QO‘QON DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI ILMIY XABARLARI
(2026-yil 10-son)

TABIIY FANLAR

NATURAL SCIENCES

https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i10.004

UDK 546.7/.9:547.78:543.42

2-(3-GIDROKSIPROPIL)BENZIMIDAZOLNING Co(II), Ni(II) VA Cu(II) BILAN KOORDINATSION BIRIKMALARI: SPEKTROSKOPIK XUSUSIYATLAR VA FAZOVIY MODELLAR

Ergasheva R.U.,
Qarshi davlat universiteti 1-kurs doktaranti
E-mail:robiya.ergasheva2020@gmail.com
orcid.org/0009-0007-0118-9502

Annotatsiya. Ushbu maqolada 2-(3-gidroksipropil)benzimidazol (L) ligandining Co(II), Ni(II) va Cu(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmalari o‘rganilgan. Birikmalar metall tuzlari va ligandni 1:2 molyar nisbatda aralashtirish orqali sintez qilingan. Olingan mahsulotlar element tahlili, IQ-spektroskopiya va ayrim namunalar uchun EDX usuli yordamida tahlil qilingan. IQ spektrlari ligand tarkibidagi azot atomining metall ionlari bilan bog‘lanishda ishtirok etishi mumkinligini ko‘rsatadi. Co(II) va Ni(II) komplekslari uchun oktaedrik, Cu(II) kompleksi uchun esa kvadrat-piramidal tuzilishi ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: benzimidazol, kobalt(II), nikel(II), mis(II), kompleks birikmalar, IQ-spektroskopiya.

Аннотация. В данной статье исследованы комплексные соединения, образованные лигандом 2-(3-гидроксипропил)бензимидазолом (L) с ионами Co(II), Ni(II) и Cu(II). Соединения были синтезированы путем смешивания солей металлов и лиганда в молярном соотношении 1:2. Полученные продукты были проанализированы с помощью элементного анализа, ИК-спектроскопии и, для некоторых образцов, энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (ЭДРС). ИК-спектры указывают на то, что атом азота в лиганде может участвовать в связывании ионов металлов. Для комплексов Co(II) и Ni(II) была рассмотрена октаэдрическая структура, а для комплекса Cu(II) — квадратная пирамидальная структура.

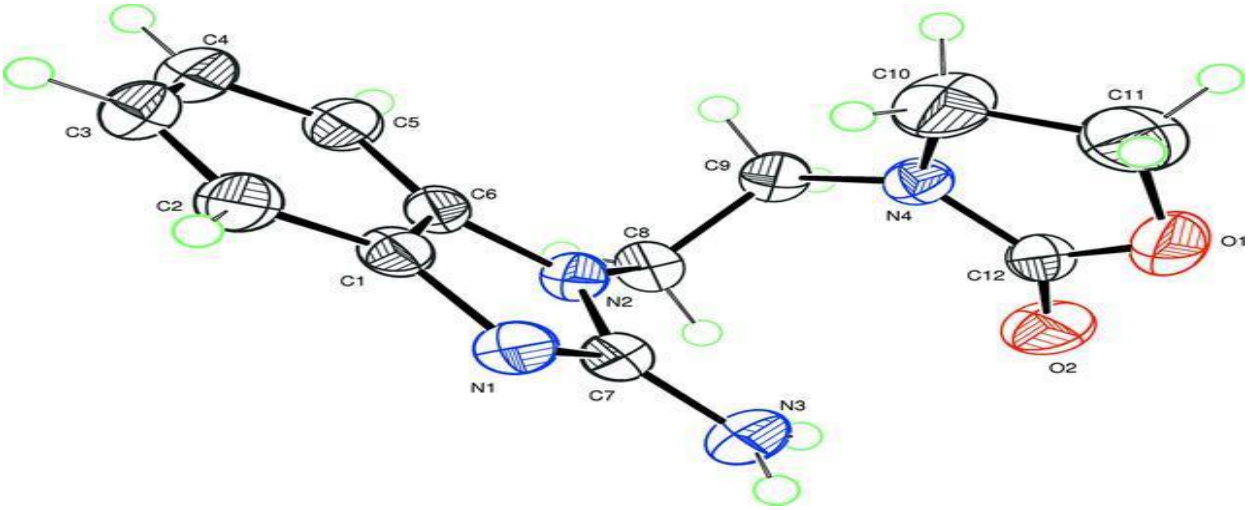
Ключевые слова: бензимидазол, кобальт(II), никель(II), медь(II), комплексные соединения, ИК-спектроскопия.

Abstract. This article investigates complex compounds formed by the ligand 2-(3-hydroxypropyl)benzimidazole (L) with Co(II), Ni(II), and Cu(II) ions. The compounds were synthesized by mixing metal salts and the ligand in a 1:2 molar ratio. The resulting products were analyzed using elemental analysis, IR spectroscopy, and, for certain samples, energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). The IR spectra indicate that a nitrogen atom within the

ligand may participate in the coordination of metal ions. An octahedral structure is proposed for the Co(II) and Ni(II) complexes, while a square-pyramidal structure is suggested for the Cu(II) complex.

Keywords: benzimidazole, cobalt(II), nickel(II), copper(II), complex compounds, IR spectroscopy

Kirish. Benzimidazol va uning funksional hosilalari asosida metall komplekslarini sintez qilish koordinatsion kimyoning muhim tadqiqot yo‘nalishlaridan biridir. Benzimidazol halqasidagi azot atomining elektron donorlik xususiyati, molekuladagi funksional guruhlarning tabiati va metall ionlarining elektron konfiguratsiyasi turli koordinatsion tuzilishlarining shakllanishiga ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, 2-holatida gidroksipropil guruhi mavjud bo‘lgan benzimidazol hosilalari azot donor markazi va gidroksil guruhining mavjudligi bilan ajralib turadi. Bunday ligandlarning Co(II), Ni(II) va Cu(II) ionlari bilan o‘zaro ta’sirini o‘rganish komplekslarning tarkibi, barqarorligi va koordinatsion geometriyasini tavsiflashda ilmiy ahamiyatga ega. 2(3-gidroksipropil)benzimidazolning molekulyar va kristall tuzilishiga bag‘ishlangan tadqiqotda ligandning erkin holati hamda uning nitrat tuzi rentgen kristallografiyasi yordamida o‘rganilgan. Tadqiqotchilar benzimidazol halqasidagi azot atomining elektron donorlik xususiyatini, protonlanish natijasida elektron zichligining qayta taqsimlanishini va kristall tuzilishdagi molekulalararo ta’sirlarni tavsiflaganlar. Hirshfeld sirti va ikki o‘lchamli fingerprint diagrammalari yordamida kristallardagi molekulalararo kontaktlar ham o‘rganilgan [1]. Mazkur tadqiqot ligandning koordinatsion imkoniyatlarini tushuntirish uchun muhim strukturaviy asos yaratadi.



1-rasm. 2-(3-gidroksipropil)benzimidazol molekulasining molekulyar tuzilishi [1].

Benzimidazolning 2-almashingan hosilalari bilan Co(II) va Ni(II) ionlarining kompleks hosil qilish xususiyatlari Rao va Gowda tomonidan ham o‘rganilgan. Mualliflar 2-alkilbenzimidazollarni metall tiotsianatlari bilan reaksiyaga kiritib, $M(NCS)_2(R–BzlH)_2$ umumiy tarkibli birikmalarni sintez qilganlar. Element tahlili, elektr o‘tkazuvchanlik, magnit moment, IQ va elektron spektrlar asosida ayrim Co(II) komplekslari uchun deformatsiyalangan tetraedrik, Ni(II) komplekslari uchun esa kvadrat-planar geometriya

taklif etilgan [2]. Ushbu natijalar benzimidazol hosilalarining koordinatsion geometriyasi metall ionining tabiatiga va qo‘shimcha ligandlarga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi.

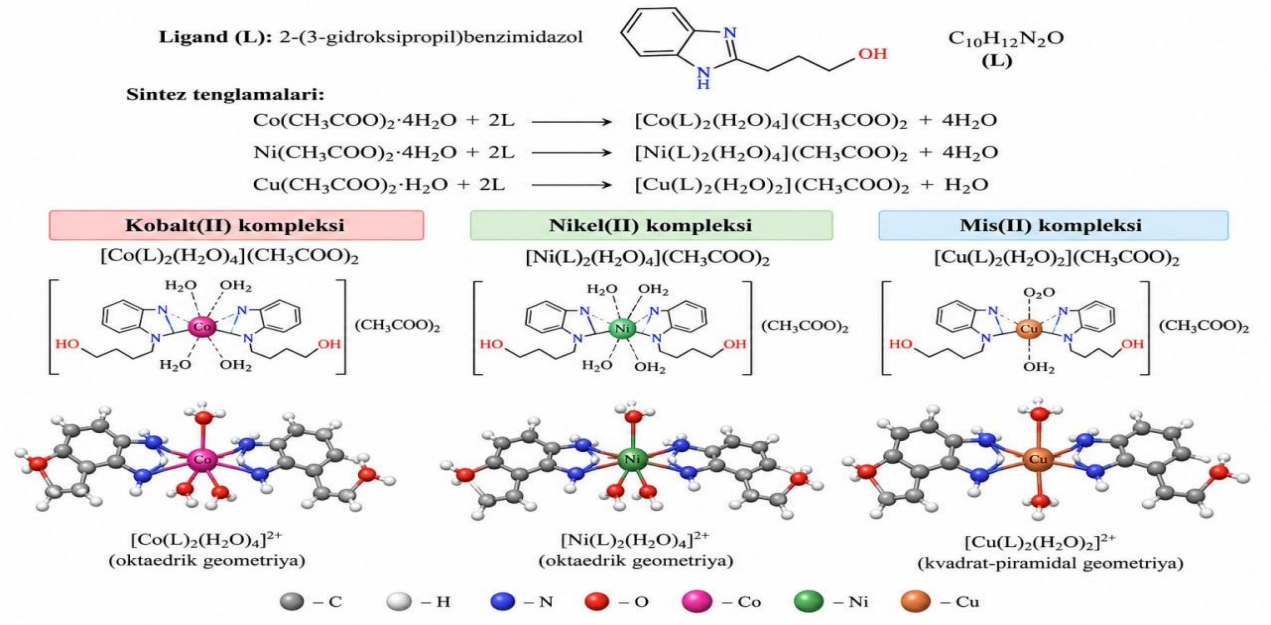
Raxmonova D.S. tomonidan polifunksional 2-almashingan benzimidazollarning o‘tish metallari bilan kompleks birikmalariga bag‘ishlangan dissertatsiya tadqiqoti amalga oshirilgan. Ushbu ilmiy ish 2011-yilda O‘zbekiston Milliy universitetida tayyorlangan bo‘lib, keyingi benzimidazol komplekslariga oid maqolalarda ilmiy manba sifatida keltirilgan [3].

Ergasheva R.U. tomonidan 2-(3-gidroksipropil)benzimidazolning Co(II), Ni(II) va Cu(II) ionlari bilan koordinatsion birikmalarini olish usullari o‘rganilgan. Tadqiqotda ushbu metallarning atsetat, xlorid va nitrat tuzlaridan foydalanilgan. Olingan birikmalar IQ spektroskopiya va energiya-dispers rentgen tahlili yordamida tavsiflangan. Mualliflar kompleks hosil bo‘lishida ligandning benzimidazol halqasidagi azot atomi koordinatsion markaz sifatida ishtirok etishini taklif qilganlar [4]. Ushbu ligandning metall ionlari bilan kompleks hosil qilish jarayoni metall–ligand nisbatini ifodalovchi soddalashtirilgan sxema orqali ko‘rsatilishi mumkin:

$$M^{2+} + 2L \rightleftharpoons [ML_2]^{2+}$$

Bu yerda M^{2+} — Co^{2+}, Ni^{2+} yoki Cu^{2+}, L esa 2-(3-gidroksipropil)benzimidazolni bildiradi. Mazkur tenglama kompleks tarkibidagi suv molekulalari va qarshi ionlarning holatini to‘liq aks ettirmaydi.

Ergasheva R.U. tomonidan olib borilgan keyingi tadqiqotda Co(II), Ni(II) va Cu(II) komplekslarining sintez sharoitlari, element tarkibi hamda koordinatsion tuzilishlari ko‘rib chiqilgan. Metall va ligandning 1:2 molyar nisbatida olingan mahsulotlar uchun $Co(L)_2{\cdot}4H_2O$, $Ni(L)_2{\cdot}4H_2O$ va $Cu(L)_2{\cdot}3H_2O$ tarkiblari keltirilgan. Mualliflar IQ spektrlaridagi o‘zgarishlar asosida ligandning azot atomi orqali koordinatsiyalanishini muhokama qilgan. Shuningdek, Co(II) va Ni(II) uchun oktaedrik, Cu(II) uchun kvadrat-piramidal fazoviy modellarni taklif etgan [5].



2-rasm. Co(II), Ni(II), Cu(II) komplekslarining taklif etilgan modellari [5].

Ni(II) komplekslarining termik barqarorligini o‘rganishga bag‘ishlangan tadqiqot Ergasheva R.U. tomonidan amalga oshirilgan. Tadqiqotchilar nikel(II) atsetati va 2-(3-

gidroksipropil)benzimidazolni 1:2 molyar nisbatda reaksiyaga kiritib, och yashil rangli kompleks birikma olganlar. Hosil bo‘lgan mahsulotning termik xususiyatlari termogravimetrik va differensial termik usullar yordamida o‘rganilgan. Termik parchalanish jarayonida ikki asosiy massa yo‘qotish oralig‘i qayd etilib, umumiy massa yo‘qotilishi 57,257% ni tashkil qilgan [6]. Ushbu natijalar kompleksning harorat ta’siridagi o‘zgarishlarini tavsiflash uchun muhimdir. Ko‘rib chiqilgan ilmiy tadqiqotlar benzimidazol hosilalarining koordinatsion xususiyatlari metall ionining tabiati, ligandning funksional guruhlari va sintez sharoitlariga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi. Co(II), Ni(II) va Cu(II) ionlarining bir xil ligand bilan hosil qiladigan komplekslarida tarkib va fazoviy tuzilishdagi farqlarni o‘rganish alohida ilmiy ahamiyatga ega. Shu bilan birga, IQ spektroskopiya va element tahlili asosida taklif etilgan koordinatsion modellarni keyinchalik rentgenostrukturaviy va boshqa mustaqil usullar bilan tekshirish zarur.

Shunday qilib, 2-(3-gidroksipropil)benzimidazolning Co(II), Ni(II) va Cu(II) bilan kompleks hosil qilish xususiyatlarini o‘rganish, olingan birikmalarning tarkibi va fizik-kimyoviy xossalarini tavsiflash hamda metall–ligand o‘zaro ta’sirining xususiyatlarini aniqlashtirish dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi. Mazkur ishning maqsadi — komplekslarni sintez qilish usulini bayon etish hamda ularning spektroskopik xususiyatlari va fazoviy modellarini adabiyot ma’lumotlari asosida qiyosiy tahlil qilishdan iborat.

Komplekslar metall atsetatlari bilan 2-(3-gidroksipropil)benzimidazol (L, $C_{10}H_{12}N_2O$, M = 176,22 g/mol) ligandini 1:2 molyar nisbatda o‘zaro ta’sirlashtirish orqali olinadi [4–6]. Metall manbai sifatida $Co(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$, $Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ va $Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ qo‘llangan. Boshlang‘ich moddalarning molyar massalari hamda 1 mmol metall tuziga hisoblangan stexiometrik miqdorlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Sintez uchun reagentlar va ularning stexiometrik miqdorlari

Reagent	Formulasi	M, g/mol	Miqdori, mmol	Massasi, mg
Ligand (L)	C10H12N2O	176,22	2,0	352,4
Kobalt(II) atsetat	Co(CH3COO)2·4H2O	249,08	1,0	249,1
Nikel(II) atsetat	Ni(CH3COO)2·4H2O	248,84	1,0	248,8
Mis(II) atsetat	Cu(CH3COO)2·H2O	199,65	1,0	199,7

Sintez suv muhitida, qaynash haroratida (taxminan 100 °C) qaytar sovutgich ostida magnit aralashtirgich yordamida 2 soat davomida olib borilgan; reaksiya aralashmasi xona haroratigacha sovutilib, hosil bo‘lgan mahsulot filtrlash yo‘li bilan ajratilgan, sovuq etanol bilan yuvilgan va xona haroratida havoda quritilgan. Ni(II) kompleksi och yashil rangli moddadir [6]. Reaksiyalarni quyidagi sxemalar bilan ifodalash mumkin (2-rasm):

$$Co(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O + 2L \rightarrow [Co(L)_2(H_2O)_4](CH_3COO)_2 + 4H_2O \quad (1)$$

$$Ni(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O + 2L \rightarrow [Ni(L)_2(H_2O)_4](CH_3COO)_2 + 4H_2O \quad (2)$$

$$Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O + 2L \rightarrow [Cu(L)_2(H_2O)_2](CH_3COO)_2 + H_2O \quad (3)$$

Ushbu sxemalarda ligand benzimidazol halqasidagi piridin tipidagi azot atomi orqali ichki sferaga kiradi, atsetat anionlari esa tashqi sferada joylashadi. Mahsulotlarning tarkibi

element tahlili (C, H, N) bilan, ayrim namunalarda energiya-dispers rentgen tahlili (EDX) yordamida aniqlangan; funksional guruhlarning koordinatsiyadagi ishtiroki IQ-spektroskopiya, Ni(II) kompleksining termik barqarorligi esa termogravimetrik (TG) va differensial termik (DTA) tahlil orqali baholangan [4–6].

IQ spektrlarini talqin qilishda erkin ligand va komplekslar spektrlari qiyoslanadi. Benzimidazol hosilalarida ν(C=N) tebranishi odatda 1600–1650 cm^{-1} sohada kuzatiladi; azot atomi metall ioniga koordinatsiyalanganda bu chiziqning siljishi va past chastotali sohada ν(M–N) tebranishlarining paydo bo‘lishi donor markaz sifatida N atomining ishtirokini ko‘rsatadi [7]. Atsetat guruhining $\nu_{as}(COO^-)$ va $\nu_s(COO^-)$ chiziqlari orasidagi farq (Δν) esa anionning tashqi sferada yoki koordinatsiyalangan holda ekanligini baholashga imkon beradi [7].

Taklif etilgan fazoviy modellar metall ionlarining elektron konfiguratsiyasi bilan mos keladi. Yuqori spinli Co(II) (d^7) va Ni(II) (d^8) ionlari uchun oktaedrik muhit qulay bo‘lib, Ni(II) oktaedrik maydonda kristall maydon barqarorlashuv energiyasining yuqori qiymatiga ega [8, 9]. Cu(II) (d^9) ioni esa Yan–Teller effekti tufayli koordinatsion ko‘pyoqlikning deformatsiyalanishiga moyil bo‘lib, kvadrat-piramidal yoki cho‘zilgan oktaedrik tuzilishlar uchun xarakterlidir [9]. Shu bilan birga, [2] da ko‘rsatilganidek, tiotsianat ligandli Co(II) va Ni(II) komplekslari boshqa geometriyalarni (tetraedrik, kvadrat-planar) namoyon qiladi; demak, koordinatsion muhitni faqat metall tabiati emas, balki qo‘shimcha ligandlar (suv, atsetat, tiotsianat) ham belgilaydi.

Shuni ta’kidlash lozimki, IQ-spektroskopiya va element tahliliga asoslangan modellar taxminiy xarakterga ega. Ularni aniqlashtirish uchun elektron (d–d) spektrlar [8], magnit moment o‘lchovlari hamda monokristall rentgenostrukturaviy tahlil (tuzilmani SHELXL dasturida aniqlashtirish bilan [10]) zarur.

2-(3-gidroksipropil)benzimidazolning Co(II), Ni(II) va Cu(II) atsetatlari bilan 1:2 molyar nisbatdagi o‘zaro ta’siri natijasida koordinatsion birikmalar hosil bo‘ladi. Adabiyot ma’lumotlariga ko‘ra, ligand benzimidazol halqasidagi azot atomi orqali koordinatsiyalanadi; Co(II) va Ni(II) komplekslari uchun oktaedrik, Cu(II) kompleksi uchun kvadrat-piramidal model taklif etilgan. Modellarni mustaqil strukturaviy usullar bilan tasdiqlash keyingi tadqiqotlarning vazifasi hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Rakhmonova D., Kadirova Z., Torambetov B., Kadirova Sh., Ashurov J., Shishkina S. The molecular and crystal structures of 2-(3-hydroxypropyl)benzimidazole and its nitrate salt // Acta Crystallographica Section E. — 2022. — Vol. 78. — P. 211–215. DOI: 10.1107/S2056989022000585.

2. Rao S.B.B., Gowda N.M.N. Synthesis and characterization of Co(II) and Ni(II) complexes of 2-substituted benzimidazoles. — 1992. — P. 463–465. https://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/46114

3. Рахмонова Д.С. Комплексные соединения переходных металлов с полифункциональными 2-замещенными бензимидазолами: автореферат диссертации

кандидата химических наук. — Ташкент: НУУз, 2011. — 69 с. (Bibliografik ma’lumotni asl nusxa bilan tekshirish kerak.)

4. Эргашева Р.У., Джуракулова Н.Х. Синтез и исследование металлокомплексных соединений на основе 2-(3-гидроксипропил)бензимидазола с солями Co(II), Ni(II), Cu(II) // Universum: химия и биология. — 2022. — № 6(96). https://7universum.com/en/nature/archive/item/13861

5. Якубов Э.Ш., Эргашева Р.У. Синтез и исследование комплексных соединений Co(II), Ni(II), Cu(II) с 2-(3-гидроксипропил)бензимидазолом // Universum: технические науки. — 2023. — № 3(108). https://7universum.com/en/tech/archive/item/15152

6. Эргашева Р.У., Джуракулова Н.Х., Эргашева К.И. Изучение комплекса солей Ni(II) с 2-(3-гидроксипропил)бензимидазолом методом термического анализа // Universum: технические науки. — 2023. — № 12(117). https://7universum.com/en/tech/archive/item/16424

7. Nakamoto K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. Part B. 6th ed. Wiley; 2009.

8. Lever A.B.P. Inorganic Electronic Spectroscopy. 2nd ed. Elsevier; 1984.

9. Housecroft C.E., Sharpe A.G. Inorganic Chemistry. 5th ed. Pearson; 2018.

10. Sheldrick G.M. Crystal structure refinement with SHELXL. Acta Crystallographica C. 2015;71:3–8. DOI: 10.1107/S2053229614024218.