



UO'K: 546.05+541.49+547.792.1

**N-(1H-1,2,4-TRIAZOL-IL) ASETAMIDNI RUX (II) XLORID BILAN KOMPLEKS BIRIKMASINING SINTEZI VA TADQIQOTI****СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СОЕДИНЕНИЯ N-(1H-1,2,4-ТРИАЗОЛ-ИЛ) АЦЕТАМИДА С ХЛОРИДОМ ЦИНКА (II)****SYNTHESIS AND STUDY OF THE COMPLEX COMPOUND OF N-(1H-1,2,4-TRIAZOL-YL) ACETAMIDE WITH ZINC (II) CHLORIDE****Chalaboyeva Zilola Mirzakarim qizi<sup>1</sup>** <sup>1</sup>Qo'qon universiteti Andijon filiali, Tibbiy va biologik kimyo kafedrasida katta o'qituvchisi, (PhD)**Jalilov Ma'rufjon Jumanazarovich<sup>2</sup>** <sup>2</sup>Qo'qon universiteti Andijon filiali., PhD**Razzoqova Surayyo Razzoqovna<sup>3</sup>** <sup>3</sup>O'zbekiston milliy universiteti, Kimyo fakulteti, Noorganik kimyo kafedrasida dotsenti, PhD**Kadirova Shahnoza Abduxalilovna<sup>4</sup>** <sup>4</sup>O'zbekiston milliy universiteti, Kimyo fakulteti, Noorganik kimyo kafedrasida professori. DSc**Turg'unboyev Shavkatjon Shuhratjon o'g'li<sup>5</sup>** <sup>5</sup>Farg'ona davlat universiteti, k.f.b.f.d., (PhD)**Annotatsiya**

*N-(1H-1,2,4-triazol-il) asetamidning rux (II) xlorid bilan kompleks birikmasining sintez usuli ishlab chiqildi, hamda sintez qilingan kompleks birikmalarning tarkibi, tuzilishi zamonaviy fizik-kimyoviy usullar yordamida o'rganildi. Ligand N-(1H-1,2,4-triazol-il) asetamid kompleks hosil bo'lish reaksiyalarida triazol halqasidagi ikkinchi azot va asetamid guruhidagi kislorod atomlari orqali koordinatsiyaga uchrashi aniqlandi.  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kristallari monoklinik molekulyar tuzilishga ega bo'lib, metall atomi triazol halqasidagi azot va asetamid guruhidagi kislorod atomlari va suvdagi kislorod atomlari bilan olti a'zoli xelat halqasini hosil qiladi.  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kompleksida Zn1-N3, Zn1-O1 va Zn1-O2 bog' uzunliklari 1,937, 2,024 Å va 2,40 Å, N3-Zn1-N4 ning burchaklari esa 91,32°(19)ga teng bo'ladi. Eng katta burchak qiymatlari N3-Zn1-N3, O1-Zn1-O1 va N4-Zn1-N4 burchaklariga tegishli bo'lib, 180,0° ni tashkil qiladi. Markaziy atom misning koordinatsion soni oltiga teng bo'lib,  $sp^3d^2$  holatda gibridlangan. Molekulararo vodorod bog'larini 3-atsetilamino-1,2,4-triazol ligandidagi imin guruhidagi vodorod atomi va suvning kislorodi orasida yuzaga kelgan. Rux ionining musbat zaryadini xloridli atsidoligand anion holatida kompensatsiyalaydi.*

**Аннотация**

*Разработаны методы синтеза комплексных соединений N-(1H-1,2,4-триазол-ил) ацетамида с хлоридом Zn(II), изучены состав и строение синтезированных комплексных соединений с использованием современных физико-химических методов исследования. Установлено, что в реакциях комплексообразования лиганд N-(1H-1,2,4-триазол-ил) ацетамида координируется через второй атом азота триазольного кольца и атомы кислорода ацетамидной группы. Кристаллы  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  имеют моноклинную молекулярную структуру, в которой атом металла образует шестичленное хелатное кольцо с азотом в триазольном кольце и атомами кислорода в ацетамидной группе, а также атомами кислорода в воде. В комплексе  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  длины связей Zn1-N3, Zn1-O1 и Zn1-O2 составляют 1,937, 2,024 Å и 2,40 Å соответственно, а углы N3-Zn1-N4 составляют 91,32°(19). Наибольшие угловые значения имеют углы N3-Zn1-N3, O1-Zn1-O1 и N4-Zn1-N4, которые составляют 180,0°. Центральный атом меди имеет координационное число шесть и находится в гибридном состоянии  $sp^3d^2$ . Межмолекулярные водородные связи образуются между атомом водорода иминной группы в лиганде 3-ацетиламино-1,2,4-триазола и кислородом воды. Положительный заряд иона цинка компенсируется лигандом хлоридной кислоты в анионном состоянии.*

## KIMYO

**Abstract**

Methods of synthesizing complex compounds of N-(1H-1,2,4-triazol-yl) acetamide with Zn(II) chloride was developed, and the composition and structure of the synthesized complex compounds were studied using modern physical and chemical research methods. It was found that the ligand is coordinated through the second nitrogen of the triazole ring and the oxygen atoms of the acetamide group in the reactions of N-(1H-1,2,4-triazol-yl) acetamide complex formation.  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  crystals have a monoclinic molecular structure, in which the metal atom forms a six-membered chelate ring with the nitrogen of the triazole ring and the oxygen atoms of the acetamide group and the oxygen atoms of water. In the  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  complex, the bond lengths of Zn1-N3, Zn1-O1 and Zn1-O2 are 1.937, 2.024 Å and 2.40 Å, and the angles of N3-Zn1-N4 are 91.32°(19). The largest angular values belong to the angles of N3-Zn1-N3, O1-Zn1-O1 and N4-Zn1-N4, which are 180.0°. The coordination number of the central copper atom is six and it is hybridized in the  $sp^3d^2$  state. Intermolecular hydrogen bonds are formed between the hydrogen atom of the imine group of the 3-acetylamino-1,2,4-triazole ligand and the oxygen of water. The positive charge of the zinc ion is compensated by the chloride acid ligand in the anionic state.

**Kalit soʻzalar:** N-(1H-1,2,4-triazol-3-il) asetamid, rux xlorid, ligand, infraqizil spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskop, rentgenostrukturniy analiz, termik analiz.

**Ключевые слова:** N-(1H-1,2,4-триазол-3-ил)ацетамид, хлорид цинка, лиганд, ИК-спектроскопия, сканирующий электронный микроскоп, рентгеноструктурный анализ, термический анализ.

**Key words:** N-(1H-1,2,4-triazol-3-yl)acetamide, zinc chloride, ligand, infrared spectroscopy, scanning electron microscope, X-ray structural analysis, thermal analysis.

**KIRISH**

Koordinatsion birikmalar zamonaviy kimyosining rivoji oraliq metallarning ligandlar bilan yangi kompleks birikmalarini sintez qilish va koordinatsiyaga uchraydigan ligandlarning reaksiya qobiliyatini oʻrganishni taqozo etmoqda. Bu jarayonlar kompleks hosil boʻlish qonuniyatlarini va kompleks birikmalarining fizik-kimyoviy xossalarini, ularning tarkibi va tuzilishiga bogʻliqligini aniqlash imkonini beradi. Bu oʻz navbatida koordinatsion birikmalarining amaliy qoʻllanilishi doirasini aniqlab beradi.

Mikroblarni yangi turlarining kundan kunga ortib borishi, dorivor kimyoviy preparatlarga boʻlgan ehtiyojni ortishiga sabab boʻlmoqda [1-2]. Mavjud antimikrobial preparatlardan farqli kimyoviy xususiyatlarga ega yangi mikroblarga qarshi vositalarni ishlab chiqish zarurati tugʻildi [3]. Geterotsiklik birikmalar kimyosi, ayniqsa triazolli koordinatsion birikmalar farmatsevtikada katta qiziqish uygʻotmoqda [4]. N-(1H-1,2,4-triazol-il) asetamid yangi dorilarni ishlab chiqarish uchun muhim birikmalar sinfini tashkil qiladi. Ular zarur moddalar yetishmovchiligini toʻldiruvchi biologik faol tabiiy kompleks birikmalar manbaidir. Triazol halqasida azot atomlari va asetamid guruhining borligi kimyogarlarni turli xil strukturaviy oʻzgarishlarni amalga oshirishga ilhomlantirdi.

Nukleofil markazlarga ega boʻlgan 3-amino - 1,2,4 - triazolning atsillangan hosilalari ham amaliy ham fundamental kimyo uchun ahamiyatlidir. 3-amino-1,2,4-triazol atsillanganda uning metall ionlariga koordinatsiyalanish qobiliyatini oshiradi va barqaror kompleks birikmalarining hosil boʻlishini taʼminlaydi. 3-amino-1,2,4-triazolni atsillanishi natijasida olingan hosilalarining koordinatsion qobiliyatlari va xossalarini oʻrganish maqsadida oraliq metallarning tuzlari bilan har xil sharoitlarda sintez reaksiyalari olib borildi.

**TAJIRIBA QISMI**

N-(1H-1,2,4-triazol – 3-il) asetamid maʼlum metod yordamida 3-amino - 1,2,4 - triazol asetamid va sirka angidrid ishtirokida spirt eritmasida sintez qilindi [5]. Unum 90% ni tashkil etdi.  $T_{\text{suyq}} = 82-83^{\circ}\text{C}$ .

$[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kompleksining sintezi uchun (0,001 mol) Zn(II) xloridning suvli eritmasiga (0,002mol) ligand N-(1H-1,2,4 - triazol - 3 – il) ning spirtli eritmasidan M:L 1:2 mol nisbatda aralashtirildi, eritma muhiti (pH=7,4). Reaksiya 1 soat davomida 70°C haroratda magnitli aralashtirgichda aylantirildi. Oq tiniq rangli eritma hosil boʻldi, kristallanishi uchun olib qoʻyildi. Oradan 10 kun oʻtgandan soʻng oq rangli kristallar tushdi. Mahsulot unumi 84%.  $T_{\text{suyq}} = 157-158^{\circ}\text{C}$ . Hosil boʻlgan kristallar suvda va etanolda eridi, qutbsiz erituvchilarda erimadi.

Kompleks birimallarining suyuqlanish temperaturasi qiymatlari hamda element tahlil natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

**N-(1H-1,2,4-triazol-3-il) asetamid va  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kompleks birikmasining suyuqlanish temperaturasi qiymatlari va element tahlil natijalari**

№	Tarkibi	Rangi	%	T <sub>s</sub> , °C	Brutto formula	Hisoblangan/Topilgan			
						C	H	N	M
1	L	Oq	90	82-83	C <sub>4</sub> N <sub>4</sub> H <sub>6</sub> O	38,1/ 39,1	4,76/ 4,26	44,4/ 42,9	-
2	$[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$	Oq	84	157-158	ZnC <sub>8</sub> N <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	22,6/ 23,4	3,77/ 3,83	26,4/ 27,1	15,3/ 15,9

**NATIJAR VA MUHOKAMA**

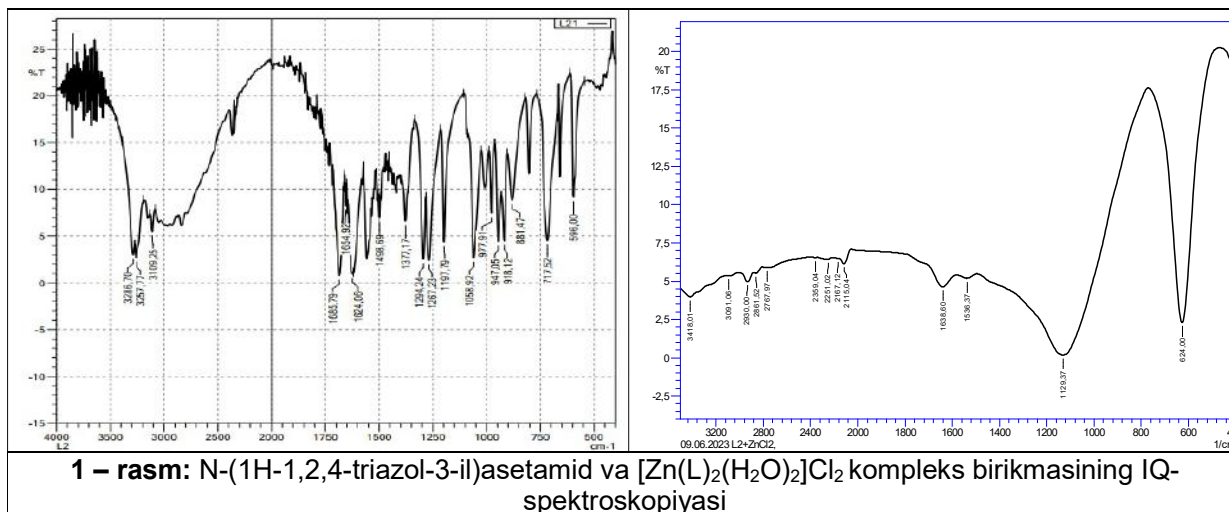
**Sintez qilib olingan kompleks birikmaning IQ spektr tahlili.** Ligandning markaziy atom bilan koordinatsiya markazlarini aniqlash maqsadida sintez qilingan kompleks birikmalarning IQ-spektrlari o'rganildi [6]. Aromatik birikmalar uchun halqadagi C-H guruhining deformatsiyali tebranish ( $900-650\text{ cm}^{-1}$ ) sohasi eng muhim hisoblanadi. Molekulada aromatik halqa borligini  $3000\text{ cm}^{-1}$  sohada C-H guruhi valent tebranish chastotalarining borligi bilan ham bilish mumkin. Bu sohalarni chuqur o'rganish halqadagi o'rinbosarlar soni va halqada bir-biriga nisbatan qanday joylashishini ham aniqlash imkonini beradi.

Kislota amidlarining IQ – spektrida karbonil guruhning yutilish chizig'i C=O  $1690-1630\text{ cm}^{-1}$  sohada namoyon bo'ladi.  $1650-1510\text{ cm}^{-1}$  da N-H bog'ining deformatsion tebranishlari kuzatiladi. Ikkilamchi amidlarda N-H bog' bitta tebranish spektrini beradi. Amidning cis yoki trans izomer ekanligiga qarab tebranish  $3440-3420\text{ cm}^{-1}$  va  $3460-3440\text{ cm}^{-1}$  da kuzatiladi.  $800-600\text{ cm}^{-1}$  oralig'ida N-H bog'ning deformatsion tebranishlari kuzatiladi. C-N bog'ining tebranishlari  $1400\text{ cm}^{-1}$  atrofida bo'ladi [7-8].

Ligand molekulasiga tegishli bo'lgan C=O guruhining yutilish spektri  $1685\text{ cm}^{-1}$  sohada, C=N guruhining yutilish maksimumi  $1624\text{ cm}^{-1}$  sohada namoyon bo'ldi. N-H valent bog'iga tegishli yutilish maksimumi  $3394\text{ cm}^{-1}$  sohada, deformatsion tebranishi  $719\text{ cm}^{-1}$  sohada yutilish spektrlarini hosil qildi. N-(1H-1,2,4-triazol-il) asetamidning halqasida joylashgan C-H guruhining valent tebranishi  $3066\text{ cm}^{-1}$  sohada, deformatsiyali tebranish  $911\text{ cm}^{-1}$  sohada intensiv yutilish spektri namoyon qildi.

Rux xlorid bilan L asosida olingan kompleks birikmaning IK spektrida (IK Fure-spektrometr. Bruker Invenio S-2021) interval  $4000-200\text{ cm}^{-1}$ . ATR.) o'rganildi. Kompleks birikma tarkibidagi  $sp^2$  gibridlangan C-H bog'larining valent tebranishi  $2930\text{ cm}^{-1}$  sohada yutilish maksimumlarini kuzatishimiz mumkin. Ligandga nisbatan N-H bog'ining valent tebranishlari  $3091\text{ cm}^{-1}$  sohasiga siljiganligini ko'rishimiz mumkin. Kompleks birikmadagi C=N guruhiga tegishli bo'lgan kuchsiz intensiv bo'lmagan yutilish spektrlari erkin liganddagiga nisbatan  $88\text{ cm}^{-1}$  ga quyi  $1536\text{ cm}^{-1}$  sohaga, C=O guruhining yutilish chizig'i  $46\text{ cm}^{-1}$  ga quyi  $1639\text{ cm}^{-1}$  sohaga siljiganligi ligand molekulasida markaziy atom bilan halqadagi ikkinchi azot atomi va asetamid guruhidagi kislorod atomlari orqali bidentant koordinatsiyaga uchraganligini ko'rsatadi. Bundan tashqari ligandda uchramagan gidroksil guruhi (O-H) uchun tegishli bo'lgan valent tebranishi  $3418\text{ cm}^{-1}$  sohada, tekislikdan tashqaridagi deformatsion tebranish  $624\text{ cm}^{-1}$  sohada kuchli yutilish maksimumlarini hosil bo'lishi, koordinatsion suv molekullari metall bilan bevosita bog'langan bo'lib kompleksni ichki koordinatsion sferasini tashkil qiladi.  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kompleksining IQ spektri tahlili shuni ko'rsatdiki,  $1129\text{ cm}^{-1}$  da erkin L ligandning IQ spektrida mavjud bo'lmagan yangi yutilish spektri paydo bo'ldi, bu Zn-Cl bog'lanishining antisimmetrik valent tebranishiga mos keldi. Shuningdek,  $392\text{ cm}^{-1}$  sohada ham L spektrida kuzatilmagan yangi yutilish spektri kuzatiladi, bu esa Zn-Cl bog'ining simmetrik valent tebranishi bilan bog'liq. Demak, bundan xlorid atsidioligandi ligandning ichki koordinatsion sferasida joylashganligi kelib chiqadi.

## KIMYO



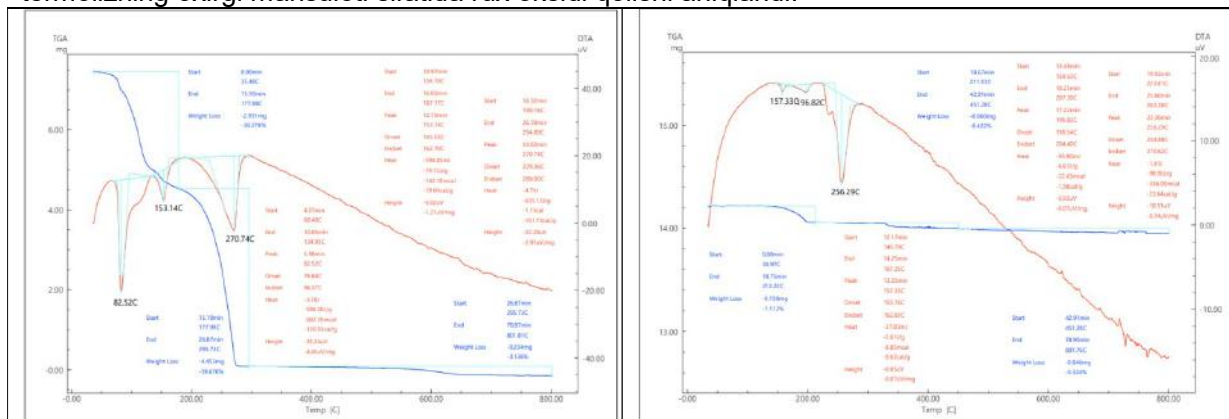
**Moddalarning termik tahlili natijalari.**  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  tarkibli kompleks birikmaning termik barqarorligi va tarkibida suv molekullari mavjudligini aniqlash maqsadida termik analiz o'tkazildi.

Termik analiz termoanalitik asbob – derivatografda olib borilib, bir vaqtning o'zida namuna massasining kamayish tezligi, kompleksning parchalanish massasi va termik barqarorligi aniqlanadi. Termik analiz natijasida komplekslarning parchalanishi va suyuqlanishi, ligandlarning koordinasiyalanish sifati va koordinasiyalanmasligi, komplekslarning oxirgi mahsulotlari aniqlanadi [9-10].

Termik analiz natijalari: birikmalarni termik parchalanish bilan boruvchi issiqlik effekti tabiati, temperatura effekti intervallari va ularning tabiati, massani mg larda kamayishi (3 – 4 - rasmlarda) keltirilgan.

N-(1H-1,2,4-triazol-il) asetamidning termik tahlili 20°C dan 400°C gacha bo'lgan harorat oralig'ida amalga oshirildi (2-rasm). Umumiy parchalanish 50-400°C oralig'larida kuzatildi. Dastlab 82,52°C da endotermik effekt kuzatildi. Keyingi endotermik effekt 153,14°C da kuzatilib bu ligandning suyuqlanish temperaturasi to'g'ri keladi. Oxirgi endotermik effekt 270,74°C tashkil qilib, organik qism  $CO_2$  va  $H_2O$  gacha parchalandi. 400°C dan keyin o'zgarish kuzatilmadi.

$[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  tarkibli kompleksning DTA egrisida bir nechta endotermik effektlar (3-rasm) kuzatildi. Dastlab 0,48 mg massaning yo'qotilishi 2 mol suvning parchalanishiga mos keladi. Keyingi bosqichda eng katta massa yo'qotilishi organik qismning parchalanishiga mos kelib, termolizning oxirgi mahsuloti sifatida rux oksidi qolishi aniqlandi.

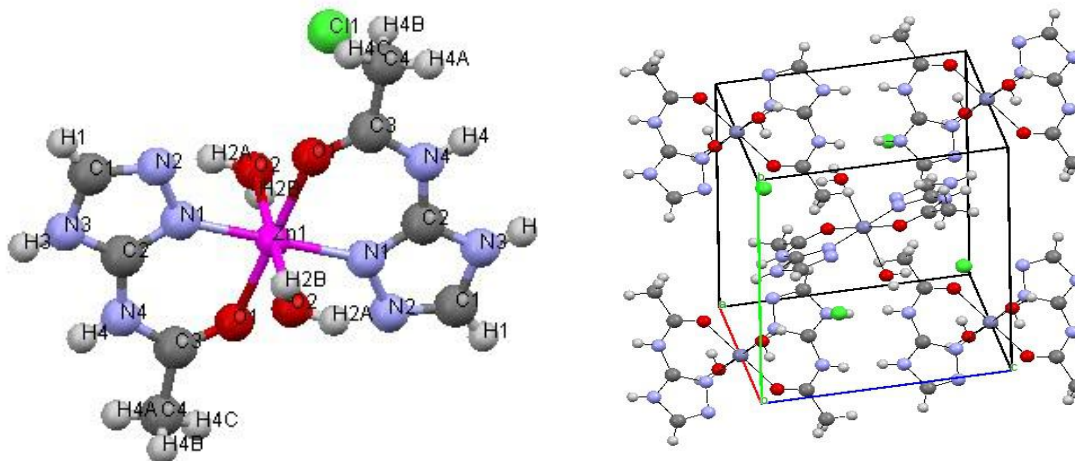


**Hosil bo'lgan kompleksni Rentgenstrukturaviy tahlil usuli yordamida o'rganish.** Sintez qilingan kompleks birikmalarning fazoviy tuzilishi va kristall [11] qadoqlanishini aniqlash maqsadida  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kompleks birikmasining monokristallini RSA yordamida o'rganildi.

$[Zn(L^2)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kristallari kationli kompleks hisoblanib, Zn(II) ning biroz buzilgan oktaedrik koordinatsiyasi o'z ichiga ikkita suv molekulasini va ekvatorial pozitsiyalarda ikkita  $L^2$ -xelat ligandlaridan ikkita O1 va ikkita N1 atomlarini o'z ichiga oladi. Olti a'zoli xelat halqalari, ularda xelat ichki burchagi  $88,24 (2)^\circ$  va  $L^2$  ning boshqa H dan tashqari atomlari (metil uglerod atomidan tashqari) deyarli koplanarli holatda joylashadi.  $L^2$  ning geometrik parametrlari liganddagi keng konyugatsiyani ko'rsatadi. Zn-O2 bog' uzunligi (2.400 Å) va Zn-O1 va Zn-N3 ning ekvatorial bog' uzunligi (mos ravishda 2.027 va 1.938 Å) to'g'ri keladi. Zn atomining shunga o'xshash biroz buzilgan oktaedrik koordinatsiyasi uchun bu uzunliklari adabiyotda keltirilgan qiymatlarga juda yaqin.

Kompleks molekular H-bog' donori C1 va H-bog' akseptori N3 atomlarini o'z ichiga olgan juft vodorod bog' lari  $C1-H1 \cdots N3B (-x, -y, -1-z)$  orqali sentrosimmetrik holatdagi kationlar ishtirokida yo'nalishi bo'ylab zanjirlarga ulanadi. Bu zanjirdagi molekulararo juft vodorod bog' lari  $R_2^2 \sigma$  tipidagi halqani hosil qiladi. Yo'nalishidagi parallel holatlarda joylashgan zanjirlararo vodorod bog' lari mavjudligi sababli kristall barqororlashuvi yuzaga keladi. Bunda koordinatsiyaga uchramagan  $Cl^-$  anionlari ushbu zanjirlar orasida joylashgan bo'lib  $L^2$  ligandining N4 va koordinatsiyalangan suv molekularining O2 atomlarini o'z ichiga olgan vodorod bog' lari orqali bog' laydi. Bu barqororlashuvda quyidagi vodorod bog' lari ahamiyat kasb qiladi:  $O2-H2A \cdots Cl1$ ,  $C2-H2 \cdots O1B (1-x, -y, -1-z)$ ,  $C1-H1 \cdots Cl1$ ,  $N4-H4 \cdots Cl1 (x, y, z-1)$ ,  $O2-H2B \cdots N2 (0.5-x, y-0.5, -z)$ .

$[Zn(L^2)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kompleksi kristall formasi monoklinik,  $P2_1/c$ ,  $a=6.0595(3)$  Å,  $b=14.2956(7)$  Å,  $c=9.4762(4)$ ,  $\alpha=90^\circ$ ,  $\beta=93.275(4)^\circ$ ,  $\gamma=90^\circ$ ,  $Z=4$ ,  $Z':0$ . Bu kompleks birikmasida Zn triazol halqasidagi N va asetamid guruhidagi kislorod atomlari bilan bidentat suv molekulari bilan monodentat koordinatsiyalangan.



4-rasm.  $[Zn(L^2)_2(H_2O)_2]Cl_2$  kompleksining molekulyar tuzilishi va ichki molekulyar vodorod bog'lanishlar

2-jadval

$[Zn(L^2)_2(H_2O)_2]Cl_2$ kompleksining kristallografik ma'lumotlari			
Parametrlar	$[Zn(L^2)_2(H_2O)_2]Cl_2$	Parametrlar	$[Zn(L^2)_2(H_2O)_2]Cl_2$
$M_r$	423,85	$\beta, ^\circ$	93.275(4)
a, Å	6.0595(3)	$\gamma, ^\circ$	90
b, Å	14.2956(7)	$V, \text{Å}^3$	819.528
c, Å	9.4762(4)	F. g.	$P 2_1/c$
$\alpha, ^\circ$	90	Singoniya	Monoklinnik

#### XULOSA

N-(1H-1,2,4-triazol-3-il) asetamidning Zn (II) xlorid bilan yangi kompleks birikmasi sintez qilish usuli ishlab chiqildi va suvda yaxshi eriydigan metalokompleksi olindi. O'tkazilgan fizik-kimyoviy tadqiqot natijalari asosida sintez qilingan kompleks birikmalarda metall ioni ligand

## KIMYO

molekulasi bilan triazol halqasidagi ikkinchi azot va asetamid guruhidagi kislorod atomlari orqali koordinatsiyaga uchraganligi aniqlandi. Sintez qilingan kompleks birikmalar tarkibi va tuzilishining element, termik, skaynerlovchi elektron mikroskop, rentgenstruktur hamda IQ-spektroskopik tahlil natijalariga asosan kompleksning tarkibi  $[Zn(L)_2(H_2O)_2]Cl_2$  formulaga to'g'ri kelishi aniqlandi.

**ADABIYOTLAR RO'YXATI**

1. Zhang H.Z., Gan L.L., Wang H., Zhou C.H.. New Progress in Azole Compounds as Antimicrobial Agents. *Mini Rev. Med. Chem.*, 17, 122 (2017). DOI: [10.2174/1389557516666160630120725](https://doi.org/10.2174/1389557516666160630120725)
2. Zhang S., Xu Z., Gao C., Ren Q., Chang L., Lv Z., Feng L. Eur. Triazole derivatives and their anti-tubercular activity. // *European Journal of Medicinal Chemistry.* –2017.–V.138. –P. 501-513. [doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.06.051](https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.06.051)
3. Hanif M., Chohan Z.H. Design, spectral characterization and biological studies of transition metal(II) complexes with triazole Schiff bases *Spectrochim. // Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.* –2013.–V. 104.–P. 468-476. doi:[10.1016/j.saa.2012.11.077](https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.11.077)
4. Kashyap A., Silakari O. In *Key Heterocycle Cores for Designing Multitargeting Molecules.* // Elsevier. Amsterdam. –2018. –V. 9. –P. 323-342
5. M.I.Barmin., V.P.Kartavykh., E.A.Korolev., I.D.Tugai., A.N.Grebenkin., V.V.Mel'nikov. Acylation of Amino-1,2,4-triazoles. *Russian Journal of General Chemistry* 71, 557-566 (2001)
6. А. В. Васильев, Е. В. Гриненко, А. О. Щукин, Т. Г. Федупина Инфракрасная спектроскопия органических и природных соединений. 2007. Ст-16.
7. Накамото К. ИК спектры неорганических и координационных соединений. - М.: Мир. - 1996. - 206 с.
8. Тарасевич Б.Н., ИК спектры основных классов органических соединений. МГУ имени М.В.Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии. Москва 2012
9. Топор Н.Д., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. - М.: Изд-во МГУ, –2005.
10. Кукушкин Ю.Н., Ходжаев О.Ф., Буданова В.Ф., Парпиев Н.А. Термолиз координационных соединений. -Тошкент: Фан, –1986
11. Л.Б.Калмқков, Н.Е.Дмитриева., Сканирующая электронная микроскопия и рентгено-спектральный анализ неорганических материалов. - Москва: 2017