Таким чином, функції двох оксимних груп ліганду різні. N-координація характерна для d-металів, у той час як O-координація трапляється зазвичай у сполуках р-елементів. У цьому разі O-координація, очевидно, вимушена і реалізується через стеричні перешкоди, що виникають під час хелатоутворення. Вимірювання магнітної сприйнятливості полікристалічного зразка біядерного комплексу $[\text{Cu}_2(\text{L}-\text{H})_2](\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ у температурному інтервалі $1,7$ – 300 К при двох значеннях напруженості поля ($0,2$ і $0,5$ Тл) виявило наявність сильної антиферромагнітної взаємодії.

Аналіз процесу комплексоутворення в роботі [4] засвідчив, що внаслідок взаємодії Купрум (I) хлориду з піперазин дигідрохлоридом утворюється кристалічний аніонний комплекс $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]\text{CuCl}_3$, в якому на 1 моль горючої органічної речовини припадає така сама кількість негорючої неорганічної солі. У кристалічній ґратці цієї сполуки формуються комплексні аніони CuCl_3^{2-} і катіони $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2]^{2+}$, утворення яких зумовлене протонуванням атомів нітрогену органічного ліганда, складові одиниці комплексу утримуються в структурі силами електростатичної взаємодії, яка завдяки водневим зв'язкам N–H·Cl суттєво посилюється.

Доведено, що 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.

Синтезовано координаційні сполуки [9] гідразидів 3,4-диметокси- і 3, 4, 5-триметоксибензойних кислот з нітратами Купруму (II). Встановлено, що кількість метоксигруп у бензольному кільці органічного ліганда не впливає на спосіб його координації та склад координаційної сфери синтезованих сполук.

У ІЧ-спектрах комплексів відмічено зміщення смуги «амід-I» у низькочастотну область на 20–30 см^{-1} . Аналогічне зміщення спостерігається і для смуги поглинання, віднесеної до деформаційних коливань аміногрупи. Подібні зміни свідчать про координацію органічного ліганда через карбонільний атом Оксигену та атом Нітрогену кінцевої аміногрупи гідрозидного фрагмента, що призводить до утворення п'ятичленного хелатного циклу. Таким чином, гідрозиди 3,4-диметокси- і 3, 4, 5-триметоксибензойної кислоти реалізують в синтезованих координаційних сполуках бідентатну функцію.

Відзначено, що в ІЧ-спектрах досліджених координаційних сполук чітко проявляється інтенсивна смуга поглинання при 1330–1350 см^{-1} , яка відповідає асиметричним валентним коливанням некоординованого нітрат-аніона. Сукупність одержаних результатів дає змогу зробити висновки щодо складу й будови внутрішньої (координаційної) сфери синтезованих сполук. Оскільки чотири місця в координаційній сфері займають дві бідентатно координовані молекули ацилгідрозидина, то два місця, що залишились у координаційній сфері комплексів Купруму (II), займає молекула води. Нітрат-аніони і частина молекул води займає зовнішньосферне положення.

Похідні 1, 2-нафтохінонів застосовуються у синтезі металокомплексів, Нітроген- і Оксигенвмісних гетероциклів [11].

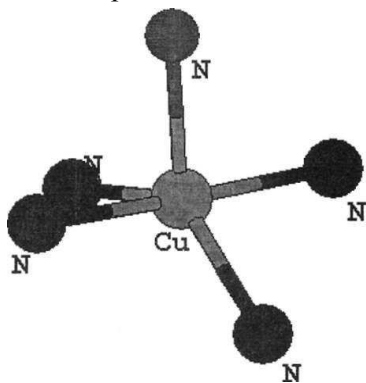


Рис. 1. Координаційний поліедр

Взаємодія амінокислотних похідних 1, 2-нафтохінону з сульфатом Купруму(II) приводить, майже з кількісним виходом, до утворення хелатних комплексів амінопохідних 1, 4-нафтохінону: дигідрат ди-[α -N-(1, 2-нафтохіноніл-4)-гліцинат] купруму, дигідрат ди-[α -N-(1,2-нафтохіноніл-4)-лейцинат] купруму, дигідрат ди-[α -N-(1,2-нафтохіноніл-4)-метіонат] купруму. Комплекси Купруму (II) з координаційним числом шість (чотири атоми Нітрогену від аміноалкілсиланового ліганда і два атоми Оксигену від двох молекул води) описано в [8]. Таким чином, максимальне координаційне число атому міді при утворенні таких комплексів може бути тільки п'ять. Координаційний поліедр у вигляді тетрагональної піраміди має спотворену основу (рис. 1) – один з атомів азоту утворює кут $30,4^\circ$ стосовно площини, в якій лежать інші три (атом міді практично лежить у цій же площині). Валентні кути N–Cu–N поділяються на дві групи – між атомами

Нітрогену однієї і тієї ж $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_n\text{NH}_2$ -групи та між атомами Нітрогену сусідніх груп. Відстань Купрум-атом Оксигену води становить 2,10.

У роботі [3] описано синтез комплексних сполук Купруму з тіосемикарбазидом та показано можливість їх застосування як адсорбційних інгібіторів, оскільки в молекулах присутні не одна, а дві функціональні групи різної полярності. Якщо ж вони будуть містити хоча б дві такі групи, інгібуєчий ефект різко збільшиться. Прикладами таких сполук із внутрішньомолекулярним синергізмом є речовини, що містять аміно- і тіогрупи. Перша з них має властивості катіона, друга – аніона. Перша втримується на поверхні, здебільшого за рахунок кулонівських сил і сил Ван-дер-Ваальса (фізична адсорбція і специфічна адсорбція I роду), друга – за рахунок хімічних сил (хемосорбція). Оскільки адсорбція може відбуватися за рахунок будь-якої із функціональних груп, на поверхні будуть заряди протилежного знака, що зменшує силу відштовхування і приводить до підвищення адсорбції, тобто збільшення кількості і розмірів кластерів, і, відповідно, до більш повного екранування металу.

Ефективними виявилися композиції [12], що складаються з комплексів Купруму (II) та інших d-металів. Координаційним вузлом у цих сполуках можуть бути діалкілдитіофосфати, тіо- та дитіофосфати, діалкілдитіокарбамати, карбоксилати, β -дикетонати. Узагальнені дослідження протизношувальної ефективності біс(органодитіофосфатів) металів у складі базових олиф і пластичних мастил показали їх високу ефективність. Зроблено висновки щодо характеру впливу природи центрального атома M, стереохімії і електронних властивостей замісників у ацидоліганді L, спряжених із координаційним вузлом комплексу $\text{M}[\text{X}, \text{Y}]_2$ (X, Y = O, S, Se, P), на їх протизношувальну ефективність. Для комплексів ML_2 характерна біоцидна, фунгіцидна та рістрегулююча дія. Виявлено основні емпіричні фактори, які визначають взаємозв'язок будова ML_2 – біологічні властивості.

На основі тримезинової кислоти та тетраметилетилендіаміна синтезовано [13] сполуки складу $\text{Cu}_3\text{L}(\text{tmen})_3(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, де L – тримезинова кислота 1, 3, 5-бензолтрикарбонова, tmen – тетраметилетилендіамін. В ІЧ-спектрі комплексу відмічено інтенсивні смуги з максимумами поглинання в області 1574 cm^{-1} і 1370 cm^{-1} , які відповідають валентним асиметричним і симетричним коливанням карбоксильної групи. Величина $\Delta\nu = \nu_{\text{as}}(\text{COO}^-) - \nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)$ дорівнює 204 cm^{-1} , що свідчить на користь бідентатної координації карбоксил-аніона.

На термограмі цього комплексу спостерігається процес видалення молекул етанолу ($40\text{--}150 \text{ }^\circ\text{C}$) – ендоефект з мінімумом на кривій ДТА при $140 \text{ }^\circ\text{C}$ і процес окислення органічних лігандів, нітрат-аніонів при $220 \text{ }^\circ\text{C}$ (вузький екзоэффект з максимумом на кривій ДТА при $240 \text{ }^\circ\text{C}$). Подальше підвищення температури приводить до згоряння органічного залишку. Процес супроводжується потужним екзоэффектом з максимумом на кривій ДТА при $400 \text{ }^\circ\text{C}$ і закінчується при температурі $430 \text{ }^\circ\text{C}$.

Сукупність одержаних результатів дає змогу приписати цьому комплексу структуру спейсеризованого триядерного комплексу, в якому координаційні поліедри катіонів Купруму (II) зв'язані ароматичним спейсером.

Робота [6] цікава передусім синтезом великої групи нових похідних терпенів, які одержані спосібом хімічної модифікації природних терпенів і запропоновані як ліганди. Синтезовані комплексні сполуки Купруму (II) з новітніми лігандами, що мають дві, три та чотири функціональні групи, здатні до координації. Рентгеноструктурним аналізом визначено структуру цих сполук та досліджено властивість оптично активних комплексів.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Аналіз досліджень в області синтезу та вивчення властивостей комплексних сполук Купруму (II) з бінуклеативними лігандами дав змогу встановити значну кількість і різноманітність проведених робіт. Такий інтерес до подібних об'єктів пояснюється великим спектром можливих фізико-хімічних властивостей цільових продуктів. Вони можуть бути використані як біологічноактивні продукти [2; 7; 12], інгібітори корозійних процесів [3], а також як негорючі добавки [4]. Різноманітність координаційних сполук такого класу зумовлена передусім їх широким лігандним забезпеченням. У цьому зв'язку інтерес до нових лігандів, одержаних у результаті модифікації природних речовин, подібно [6], з подальшим використанням їх під час синтезу координаційних сполук має значний науковий і практичний сенс.

Джерела та література

1. Будова, спектральні та криомагнетохімічні властивості біядерного комплексу міді(II) з 4-метил-3,5-ди-(1-оксиминоетил) піразолом / Л. В. Пенкова та ін. // Доповіді НАН. України. – 2008. – № 9. – С. 124–129.
2. Вивчення впливу хімічної структури похідних хінолін 2(4)-іл-гідрозонів α -кетоглутаревої кислоти на комплексоутворення з катіонами купрум (II) методом ІЧ-спектроскопії / Д. С. Коваленко та ін. // Вісн. Донец. ун-ту. Сер. А : Природничі науки. – 2008. – Вип. 1. – С. 300–306.
3. Використання реакцій комплексоутворення для захисту поверхні металу при проведенні хімічної обробки його поверхні та вилучення його іонів з відпрацьованих розчинів / В. Р. Водянка та ін. // Наук. вісн. ЧНУ. – 2009. – Вип. 437. – С. 25–29.
4. Годованець Н. М. Утворення комплексу $[\text{H}_2\text{NC}_4\text{H}_8\text{NH}_2] \text{CuCl}_3$ в системі $\text{CuCl} - \text{піперизин} - \text{HCl}$ як ефективний чинник інгибування горіння органічних амінів / Н. М. Годованець, Б. М. Михалічко, О. М. Щербина // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – 2007. – № 10. – С. 84–91.
5. Гущина Т. Н. Координационные соединения меди, цинка, кадмия с ацетилкарбамидами / Т. Н. Гущина // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 10. – С. 33–34.
6. Ларионов С. В. Координационные соединения 3d-переходных металлов с хиральными лигандами – производными природных терпенов / С. В. Ларионов, А. В. Ткачев // Рос. хим. журн. – 2004. – Т. XLVIII. – № 4. – С. 140–153.
7. Лук'янов М. Купрокомплекси амінонітрилів: синтез і кристалічна структура сполук Cu(I) з 3-(диаліламіно) пропан нітрилом та 1,4-біс(2-ціаноетил) піперазином складу $[\text{Cu}((\text{C}_3\text{H}_5)_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{CN})\text{BF}_4]$, $[\text{Cu}(\text{NCC}_2\text{H}_4\text{NHC}_4\text{H}_8\text{NHC}_2\text{H}_4\text{CN})_{0,5}\text{Cl}_2]$ / М. Лук'янов, Є. Горешнік, М. Миськів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. хімічна. – 2012. – Вип. 53. – С. 50–59.
8. Лутчин Р. Електронна та просторова будова комплексів міді (II) з деякими аміноалкілсиланами / Р. Лутчин, Ю. Л. Зуб // Наук. зап. – 2000. – Т. 18, спец. вип. – С. 375–378.
9. Певзнер Н. С. Координационные соединения гидразидов 3,4-диметоксида и 3,4,5-триметоксибензойной кислоты с нитратами кобальта (II), никеля (II) и меди (II) / Н. С. Певзнер // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. : Биология, химия. – 2006. – Т. 19 (58). – № 3. – С. 135–139.

10. Прямой синтез, строение и свойства комплексных соединений меди (II), кобальта (II) и никеля (II) с монозамещенными тетразолами / М. М. Дегтярик и др. // Вестн. БГУ. Сер. 2. – 2009. – № 2. – С. 6–11.
11. Синтез нових комплексних сполук на основі амінокислотних похідних 1,2 нафтохінолу / М. В. Русин та ін. // Вісн. НУ «Львівська політехніка». Сер. : Хімія та хімічна технологія. – 2008. – № 609. – С. 131–134.
12. Сухеев В. В. Протизношувальні та біологічні властивості органодиніофосфатів / В. В. Сухеев, О. В. Москаленко, Г. О. Ковтун // Катализ і нефтехимия. – 2000. – № 5–6. – С. 81–87.
13. Шульгин В. Ф. Синтез спейсерированных трехъядерных комплексов на основе тримезината меди (II) / В. Ф. Шульгин, С. А. Сотник, О. В. Конник // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. : Биология, химия. – 2010. – Т. 23 (62). – № 3. – С. 293–269.

Тимошук Ольга. Строение и свойства соединений Купрума (II) с бинуклеативными лигандами. Работа посвящена обзору экспериментальных работ по вопросу синтеза, определения структуры и изучения физико-химических свойств координационных соединений Купрума (II) с лигандами, которые обладают несколькими донорными центрами. Проведенный анализ позволит установить приоритетные направления в дальнейших экспериментальных исследованиях этих интересных и перспективных соединений.

Ключевые слова: синтез, комплексы, лиганды, Купрум, структура, строение, ИК-спектры, термический анализ.

Timoschuk Olga. Structure and Properties of Compounds of Copper (II) With Ligands that have Multiple Donor Centers. The work is an overview of experimental work on the synthesis, structure determination and study of physical and chemical properties of coordination compounds of copper (II) with ligands that have multiple donor centers. The priority directions for further experimental studies of these interesting and promising compounds.

Key words: Synthesis, Complexes, Ligands, Copper, Structure, IR-spectra, Thermal Analysis.

Національний медичний університет
імені О. О. Богомольця

Стаття надійшла до редколегії
10.12.2013 р.