ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 5

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## ILMIY JURNAL



# Development of science

## Ilmiy jurnal

*2026/3 VOLUME 5*

*ISSN 3030 -3907*

*Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.*

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Асадова Раъно Дилмуратовна***
*Тошкент Давлат техника университети доценти*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.



ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.



ISSN 3030-3907

UDK:546.562+547.288.3+544.175

# 2.4-DIOKSOPENTAN KISLOTA METIL EFIR BENZOILGIDRAZONI Cu(II) KOMPLEKS BIRKMALARINING TUZILISHI

**Tursunov M.A.**
*Buxoro davlat universiteti*
**Umarov B.B.**
*Buxoro davlat universiteti*
**Ibrohimova M.B.**
*Buxoro davlat universiteti*
**Amonov M.M.**
*Buxoro davlat universiteti*

**Annotatsiya.** Tadqiqot natijalari tahlili shuni ko‘rsatadiki, ketoaldegid hamda ketoefirlar atsil- va aroilgidrazonlari sintezi, ularning prototroph muvozanati, kompleks hosil qilish xossalari etarlicha tadqiq qilinmagan. Ayrim hollarda esa paramagnit ionlar hosil qiligan mazkur birikmalarning koordinatsion qurshovi, tabiati va xossalari haqidagi ma’lumotlar noaniq bo‘lib qolmoqda, bu esa chuqur ilmiy xulosalar chiqarishni talab etadi. Kompleks birikmalar molekulalarining elektron va fazoviy tuzilishlarini o‘rganish natijasida murakkab tuzilishga ega kimyoviy birikmalarda “tarkib–tuzilish–xossa” o‘zaro bog‘liqliklarini tahlil qilish maqsadga muvofiq. Ushbu maqolada 2,4-dioksopentan kislota metil efiri gidrazonlari asosida Cu(II) ioni bilan komplekslari sintezi, tuzilishi va xossalari tadqiq etilgan.

**Kalit so‘zlar:** ketoefirlar aroilgidrazonlari, tekis-kvadrat, psevdoaromatik sistema, infraqizil spektr, elektron paramagnet rezonans (EPR), termik tahlil.

**Аннотация.** Анализ результатов исследований показывает, что синтез atsil- и ароилгидразонов кетоальдегидов и кетоэфиров, их прототропное равновесие, а также комплексообразующие свойства изучены недостаточно. В ряде случаев сведения о координатsionном окружении, природе и свойствах данных соединений, образованных с участием парамагнитных ионов, остаются неопределёнными, что требует проведения более глубоких научных исследований. Изучение электронной и пространственной структуры молекул комплексных соединений позволяет целесообразно анализировать взаимосвязь «состав–строение–свойство» в химических соединениях сложного строения. В данной статье исследованы синтез, строение и свойства комплексов иона Cu(II) на основе гидразонов метилового эфира 2,4-диоксопентановой кислоты.



ISSN 3030-3907

**Ключевые слова:** ароилгидразоны кетоэфиров, квадратно-плоская геометрия, псевдоароматическая система, инфракрасный спектр, электронный парамагнитный резонанс (ЭПР), термический анализ.

**Abstract.** Analysis of the research results shows that the synthesis of acyl- and aroylhydrazones of ketoaldehydes and ketoesters, their prototropic equilibrium, and their complex-forming properties have not been sufficiently studied. In some cases, information about the coordination environment, nature, and properties of these compounds formed with paramagnetic ions remains unclear, which requires deeper scientific investigation. The study of the electronic and spatial structures of complex compound molecules makes it possible to analyze the "composition–structure–property" relationships in chemically complex systems. This article investigates the synthesis, structure, and properties of Cu(II) complexes based on hydrazones of methyl ester of 2,4-dioxopentanoic acid.

**Keywords:** aroylhydrazones of ketoesters, square-planar geometry, pseudoaromatic system, infrared spectroscopy, electron paramagnetic resonance (EPR), thermal analysis.

## KIRISH

Bu ishda 2,4-dioksopentan kislota metil efiri benzoilgidrazonining Cu(II) kompleks birikmalari tuzilishi va xossalari muhokama qilinagan.

1,3-Diketonlar atsilgidrazonlari tautomer imkoniyatlar nuqtai nazaridan juda ahamiyatli birikmalar sinfini tashkil qilib, ularga bo‘lgan qiziqish kun sayin ortib bormoqda [1]. 2,4-Dioksopentan kislota metil efiri atsilgidrazonlarining tuzilishiga bo‘lgan qiziqish, birinchi navbatda shu bilan belgilanadiki, ular turli tautomer shakllarda mavjud bo‘lish qobiliyatiga ega. Dikarbonil komponentning tuzilish xususiyatlariga bog‘liq holda 1,3-diketonlar atsilgidrazonlarining qatorida chiziqli (gidrazon, yengidrazin) va halqali 5-oksipirazolin tautomer shakllar orasida uchlamchi halqa-zanjir muvozanatni kutish mumkin. Ta’kidlash joizki, juft prototrop muvozanat 1,3-ketoefir atsilgidrazonlari va 1,3-ketoaldegidlar hosilalari uchun kuzatiladi [1].

$H_2L$ birikma molekulasi β-diketon qismining murakkab efir fragmentidagi efir guruhning C=O bog‘ valent tebranishlari chiziqlari 1758 $cm^{-1}$ da kuzatiladi. Bu birikmalarning IQ spektrlarida $\nu_{(O–H)}$ uchun 3363-3345 $cm^{-1}$ sohada valent tebranishlarning keng chizig‘i xarakterli valent tebranishlari kuzatiladi. Birikmaning IQ spektrida karrali bog‘larning valent tebranishlari 1580, 1500, 1460 va 1445 $cm^{-1}$ sohalarda kuzatiladi. 1628 $cm^{-1}$ dagi yutilish chizig‘i C=N bog‘ning mavjudligini ko‘rsatadi, qolgan sohalardagi signallar aromatik halqaning bog‘lariga va N–H bog‘ning deformatsion tebranishlariga tegishli.

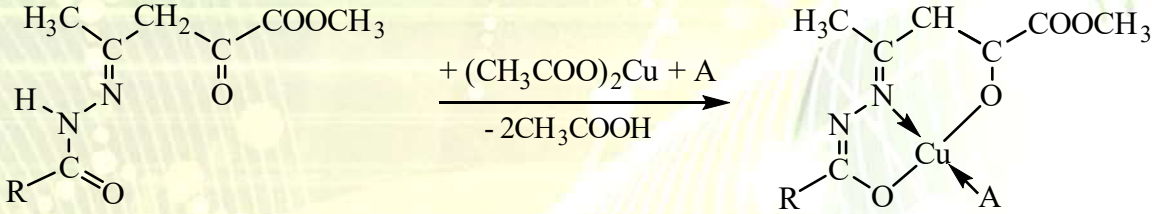


ISSN 3030-3907

1,38 g (0,005 mol) 2,4-dioksopentan kislota metil efiri benzoilgidrazonining 20 ml etanoldagi eritmasiga tomchilab 0,005 mol mis(II) atsetatning 15 ml konsentrlangan ammiakdagi issiq eritmasi qo‘shildi. Yashil rangli eritma hosil bo‘ladi, undan bir sutkadan so’ng to‘q yashil rangli kristallar cho‘kmaga tushadi. Kompleks birikma filtrlanadi, bir necha marta suv bilan, keyin spirt bilan yuvildi va vakuum-eksikatorda $P_2O_5$ ustida quritildi. Reaksiya unumi (85%).

Mis(II)ionining $H_2L^1$-$H_2L^7$ ligandlar bilan kompleks birikmalari olidingiz adabiyotlarda ko’rsatilgani kabi sintez qilindi [1-2].

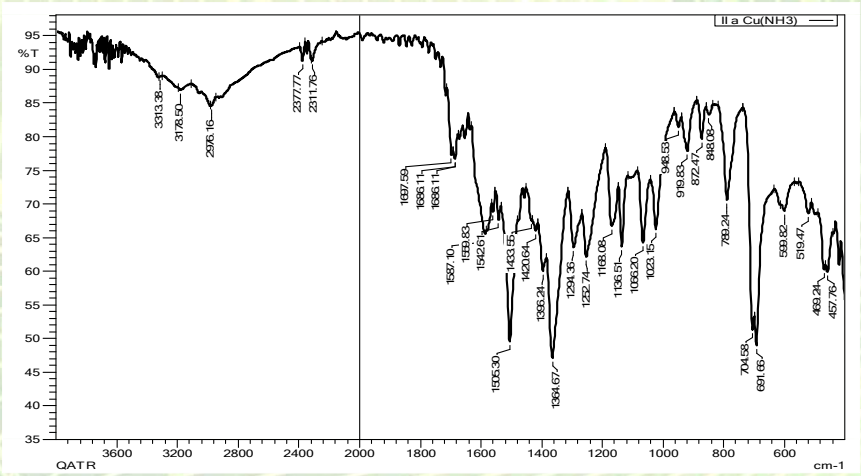
Mis(II) kompleks birikmalari IQ spektrlarining to‘liq o‘xshashligi (1-rasm), shuningdek element analiz natijalari ularning quyidagi tuzilishga ega ekanligini tasdiqladi [1-4]:




A=$NH_3$, Py; R=$C_6H_5$ ($CuL^1{\cdot}NH_3$), ($CuL^1{\cdot}Py$), p-$NO_2C_6H_4$ ($CuL^2{\cdot}NH_3$), p-$(CH_3)_2NC_6H_4$ ($CuL^3{\cdot}NH_3$), $CH_3$ ($CuL^4{\cdot}NH_3$), $NH_2$ ($CuL^5{\cdot}NH_3$), $C_5H_4N$ ($CuL^6{\cdot}NH_3$), *izo*-$C_5H_4N$ ($CuL^7{\cdot}NH_3$).

Kompleks birikma tuzilishini o‘rganishda IQ spektroskopiya tadqiqoti yordamida molekuladagi funksional guruhlar, bog‘lanish turlari hamda metall–ligand o‘zaro ta’sirlarining tabiati aniqlanadi.

$H_2L^1$ ligandning 1660-1700 va 3400 $cm^{-1}$ sohalardagi C=O, C=N va N–H bog‘larning xarakterli tebranish chastotalari uchun intensivligida sezilarli o‘zgarishlar kuzatildi, bu ligandning deprotonlanib, Cu(II) ioniga koordinatsiyalanganidan darak beradi. $CuL^1{\cdot}NH_3$ kompleks birikma IQ spektr ma’lumotlari misning ilgari o‘rganilgan kompleks birikmalari qiymatlariga mos keladi [1-4].




**1-rasm. $CuL^1{\cdot}NH_3$ kompleks birikmaning IQ spektri.**



ISSN 3030-3907

2,4-dioksopentan kislota metil efir benzoilgidrazoni asosida $CuL^{11}\cdot NH_3$ kompleks birikmaning IQ spektri 400–4000 $cm^{-1}$ oralig‘ida yozib olindi (1-rasm). IQ spektrda 3310–3180 $cm^{-1}$ oralig‘ida o‘rtacha yoki keng intensiv cho‘qqilar ammiak molekulasidagi N–H bog‘ining valent tebranishlariga mos keladi. Karbonil guruhning valent tebranishi odatda 1700–1730 $cm^{-1}$ oralig‘ida kuzatiladi, ammo $CuL^{1}\cdot NH_3$ kompleks birikma IQ spektrida 1680-1690 $cm^{-1}$ sohada tebranish chastotalarning mavjudligi karbonil guruh kislorodi Cu(II) bilan koordinatsiyalanganligini tasdiqladi. C=N valent tebranishi azot atomi Cu(II) ioniga donorlik qilishi 1505–1560 $cm^{-1}$ oralig‘ida kuzatildi. 1290–1020 $cm^{-1}$ sohada bir nechta o‘rtacha intensivlikdagi cho‘qqilar kuzatildi. Ular C–O va C–N bog‘larining deformatsion hamda valent tebranishlariga mos keladi.

Azot atomining elektron zichligi Cu(II) ioniga donorlik qilgani sababli, erkin ligand bilan solishtirganda N–H bog‘ning tebranish chastotasi biroz quyi sohaga siljigan. Bu holat metall–ligand koordinatsiyasining asosiy spektral ma’lumotini xarakterlaydi. 600–520 $cm^{-1}$ atrofida kuzatiladigan tebranishlar Cu–N tebranishlariga, 470–460 $cm^{-1}$ oralig‘idagi signallar esa Cu–O tebranishlariga mos keladi. Ushbu signallarning mavjudligi kompleks hosil bo‘lganining muhim isboti hisoblanadi (1-rasm).

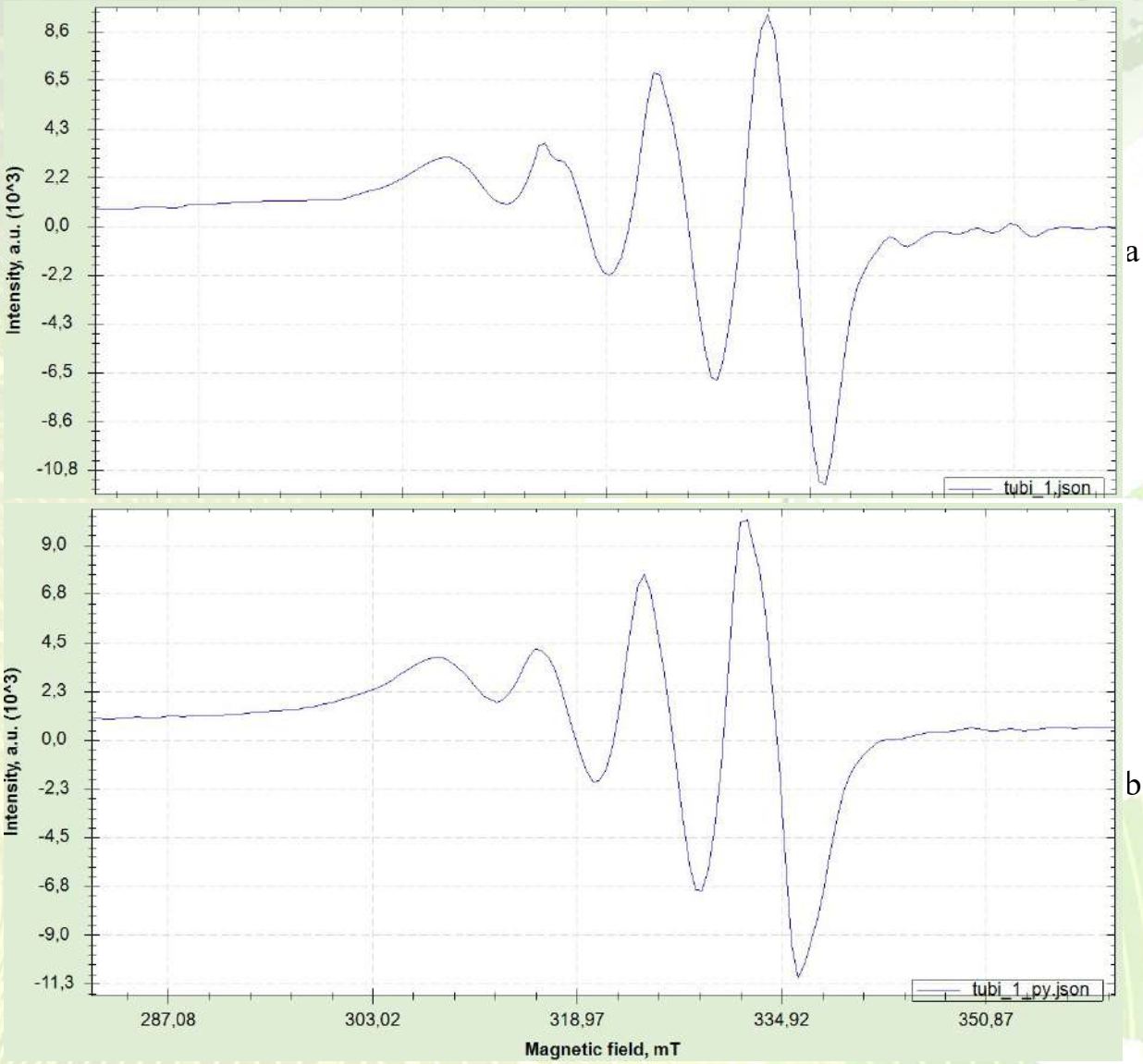
Biz tomondan o‘rganilgan mis(II) ionining kompleks birikmalari effektiv magnit momentlari $\mu_{эфф} = \sqrt{8\chi^1 \cdot m^T}$ formula bo‘yicha hisoblangan 1,73-1,74 B.M. ga teng bo‘lib, ushbu kattalikning haroratga deyarli bog‘liq emasligi metallxelatlarning yuqori barqarorligini ko‘rsatadi. Bu metallxelatning mustahkam ekanligidan dalolat beradi. Bu komplekslarning qattiq polikristall holatdagi namunalar uchun EPR spektrlarda quyi magnit maydonlar sohasida (H ≈ 1700 E) “ta’qiqlangan” o‘tishlarga mos keluvchi signallarning kuzatilmasligi aniqlangan. Magnit momentlarning bunday qiymatlari kompleks molekulasining monomer tuzilishga ega ekanligini hamda ular orasida o‘zaro antiferromagnit almashinish ta’sirlari mavjud emasligini tasdiqlaydi [1,2,5]. Mis(II) komplekslarining elektron xossalariga gidrazon fragmentidagi o‘rinbosarlarning ta’siri toluol va piridin eritmalarida xona haroratida EPR usuli yordamida o‘rganildi.

$CuL^{1}\cdot NH_3$ va $CuL^{1}\cdot Py$ kompleks birikmalarning eritmalarda izotrop EPR spektrlarini namoyon etib, ular ilgari o‘rganilgan shunga o‘xshash birikmalarning spektrlari bilan mos keladi [2] va mis(II) ning monoyadroli komplekslari uchun xosdir. Xususan, $CuL^{1}\cdot NH_3$ kompleks birikmasining EPR spektrida turli kenglik va intensivlikka ega bo‘lgan to‘rtta o‘ta nozik struktura (O‘NS) chiziqlar kuzatilib (2-rasm (a)), ular $^{63}Cu$ va $^{65}Cu$ yadrolari ($I_{Cu}$=3/2) signallarining superpozitsiyasidan iborat ekanligi aniqlandi. Ushbu natijalar [$N_2O_2$] donor



ISSN 3030-3907

atomlari *trans*-holatda joylashgan mis(II) kompleks tekis-kvadrat koordinatsion tuzilishga ega ekanligini tasdiqlaydi.




**2-rasm. $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleks birikmaning toluol eritmasidagi–(a) va $CuL^1 \cdot Py$ kompleks birikmaning piridin eritmasidagi–(b) EPR spektrlari**

Yadro spini proeksiyasiga bog‘liq holda O‘NS chiziqlarning turlicha kengayishi Mak–Konnel relaksatsiya mexanizmi bilan izohlanadi. Mis(II) kompleksi uchun EPR spektrlari izotrop spin-gamiltonian (SG) bilan ifodalanadi:

$$H = g \cdot \beta \cdot H_0 \cdot S + <a_{Cu}> I_{Cu} \cdot S + a_{Nj} \cdot I_{Nj} \cdot S \quad (1)$$

bu yerda g – elektron effektiv magnit momentining me’yori, o‘lchovsiz g-faktor, ya’ni elektron magnit momentining uning to‘liq burchak momentiga nisbati, u boshqacha Lande faktori deb ham nomlanadi (erkin elektron uchun g = 2,002322), β – Bor magnetoni, S = 1/2, $I_{Cu}$ = 3/2 – mis(II) ioni yadrosining spini, $I_N$–azot atomi yadrosining spini.



ISSN 3030-3907

**1-jadval.**

**Mis(II) kompleks birikmalarining toluoldagi eritmasidan xona haroratida olingan EPR spektrlari parametrlari**

| Birikmalar | < g >, ± 0,0001 | $a_{Cu}$, ± 0,0001$cm^{-1}$ | $\alpha^2$ |
|---|---|---|---|
| $CuL^1 \cdot NH_3$ | 2,0915 | 0,0084 | 0,81 |
| $CuL^1 \cdot Py$ | 2,0934 | 0,0087 | 0,83 |
| $CuL^2 \cdot NH_3$ | 2,0924 | 0,0089 | 0,79 |
| $CuL^3 \cdot NH_3$ | 2,0948 | 0,0088 | 0,80 |
| $CuL^4 \cdot NH_3$ | 2,0918 | 0,0085 | 0,78 |
| $CuL^5 \cdot NH_3$ | 2,0895 | 0,0087 | 0,81 |
| $CuL^6 \cdot NH_3$ | 2,0920 | 0,0086 | 0,82 |
| $CuL^7 \cdot NH_3$ | 2,0932 | 0,0088 | 0,80 |

Mis(II) kompleks birikmalari uchun EPR spektrlari chiziqlarining kengligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi [6-7]:

$$H = \alpha + \beta \cdot m_i + \gamma \cdot m_i^2 \qquad (2)$$

bu yerda $m_i$ – mis(II) ioni yadrosi spinining tashqi magnit maydon yo‘nalishi bo‘yicha proeksiyasi; α, β, γ – turli relaksatsion mexanizmlarni tavsiflovchi koeffitsientlardir. Tadqiq etilgan birikmalarda toq elektron $B_1g$ tipidagi molekulyar orbitalda joylashgan bo‘lib, uning metall va ligand atomlari o‘rtasida taqsimlanishi $\alpha^2$ va $(\alpha')^2$ koeffitsientlari orqali baholanadi. $\alpha^2$ ning qiymati toq elektronning $|x^2–y^2\rangle$ orbitalda joylashish ehtimolini, $(\alpha')^2$ esa uning ligand atomlari orbitalarida delokallanish darajasini ifodalaydi (3).

$$\varphi_{B1g} = \alpha \cdot d_{x^2-y^2} - \frac{\alpha'\cdot(\delta_1 - \delta_2 + \delta_3 - \delta_4)}{2} \qquad (3)$$

bu yerda $\alpha^2$ va $(\alpha')^2$– tegishlicha misning atom orbitallari ($d_{x^2-y^2}$) va ligandlarning atomlari ($\sigma_i$) koeffitsientlari.

Quyida berilgan (4) tenglamada α koeffitsientning semantik qiymatini toq elektronning $|d_{x^2-y^2}>$ orbitalda bo‘lish ehtimolligi sifatida uning kvadrati orqali ifodalash mumkin:

$$\alpha^2 = \frac{1}{0{,}43}\left(\frac{a_{Cu}}{0{,}036} + g - 2\right) + 0{,}02 \qquad (4)$$

Agar $\alpha^2 = (\alpha')^2 = 0{,}5$ bo‘lsa, metall–ligand bog‘lanish kovalent xarakterga ega bo‘ladi, $\alpha^2 = 1$ va $(\alpha')^2 = 0$ holatda esa bog‘lanish sof ion tabiatga ega bo‘ladi. Ushbu koeffitsientlar qoplanish integrali S orqali o‘zaro bog‘langan. Toq elektronning ligand yadrosi bilan izotrop o‘ta nozik o‘zaro ta’siri azot yadrosidagi elektron zichligiga bog‘liq bo‘lib, $(\alpha')^2=0$ bo‘lganda ligand atomlaridan QO‘NS kuzatilmaydi. Bu koeffitsientlar bir-biri bilan quyidagicha bog‘langan:



ISSN 3030-3907

$$\alpha^2 + (\alpha')^2 - 2\,\alpha \cdot \alpha' \cdot S = 1 \qquad (5)$$

bu yerda S – qoplanish integrali. Toq elektronning ligand azot atomi yadrosi bilan izotrop o‘ta nozik o‘zaro ta’sir energiyasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi [6]:

$$< a_N >= \frac{4}{9}\pi \cdot \gamma_N \cdot \beta_0 \cdot \beta_N (\alpha^1)^2 \left|\rho_N(0)^2\right| S_Z \cdot I_Z \qquad (6)$$

bu yerda $\gamma_N$ – azot atomlarining giromagnit nisbati, $\beta_0$ – Bor magnetoni, $\beta_N$ – yadro magnetoni, $\rho_N(0)$ – azot atomi yadrosidagi 2S-orbitalning zichligi. Ta’kidlash joizki, $(\alpha')^2 = 0$ da toq elektron ligandning azot atomida qisman bo‘lsada, joylashmaydi va QO‘NS qisman yo‘qoladi (2-rasm, 1-jadval). Nazariyaga muvofiq, xelatlovchi ligandning azot atomidan ($a_N$) parchalanish konstantasi ammiakning azot atomidan parchalanish konstantasidan ikki marta katta bo‘lishi kerak. Ikkita noekvivalent azot atomlaridan QO‘NS ning yomon ajralishi mis(II) ioni metallhalqa bilan qo‘shni bo‘lgan va yuqori elektromanfiylikka ega o‘rinbosarlar ta’siri ostida QO‘NS chiziqlarining kuchli kengayishi bilan tushuntirilishi mumkin [7]. Shuni ham ta’kidlash kerakki, koordinatsion sferasi $N_2O_2$-*trans* tuzilishli birikmalar uchun azot va vodorod atomlaridan QO‘NS hamma hollarda ham ajralavermaydi (2-rasm (a) va (b)) [7]. $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleks piridinda eritilganda u ammiak molekulasi o‘rnini egallab, uni $CuL^1 \cdot Py$ ga aylantiradi. Mis(II) toq elektronining ko‘proq delokallashgani hisobiga uning $|x^2 - y^2>$ orbitaldagi zichligi kamayadi, va binobarin, g-faktor qiymati ham pasayadi, garchi u mis(II) ioni yadrosidan O‘NS konstantasiga jiddiy ta’sir ko‘rsatmaydi. Shuningdek, ligandlar atomida toq elektronning nafaqat σ-bog‘lar orqali, balki π-bog‘lar, xususan piridinning π-orbitali va markaziy atomning d-elektronlari bo‘yicha delokallanishi ham sodir bo‘lib, u nikel(II) kompleks birikmalariga o‘xshash d-π-turdagi Cu→Py dativ bog‘lanishning vujudga kelishini tasdiqlaydi [6-10]. Kuchli donor va qutbli erituvchilar (DMSO, DMFA, piridin) bilan muhit almashtirilganda EPR spektrlari parametrlarida sezilarli o‘zgarishlar kuzatiladi. $CuL^1 \cdot Py$ kompleks birikmaning piridindagi eritmasi uchun mis atomining O‘NS konstantasi kamayadi va g-faktor ortadi, spektr kuchsiz maydonlar sohasiga siljiydi (2-rasm), ikkita azot atomlaridan ajralgan QO‘NS, agar ular mavjud bo‘lsa, oldin yomonlashadi, keyin esa yo‘qoladi. EPR spektrlari ko‘rinishi va parametrlarining bunday o‘zgarishlari, bizning nazarimizda, erituvchi molekulasining qo‘shimcha koordinatsion bog‘lanishi hisobiga kompleks poliedrining o‘zgarishiga bog‘liq bo‘ladi. Bu hodisa erituvchi molekulalarining qo‘shimcha koordinatsiyasi natijasida markaziy mis ionining koordinatsion sferasida oldin erituvchi molekulasi aksial beshinchi holatga, keyin oltinchi holatga birikadi va markaziy



ISSN 3030-3907

ion tekis-kvadrat sferasi koordinatsion tetragonal-piramida, keyin esa oktaedrik tuzilishga o‘zgaradi [6-7, 10-12].

Endo- va ekzotermik hodisalarning miqdoriy hisoblashlarini bajarishda kalibrlash uchun etalon sifatida benzoy kislota ishlatilgan ($\Delta H_f$ = 141,9 kJ / kg).

Termogravimetrik (TG) tahlil va differensial termik (DT) tahlil usullaridan foydalangan holda $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleksning issiqlik xususiyatlari, massa yo‘qotishi va energiya o‘zgarishlarini kuzatish mumkin. 1650°C haroratga chidamli alyuminiy oksidi va platinadan tayyorlangan og‘zi ochiq tigelda 14 mg miqdordagi $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleks olinib, 23°C haroratdan boshlab asta-sekin harorat oshirib borildi.

$CuL^1 \cdot NH_3$ kompleksning termik tahlil natijasida 213°C dan keyin barqarorlik kamayib, massa yo‘qotish va issiqlik o‘zgarishlariga uchragan. 213-366°C atrofida ikkita asosiy endotermik jarayon kuzatilgan bo‘lib, bu $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleksning parchalanishi yoki issiqlik reaksiyalari natijasida yuzaga kelgan bo‘lishi mumkin.

$CuL^1 \cdot NH_3$ kompleks uchun o‘tkazilgan TG tahlili natijalari termik parchalanish jarayoni bir necha bosqichda kechishini ko‘rsatdi. 23,24-213,42°C harorat oralig‘ida 0,471 mg (3,339%) massa kamayishi kuzatilib, bu adsorbsiyalangan suv va qisman koordinatsiyalangan ammiakning dastlabki desorbsiyalanishi bilan izohlanadi. 213,42-366,26°C oralig‘ida esa parchalanishning asosiy bosqichi sodir bo‘lib, $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleks massasining 5,321 mg ga, ya’ni 37,727 % ga kamayishi qayd etildi. Bu asosan ligand parchalanishi va ammiak to’liq ajralib chiqishini tasdiqlaydi. Yuqori haroratli 366,26-601,77°C intervalida nisbatan kichik massa yo‘qotilishi (1,701 mg, 12,060 %) aniqlanib, bu jarayonda organik moddalar to’liq yonishini (oksidlanishini) ko’rsatadi. Umumiy massa yo’qotilishi 53,126 % bo’lib, qoldiq CuO (46,874%) ga mos keladi.

$CuL^1 \cdot NH_3$ kompleks uchun o‘tkazilgan DT tahlili natijalari shuni ko‘rsatadiki, 236,99°C haroratda sezilarli endotermik jarayon kuzatiladi. Mazkur haroratda umumiy energiya yutilishi 2,55 µV ni tashkil etib, jarayonning issiqlik tezligi 0,18 µV/mg ga teng bo‘lgan. DT egri chizig‘i ostidagi maydonni integrallash natijasida aniqlangan issiqlik miqdori 104,79 mkal ni tashkil etdi. Ushbu qiymat $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleks massasiga nisbatan keltirilganda, jarayonning solishtirma issiqlik effekti 7,43 kal/g ekanligi aniqlangan. Shuningdek, 294,89°C haroratda sezilarli endotermik jarayon kuzatiladi. Mazkur haroratda umumiy energiya yutilishi 3,00 µV ni tashkil etib, jarayonning issiqlik tezligi 0,21 µV/mg ga teng bo‘lgan. DT egri chizig‘i ostidagi maydonni integrallash natijasida aniqlangan issiqlik miqdori 125,79 mkal ni tashkil etadi. Ushbu qiymat $CuL^1 \cdot NH_3$



ISSN 3030-3907

kompleks massasiga nisbatan hisoblanganda, jarayonning solishtirma issiqlik effekti 8,92 kal/g ekanligi aniqlangan bo‘lib, bu $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleksida mazkur harorat oralig‘ida muhim fazaviy yoki strukturaviy o‘zgarish sodir bo‘lganligini tasdiqlaydi.

TG ma’lumotlari (DTG-60 asbobi, argon muhitida, 10°C/min) asosida $CuL^1 \cdot NH_3$ kompleksning termik parchalanish bosqichlari uchun aktivlanish energiyasini ($E_a$) hisoblash mumkin. Eng keng tarqalgan va ishonchli integral usullardan biri – Coats-Redfern metodi bo’lib, u bitta isitish tezligidagi TG egri chizig’idan foydalanadi. Birinchi tartib reaksiya uchun Coats-Redfern tenglamasidan foydalanib keltirilgan ma’lumotlar asosida $E_a$ va korrelyatsiya koeffitsiyenlarini quyidagicha izohlash mumkin:

Birinchi bosqich (asosan namlik, erkin suv yoki koordinatsiyalangan ammiak chiqib ketishi sodir bo'ladi): $E_a \approx 68,45$ kJ/mol, korrelyatsiya koeffitsienti $R^2=0,9825$ ga teng; Ikkinchi bosqich (ligand parchalanishi) $E_a \approx 142,30$ kJ/mol, korrelyatsiya koeffitsienti $R^2=0,9901$ ga teng; Uchinchi bosqich (karbonatlarning parchalanishi) $E_a \approx 198,67$ kJ/mol, korrelyatsiya koeffitsienti $R^2=0,9768$ ga tengligi aniqlandi. Bu qiymatlar reaksiyaning birinchi tartibga yaqinligini va kinetik modelning yuqori ishonchliligini tasdiqlaydi.

Shunday qilib, o‘tkazilgan IQ spektr parametrlariga ko’ra, ligandlar asosan halqali shaklda mavjud bo‘ladi. Kompleks hosil bo‘lishida pirazolin halqasining ochilishi sodir bo‘ladi va ikki karra deprotonlangan ligand qoldig‘i chiziql shaklda koordinatsion bog‘lanib, besh- va olti a’zoli metallhalqalarni hosil qiladi. Benzoilgidrazid fragmentining benzol halqasini *para*-holatda joylashgan o‘rinbosarlar tabiati komplekslarning elektron tuzilishiga ta’sir ko‘rsatadi, EPR usuli bilan mis(II) birikmalari uchun tasdiqlangan. O‘zining donorlik xossalari va qutbliligi bilan farq qiluvchi turli erituvchilar muhitida mis(II) komplekslarining EPR spektrlari o‘rganilganda shu narsa aniqlandiki, erituvchilarning donorlik xossasi ortganda kompleksning erituvchi molekulalari bilan addukt hosil qilishi sodir bo‘lib, metallxelatning kvadrat-piramidal konfiguratsiyasi oktaedrik konfiguratsiyaga o‘tadi [6-12]. Shuningdek, Ni(II) komplekslariga o‘xshash tarzda, Cu(II) birikmalari uchun ham markaziy ionning d-elektronlari va piridinning π-orbitallari o‘rtasida M→Py tipidagi dativ bog‘lanish hosil bo‘lishi aniqlanib, bu komplekslarning koordinatsion moslashuvchanligini va erituvchi muhitga sezgirligini ko‘rsatadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Турсунов М.А. Комплексы некоторых 3d-металлов на основе производных кетоалдегидов и кетоэфиров, их строение и свойства. Дис… PhD по



ISSN 3030-3907

специалности 02.00.01. – Неорганическая химия. - Бухара.- БухГУ.- 2019.- 120 с.

2. Tursunov M.A. Ni(II), Cu(II) va Zn(II) ionlarining ketoaldegid va ketoefir hosilalari asosida komplekslari, tuzilishi va xossalari // Monografiya. – Buxoro. – “Kamolot” nashriyoti. – 2022 y. – 128 b.

3. Tursunov M.A., Umarov B.B., Tulisova N.Z. 2,4-dioksopentan kislota etil efiri asosida organik ligandlar sintezi va tuzilishi. *NamDU Ilmiy axborotnomasi. -2025. -№10.- B. 213-217.*

4. Husenov Q.Sh., Tursunov M.A., Xudoyarova E.A., Ilhomov A.A. 4-fenil-2,4-dioksobutan kislota metil efiri aroilgidrazoni asosida Ni(II) va Cu(II) ionlarining kompleks birikmalar sintezi, tuzilishi va xossalari. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences ISSN: 2181-144X. Vol.3(6), 2025, IF=4.372, ICV 59.69. B. 31-39.

5. Tursunov M.A., Umarov B.B., Tulisova N.Z. 2,4-dioksopentan kislota etil efirining aroilgidrazonlarining Cu(II) ioni bilan kompleks birikmalari. Development of science. 2025. OKTYABR/10. Volume/3. - *Б. 95-102.*

6. Юсупов В.Г. Комплексные соединения переходных металлов на основе atsil-, тиоatsилгидразонов и их циклических таутомеров. Дис. … докт. хим. наук.- Ташкент.- ИХ АН РУз.- 1990.- 407 с.

7. Умаров Б.Б. Комплексные соединения некоторых переходных металлов с бис-5-оксипиразолинами. Дис. … докт. хим. наук.- Ташкент.- ИУ АН РУз.- 1996.- 351 с.

8. Savriyeva N.Q., Tursunov M.A., Ganiev B.S.. Novel [5-hdroxy-3-phenyl-5-(trifluoromethyl)-4,5-dihydro-1H-pyrazol-1 yl](phenyl)methanone: Synthesis, Characterization, and Computational Analysis. Adv. J. Chem. A, 2026, 9(2), 192-207. DOI: 10.48309/AJCA.2026.530286.1865.

9. Elizaveta V Panova, Murod A Tursunov, Maftuna J Ruzieva, Julia K Voronina, Damir A Safin. Time-dependent interaction of benzohydrazide with trifluoroacetyl-2-furanoylmethane: Hydrazone versus pyrazoline formation. Journal of Molecular Structure. 2026/3/3. P.145834.

10. Ruzieva M.J., Tursunov N.A., Belgibayeva D.S., Karomatov S.A., Ganiev B.Sh., Savriyeva N.Q. Synthesis, IR and NMR–Spectroscopic, DFT Study of Aroyl Hydrazones 4,4,4-Trifluoro-1-(3-Furanyl)-1,3-Butanedione. Adv. J. Chem. A, 2026, 9(6), 1031-1047. DOI: 10.48309/AJCA.2026.530286.1865.

11. Ibrohimova M.B., Tursunov M.A. Benzoilsirkaaldegid gidrazonlari asosida Ni(II) kompleks birikmalari tuzilishini IQ- spektroskopiya usulida tadqiqi. Conference of modern science & pedagogy/ Washington/the USA. Volume 1, Issue 9. P. 600-603.



ISSN 3030-3907

12. Amonov M.M., Tursunov M.A., Boboqulova O.V. 4,4-diftor-1-fenil-1,3-butandion benzoilgidrazoni sintezi, tuzilishi va xossalari. Development of science 2025 / oktyabr/10. volume 3. p 208-214.



ISSN 3030-3907