UDK 546.47/49+547.794.3

KADMIY(II) BILAN 2-AMINO-5-METILTIADIAZOL-1,3,4 NING YANGI KOMPLEKS BIRIKMASINI SINTEZI VA TUZILISHINING TADQIQOTI

Ibragimova Maftuna Lutfulla qizi
Navoiy davlat universiteti tayanch doktoranti
Husenov Qaxramon Shayimovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti "Kimyoviy texnologiya" kafedrasi dotsenti, k.f.n.
Navro`zova Mashhura Baxtiyor qizi
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti stajyor-tadqiqotchisi,
Islomova Dilnoza G'aybullayevna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti magistranti
Xalibekova Almagul Kenjabayevna
Navoiy davlat universiteti tayanch doktoranti,
PhD Nuraliyev Samadjon Rahmonqulovich
Navoiy davlat universiteti "Kimyo" kafedrasi mudiri

Annotatsiya. Cd(II) yodidni 2-amino-5-metiltiadazol-1,3,4 ligandi asosida yangi kompleks birikmasi sintez qilingan. Sintez qilingan birikmaning tarkibi va tuzilishi element analizi, IQ- va ^{1}H YaMR spektroskopiya usullarida o'rganilgan. Element analizi natijalari bo'yicha ko'rsatildiki, sintez vaqtida metall:ligand mol nisbati 1:2 kompleks hosil bo'ladi. Olingan birikmaning IQ-spektroskopik analizi natijalari shuni ko'rsatdiki, koordinatsion poliedri monodentat bog'langan geterosiklik ligandlardan iborat. Ligand va kompleks eritmalarini ^{1}H YaMR spektrida koordinatsiyalangan ligand geterosiklda azot atomi bilan ekzo amin guruhi "amin-imin"li tautomeriyaga uchraydi.

Kalit so'zlari: koordinatsion birikma, 2-amino-5-metiltiadazol-1,3,4; element analizi, IQ- va ^{1}H YaMR spektroskopik tadqiqotlar, amin-imin tautomeriya.

Аннотация. Синтезировано новое комплексное соединение на основе иодида кадмия(II) и лиганда 2-амино-5-метил-1,3,4-тиадиазола. Состав и строение синтезированного соединения изучены методами элементного анализа, ИК- и ЯМР ^{1}Н-спектроскопии. Согласно результатам элементного анализа, в процессе синтеза образуется комплекс с молярным соотношением металл:лиганд = 1:2. Анализ ИК-спектров показал, что координационный полиэдр состоит из монодентатно связанных гетероциклических лигандов. По данным ЯМР ^{1}Н-спектров растворов лиганда и комплекса установлено, что координированный лиганд подвергается «амино–имино»й таутомерии, связанной с переносом протона между экзо-аминогруппой и эндоциклическим атомом азота в гетероцикле.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: координационное соединение, 2-амино-5-метил-1,3,4-тиадиазол; элементный анализ, ИК- и ЯМР ^1H - спектроскопические исследования, амино–имино таутомерия.

Abstract. A new complex compound of Cd(II) iodide based on the 2-amino-5-methylthiadiazole-1,3,4 ligand has been synthesized. The composition and structure of the synthesized compound were studied using elemental analysis, IR and ^1H NMR spectroscopy methods. The results of elemental analysis showed that during synthesis, a complex with a metal:ligand molar ratio of 1:2 is formed. The IR spectroscopic analysis results of the obtained compound indicated that the coordination polyhedron consists of monodentately bonded heterocyclic ligands. In the ^1H NMR spectrum of ligand and complex solutions, the coordinated ligand in the heterocycle undergoes "amine-imine" tautomerism with the nitrogen atom of the exo-amino group.

Keywords: coordination compound, 2-amino-5-methyl-1,3,4-thiadiazole; elemental analysis, IR and ^1H NMR spectroscopy, amino–imino tautomerism.

Kirish

Koordinatsion kimyoda eng muhim muammolardan biri berilgan xossali va tuzilishli moddalarning yo‘naltirilgan sintezi hisoblanadi. Bu muammoni yechimi kompleks birikmalarni tarkibi, strukturasi va xossalarini o‘zaro bog‘liqligini sistematik tadqiqotini o‘tkazmasdan yechimi mumkin emas [1-5].

Geterosiklik tiadazolli birikmalar kimyosiga qiziqish, birinchi navbatda shunday tushuntiriladiki, ular turli xil tautomer o‘zgarishlarda atom va guruhlarning o‘zaro ta’sirini o‘rganish uchun qulay ob’ekt hisoblanadi [6-11]. Polidentatli organik birikmalar o‘rtasida kompleks birikmalar ximiyasi uchun 2-amino-5-R–tiadazol (bunda R = -H, -CH_3, -C_2H_5) o‘ziga xos qiziqish o‘yg‘otadi. Bu uning tarkibida bir nechta potensial donor atomlar borligi va tibbiyotda, qishloq xo‘jaligida, sanoatda keng miqiyosda qo‘llanilishiga bog‘liq [12-19].

Ana C.M.O. Lima va hammualliflar tomonidan har bir aminotiadiazolning amino-imin tautomer muvozanati baholanib, tegishli tautomerlarning 0 K dagi energiyalari asosida tautomerlanish energiyasi hisoblangan. 2-Aminotiadiazol-1,3,4 (Atdz), 2-amino-5-metiltiadiazol-1,3,4 (Matdz) va 2-amino-5-etiltiadiazol-1,3,4 (Eatdz) uchun amino-imin aylanishiga taalluqli tautomerlanish energiyasi mos ravishda 33,2 kJ/mol, 21,9 kJ/mol va 22,2 kJ/mol ga tengligi aniqlangan [20].

Tiadiazolning uchta hosilasi uchun eksperimental va nazariy hisoblash usullarini birlashtirgan holda Atdz, Matdz va Eatdz larning termokimyoviy tadqiqotlari o‘tkazilgan (1-sxema).

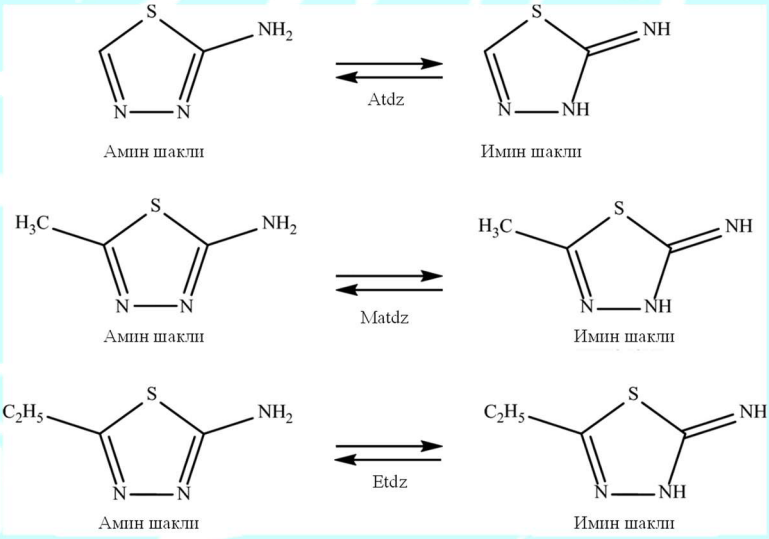
Kislorod va oltingugurt atomlarini o‘z ichiga olgan multielektronodonorli geterotsiklik ligandlar turli oraliq metall ionlariga nisbatan universal koordinatsion

ISSN 3030-3907

qobiliyatga ega. Shuning uchun ular, ayniqsa, biologik faol koordinatsion birikmalarni sintez qilish va qo‘llash sohasida katta qiziqish uyg‘otgan [21-25].

Bunday ligandlar orasida elektronlarga boy polifunksional tiazol, izotiazol va tiadiazol hosilalari turli tipdagi metallokomplekslarini, jumladan, qimmatli metallorganik karkaslar va funksional materiallarni olish uchun alohida ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlardan [15-16] ma’lumki, tiadazol hosilalari antibakterial, antimikroblik va boshqa xususiyatlarni namoyon qiladi. 3d –metallarini biologik aktiv geterosiklik ligandlar bilan komplekslariga qiziqish, ayniqsa tiadazollar bilan, birinchi o‘rinda tibbiyot va qishloq xo‘jaligida biologik dorivorlar sifatida ularni ishlatilish istiqbollari tufaylidir.



1-sxema. 2-amino-5-R-1,3,4-tiadiazollarning (R=–H, –CH_3, –C_2H_5) amino- va imin-tautomer shakllari

Bu ishning maqsadi kadmiy(II) yodidning 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol asosidagi kompleks birikmasining sintez usulini ishlab chiqish, ularni tarkibi va tuzilishini element analizi, IQ- va ^{1}H YaMR spektroskopiyasi usullarida tadqiqot qilish.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ligandni etil spirtidagi eritmasini Kadmiy(II) yodid bilan mol nisbatlarida M:L 1:2 ta’sirlashtirib, sintez qilindi. Sintez jarayoni 70-75^{o}C temperaturada qo‘shimcha tozalashlarsiz tijoratda mavjud kimyoviy reaktivlardan foydalanib olib borildi: kadmiy(II) yodid va 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol (≥98.0%) (Alibaba.com), shuningdek erituvchi EtOH (k.t., distillangan).

[CdL_6][Cd_2I_6] (I) kompleksining sintezi. 0,691 g (0,006 mol) 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol (L) ligandi 50 ml etanolda eritilib, issiq eritmaga 1,099 g (0,003 mol) CdI_2 ning 35 ml etanoldagi issiq eritmasi asta-sekin aralashtirib qo‘shildi. So‘ngra aralashma teskari sovitgich ostida 1 soat davomida suvli hammomda qizdirildi va och sariq rangli polikristallar hosil bo‘lishi kuzatildi. 2

ISSN 3030-3907

sutkadan so‘ng cho‘kma holida hosil bo‘lgan polikristallar filtrlanib, havoda quritildi.

Element analizi natijalari va ligand hamda uning asosida olingan kompleks birikmasining xarakteristikalari quyidagicha:

L: och-sariq kristallar, $t_{suyuq.}$= 225°C.

Topildi, %:	C 32,00;	H 4,49;	N 37,02.	
$C_3H_5N_3S$ uchun				
Hisoblandi, %:	C 31,28;	H 4,38;	N 36,49.	

IQ spektr (ν, sm^{-1}): 1640 ν(SN=N), 1072 ν(=N–N=), 3216, 3065, 2966 ν_{as}(N–H) i ν_s(N–H), 977 δ(N–H), 686 ν(C–S).

I: och-sariq kristallar, $t_{suyuq.}$= 190°C, reaksiya unumi 1,63 g (91,0%; $[CdL_6][Cd_2I_6]$ bo`yicha hisoblaganda).

Topildi, %:	C 12,44;	H 1,77;	N 14,51;	S 10,52;	Cd 18,61.
$C_{18}H_{30}N_{18}S_6I_6Cd$ uchun					
Hisoblandi, %:	C 12,07;	H 1,69;	N 14,08;	S 10,76;	Cd 18,83.

IQ spektr (ν, sm^{-1}): 1593 ν(CN=N), 1063 ν(=N–N=), 3377, 3278, 3166 ν_{as}(N–H) i ν_s(N–H), 975 δ(N–H), 704 ν(C–S), 525 ν(Cd–N).

Element analizi natijalari asosida xulosa qilish mumkinki, sintez qilingan kompleks birikmasi tarkibi M:L 1:2 ga mos keladi.

Komplekslar sintezi bilan bog‘liq barcha eksperimentlarni, Sintez qilingan kompleks birikmalarni metall tarkibiga analizi “3030V” Perkin-Elmer (USA) firmasi uskunasida, uglerod, vodorod va azot tarkibiga element analizi-“EA 1108” Carlo-Erba (Italiya) firmasi uskunasida olib borildi.

IQ spektrlari 400-4000 sm^{-1} sohalarda Spectrum 3 FT-IR Spectrometer by PerkinElmer Inc spektrometrida yozib olindi. Suyuqlanish temperaturasini vakuumlangan kavsharlangan naaychalarda aniqlandi.

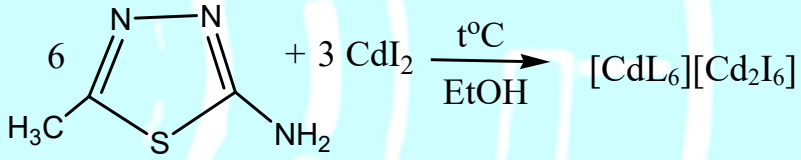
^{1}H YaMR spektrlari JNM-ECZ400R va JNM-ECZ600R (Jeol, Yaponiya) spektrometrlarida 400 MGs. da ro‘yxatga olindi. ^{1}H YaMR spektrlarida ichki standart sifatida TMS (0 m.u.)dan foydalanildi. YaMR spektrlarini MestReNova 14.2.0 (Mestrelab Research S.L., Santiago de Compostela, Spain)dasturli ta’minotidan foydalanib qayta ishlangan. ^{1}H YaMR spektroskopik tadqiqotlari natijalari 2-rasmda keltirilgan.

MUHOKAMA VA NATIJALAR

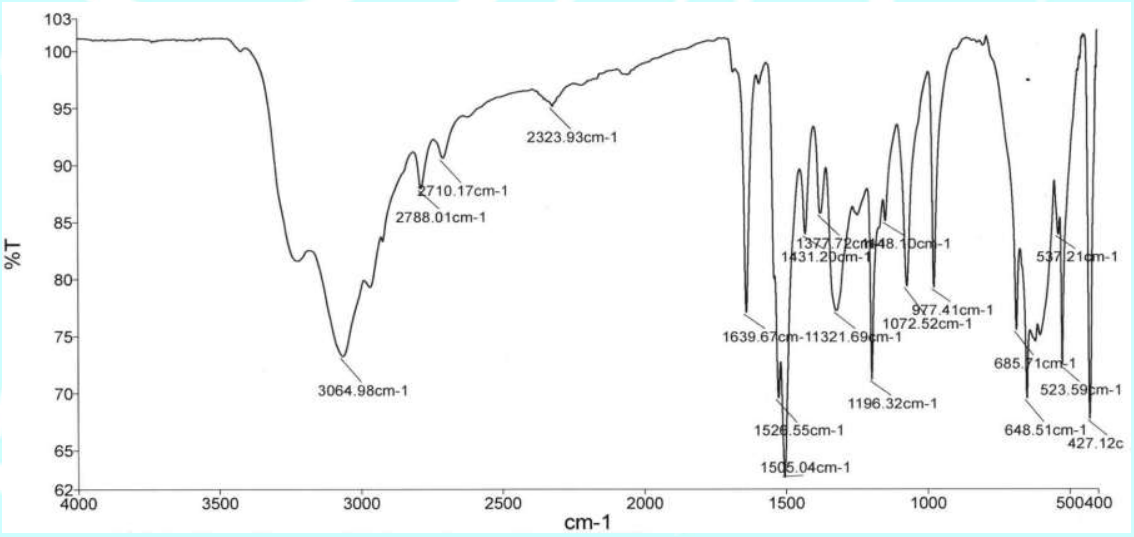
CdI_2 bilan 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol (L) o‘zaro 1:2 nisbatda etil spirtidagi eritmalarini aralashtirish natijasida sintezi amalga oshirilib, $[CdL^2_6]\cdot[Cd_2I_6]$ tarkibli kation-anionli kompleks birikmasining monokristallari ajratib olindi (2-sxema). Ligand sifatida olingan L va yangidan sintez qilingan kompleks birikmaning tarkibi va tuzilishi element analiz, IQ–, ^{1}H YaMR–spektroskopik usullari bilan tadqiq qilindi.

ISSN 3030-3907

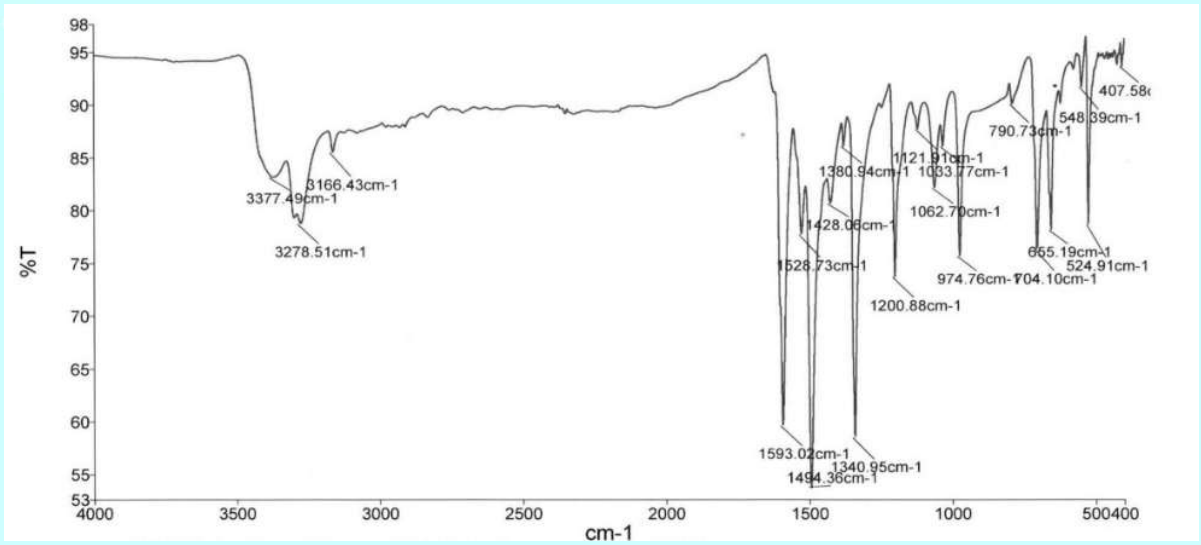
Sintez qilingan Cd^{2+} ionining kompleks tarkibi jihatidan Zn^{2+} ioni komplekslaridan [1] farq qiladi va undagi tiadiazol ligandining koordinatsion bog‘larini aniqlash uchun IQ–spektrlari o‘rganildi. L ligandi erkin holdagi va $[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleksi spektrlarini bir-biri bilan solishtirganda, erkin ligand >C=N– (1640 sm^{-1}) va =N–N= (1072 sm^{-1}) bog‘larining valent tebranishlari kompleksga o‘tganda quyi chastotali sohaga >C=N– (1593 sm^{-1}) va =N–N= (1063 sm^{-1}) siljigani namoyon bo‘ldi (1-rasm).



2-sxema. $[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleksining hosil bo‘lish reaksiya sxemasi



a)



1-rasm. L ligandi (*a*) va $[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleks birikmasining (*b*) IQ spektri

Bunday o‘zgarishning sababi erkin ligandning azometin guruhidagi azot atomlaridan biri orqali markaziy ionga koordinatsion bog‘ hosil qilgani va natijada

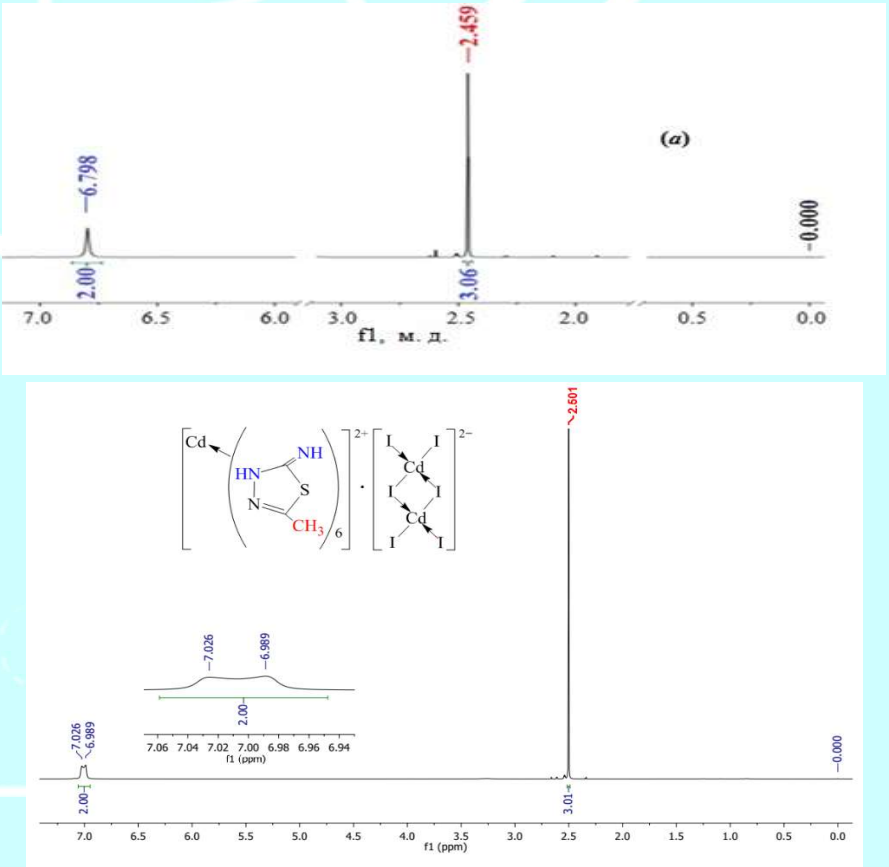
ISSN 3030-3907

azot atomi elektron jufti metall ioni d-orbitaliga siljishi tufayli azometin guruhidagi bog‘larning elektron zichligi kamayganligi bilan izohlanadi.

Ligand L va uning Cd^{2+} ioni bilan sintez qilingan yangi kompleks $[CdL^2{}_6]\cdot[Cd_2I_6]$ birikmacining DMSO-d_6+CCl_4 eritmasida ^{1}H YaMR spektrlari (400 MGs) qayd qilinib, ularni tahlil qilish natijasida, xuddi $[ZnL^2{}_2Br_2]$ kompleks birikmasidagi kabi [19], qiziqarli ma’lumotlar olindi. Spektrlar va ularda qayd etilgan kimyoviy siljish qiymatlari (δ, m.d.) 2-rasmda keltirilgan.

L ligandining ^{1}H YaMR spektrida δ=2,459 m.h. hududidagi singlet signal geterohalqadan tashqaridagi CH_3 ning uchta protoniga tegishli bo‘lib, δ=6,798 m.h. hududidagi singlet signal esa NH_2 guruhining ikkita protoniga mansubdir (2-rasm).

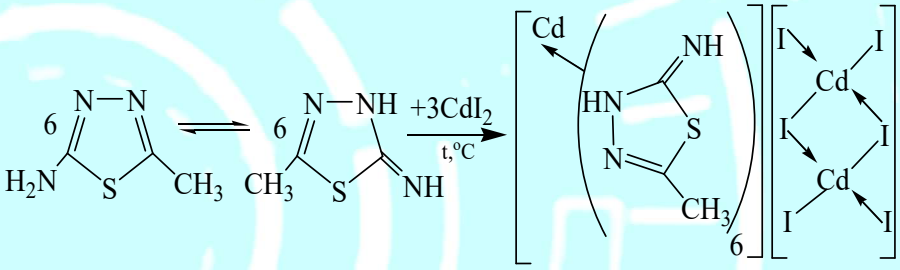
L va uning kadmiy Cd^{2+} ioni oktaedrik-kationi va tetraedrik-anionining o‘zaro elektrostatik birlashuvidan hosil bo‘lgan $[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleks birikmasining ^{1}H YaMR spektrlari bir-biriga solishtirib o‘rganilganida, metil guruhining uchta vodorod atomiga tegishli singlet signali juda kuchsiz o‘zgarishli, δ=2,501 (*Δ*δ=0,042) m.h. da qayd etildi. Shuningdek, erkin ligand ekzo amino guruhining ikkita vodorod atomlariga tegishli singlet signali δ=6,798 m.h. da qayd etilgan bo‘lsa, kompleksda esa ushbu singlet signal imin guruhining vodorod atomi va halqadagi azometin guruhi vodorod atomiga tegishli o‘zaro ajralgan dublet signallar δ=7,026 va 6,989 m.h. da ko‘rinishida qayd etildi.



2-rasm. 2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol ligandi (L) va u asosida $[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleks birikmasining ^{1}H YaMR spektrlari. 400 MGs, erituvchi – DMSO-d_6+CCl_4, 298 K

ISSN 3030-3907

L ning ^{1}H YaMR spektridan $[CdL^2{}_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleksning spektridagi bu kabi o‘zgarishning sababini, L ligandi eritma muhitida kadmiy yodid tuzi bilan kompleks hosil bo‘lish jarayonida amin-imin tautomeriyasi sodir bo‘lganligi bilan izohlandi (1-cxema).



3-sxema. $[CdL^2{}_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleksining shakllanish jarayonida eritmada amin-imin tautomeriyasiga uchrashi

Bunda ekzo NH_2– guruhining bir vodorod atomi α-holatdagi endotsiklik azot atomiga migratsiyasi sodir bo‘lgan.

$[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ kompleksining ^{1}H YaMR spektri parametrlari shundan dalolat beradiki, eritmada koordinatsiyalangan L ligandlar amin-imin tautomeriyasiga uchragan.

Cd(II) ionining geksatiadiazolli kationi va geksayodid ionli dimer anionidan iborat kompleksining tuzilishi haqida IQ– va ^{1}H YaMR– spektrlari natijalariga asoslangan xulosalarni aniq tasdiqlash uchun $[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ birikmasining monokristallari o‘stirildi. Bu kristalllar EtOH dan qayta kristalllash usuli bilan ajratib olindi.

L ligand bilan kompleks birikmalarida aksariyat holatlarda, ayniqsa rux(II) galogenidlari bilan kompleks birikmalarida markaziy atomlarning poliedri faqat tetraedrik qurshovli holatda bo‘lsa, kadmiy(II) ioni ishtirokidagi kation $[Cd(L)_6]^{2+}$ kompleksi oktaedrning nuqtalarida 6 ta tiadiazol ligandning oltita azot atomi koordinatsiyalangan. Natijada, kadmiy(II) ionining musbat zaryadini kompensatsiyalanishi tetraedrik qurshovli 2 ta Cd^{2+} va 6 ta I^- ionlari ishtirokida hosil bo‘lgan dimer anionining 2 ta ortiqcha manfiy zaryadlari evaziga qoplangan.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida qo‘yidagicha xulosalar qilindi:

Kadmiy(II) ionining $[CdL_6]\cdot[Cd_2I_6]$ tarkibli kompleksi (bu yerda L=2-amino-5-metil-1,3,4-tiadiazol) sintez qilindi va uning tuzilishi IQ–, ^{1}H YaMR– spektroskopik usullari yordamida o‘rganildi.

Element analizi natijalarini ko‘rsatishicha, kompleks hosil bo‘lish reaksiyalarida geterosiklik ligand bilan Kadmiy yodid tuzi 2:1 mol nisbatda kompleks hosil qiladi.

Shuningdek, L ligandi eritma muhitida kadmiy yodid tuzi bilan kompleks hosil bo‘lish jarayonida amin-imin tautomeriyasi sodir bo‘lganligi va bunda ekzo

ISSN 3030-3907

NH_2– guruhining bir vodorod atomi α-holatdagi endotsiklik azot atomiga migratsiyasi sodir bo‘lganligi isbotlandi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Husenov Q.Sh., Umarov B.B., Turg‘unov Q.Q. 2-Amino-5-metiltiadiazol-1,3,4 asosida kadmiy(II) yodid kompleksini tuzilishini o‘rganish // “Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi to`plami. - Buxoro.- BuxDU. – 2022 й. 22-23 dekabr. – B. 24-26.
2. Husenov Q.Sh., Aliev T.B., Karimov Z.T. va b. 1,3,4-Tiadiazol hosilalari asosida rux(II) va kadmiy(II) ionlarining komplekslarini RSA usulida kristall strukturalarini o‘rganish // Мат.-лы респ. научно-практической конференции “Достижения и перспективы супрамолекулярной химии”. – Ташкент. – ИБОХ им. акад. А.С.Садыкова. – 2024 г. 15 мая. – С. 143-145.
3. Xayrullayev G`.U. Kobalt(II) sulfatning 3-metiltio-5-amino-1H-1,2,4-triazol bilan hosil qilgan kopleks birikmasi sintezi va tadqiqoti // “Development of science” ilmiy jurnal. - 2025 y. – Volume 3. – Iss. 10. – B. 228-234.
4. Zamilatskov I.A., Savinkina E.V., Al`bov D.V. Crystal Structure of Cadmium Iodide Complexes with Acetamide and Propaneamide [Cd(CH3CONH2)6][Cd2I6] and [Cd(C2H5CONH2)6][Cd2I6] // Russian Journal of Coordination Chemistry. – 2007. – Vol. 33. - № 6. – P. 396-399.
5. Торамбетов Б.С., Кадирова Ш., Зияев А.А. и др. ИК-спектроскопическое исследование комплексных соединений 2-амино-5-этилтио-1,3,4-тиадиазола с ионами кобальта(II), никеля(II), меди(II) и цинка // Универсум: химия и биология: электрон. научн. журн. 2020. № 9(75). URL: https://7universum.com/ru/nature/archive/ item/10679
6. Garnovskii A.D., Burlov A.S., Vasil’chenko I.S. et al. Molecular design of azomethine complexes // Russ. J. Coord. Chem. 2010. V. 36. № 2. P. 81-96. https://doi.org/10.1134/S1070328410020016
7. Boechat N., Ferreira S.B., Glidewell C. et. al. 2-Amino-5-trifluoromethyl-1,3,4-thiadiazole and a redetermination of 2-amino-1,3,4-thiadiazole, both at 120K: chains of edge-fused R22(8) and R44(10) rings, and sheets of R22(8) and R66(20) rings // Acta Cryst., Sect. C. 2006. V. 62. R. 42-44. https://doi.org/10.1107/S010827010 5040126
8. Khusenov K.S., Umarov B.B., Ishankhodzhaeva M.M. et. al. Crystal Structure of 2-Amino-1, 3, 4-Thiadiazole and Its Zn (II) Complex. // Russ. J. Coord. Chem. 1997. V. 23. №8. P. 555-559.
9. Umarov B.B., Ishankhodzhaeva M.M., Khusenov K.Sh. et. al. Synthesis and study of crystal structure of the product of combined condensation of 2-amino-5-

ISSN 3030-3907

ethyl-1,3,4-thiadiazole with salycilic aldehyde and acetylacetone // Russ. J. Org. Chem. 1999. V. 35. № 4. P. 599-602.
10. Ishankhodzhaeva M.M., Umarov B.B., Khuseinov K.Sh. et. al. Effect of the Acido Ligand on the Geometric Structure of Zinc(II) 2-Amino-1,3,4-thiadiazole Complexes // Russ. J. Gen. Chem. 1998. V. 68. № 8. P. 1306.
11. Мелников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. - М.: Химия, 1987. - С. 612-618.
12. Хусенов К.Ш. Комплексные соединения некоторых 3d-металлов с производными 1, 3, 4-тиадиазолов и салицилалдиминов. Дисс. канд. хим. наук. – Ташкент. - 1998. – 153 с.
13. Жумакаева Б.Д. Реакции 5-меркапто–3–фенил–1,3,4–тиадиазол–2–тиона с α, β – непределными соединениями // Вестник ПГУ. 2015. № 2. С. 68-73
14. Умаров Б.Б., Хусенов К.Ш., Ишанходжаева М.М. и др. Новые гексадентатные лиганды на основе дигидразонов салицилового альдегида. 1996. Журнал органической химии. Т. 32. № 1. С. 93-95.
15. Алиев Т.Б., Хусенов К.Ш., Жураев Ш.Т., Худойбердиев Ф.И. Исследование смешанолигандные комплексообразование аспарагиновой кислоты // Интернаука. 2017. № 25. С. 37-39.
16. Yang Hu, Cui-Yun Li, Xiao-Ming Wang at. al. 1,3,4-Thiadiazole: Synthesis, Reactions, and Applications in Medicinal, Agricultural, and Materials Chemistry // Chemical Reviews, − 2014. − 114(10), −P. 5572–5610. https://doi.org/10.1021/cr400131u
17. Cheng-Lin Pan, Xiang-Xiang Wei, Xu-Gang Zhang at. al. 2-((5-Mercapto-1,3,4-thiadiazol-2-yl)thio)acetic acid as a novel chalcopyrite depressant for selective flotation separation of molybdenite from chalcopyrite // Minerals Engineering. 2022. V. 183. № 6. 107625. https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107625
18. Umarov B.B., Avezov K.G., Tursunov M.A. et. al. Synthesis and crystal structure of nickel(II) complex based on 2-trifluoroacetylcycloalkanone benzoylhydrazones // Russ. J. Coord. Chem. 2014. V. 40. № 7. P. 473-476. https://doi.org/10.1134/ S1070328414070094
19. Khusenov K.Sh., Umarov B.B., Turgunov K.K., Bakhronova O.Zh., Aliev T.B., Ibragimov B.T. Zinc(II) Complexes with Thiadiazole-1,3,4 Derivatives // Russian Journal of Inorganic Chemisrty. - Moscow. - 2024, Vol. 69. - №2. - P. 188-197.
20. Ana C. M. O. Lima, Ana L. R. Silva, Jorge M. Gonçalves, Maria D. M. C. Ribeiro da Silva Thermodynamic study on the relative stability of 2-amino-1,3,4-thiadiazole and two alkyl-substituted aminothiadiazoles // Journal

ISSN 3030-3907

of Thermal Analysis and Calorimetry. -2024. – Iss. 9. DOI:10.1007/s10973-024-13498-6

21. Vinit Raj, Amit Rai1, Mahendra Singh et. al. Recent Update on 1,3,4-Thiadiazole Derivatives: As Anticonvulsant Agents // American Research Journal of Pharmacy. – 2015. - V. 1. – Iss. 1. – P. 34-61.

22. Janowska S., Khylyuk D., Bielawska A. et. al. New 1,3,4-Thiadiazole Derivatives with Anticancer Activity // Molecules. – 2022. – V. 27. - P. 1814. https://doi.org/10.3390/molecules27061814

23. Dhanapal Visagaperumal, Jayakumar Ramalingam, Vineeth Chandy 1,3,4-Thiadiazoles: An Overview // Current Research in Bioorganic & Organic Chemistry. – 2018. – Iss. 01. – P. 1-9. DOI: 10.29011/CRBOC -101, 100003.

24. Serena Indelicato, David Bongiorno, Manuela Mauro, Stella Cascioferro Recent Developments of 1,3,4-Thiadiazole Compounds as Anticancer Agents // Pharmaceuticals. – 2025. - V. 18. – Iss. 4. – P. 580.

25. Ishankhodzhaeva M.M., Khusenov K.Sh., Umarov B.B. et. al. Crystal structure of a complex of Zinc iodide with 2-amino-1, 3, 4-thiadiazole // Russ. J. Inorg. Chem. 1998. V. 43. № 11. P.1709.

ISSN 3030-3907