UDK: 548.25, 544.18

XROM (III) TUZLARI HAMDA 3-AMINO-1,2,4-TRIAZOL ASOSIDA SINTEZ QILINGAN KOMPLEKSLARINING IQ-SPEKTROSKOPIK VA SEM TAHLILI

Tursunov Xurshid Baxtiyor o‘g‘li
Termiz davlat universiteti,
190111, Termiz sh., Barkamol avlod ko‘chasi, 43-uy.
E-mail: xurshidnurtursunov@gmail.com
To'raev Xayit Xudaynazarovich
Termiz davlat universiteti k.f.d., prof.
190111, Termiz sh., Barkamol avlod ko‘chasi, 43-uy.
E-mail: hhturaev@rambler.ru
Ashurov Jamshid Mingnorovich
O‘zbekiston fanlar akademiyasi Bioorganik kimyo instituti,k.f.d., prof.
100125, Toshkent sh, Mirzo Ulug'bek ko‘chasi, 83-uy.
E-mail: ajamshid@gmail.com
ORCID: 0009-0006-9401-9408

Annotatsiya. Ushbu maqolada xrom(III) nitrat va 3-amino-1,2,4-triazol (AAT) ligandi ishtirokida hosil qilingan koordinatsion kompleksning strukturaviy xususiyatlari IQ, SEM va EDS tahlillari asosida chuqur o‘rganildi. IQ-spektral ma’lumotlar ligand va kompleks orasidagi tebranish farqlarini aniqlash, koordinatsiya markazini belgilash va metall-ligand bog‘lanishining tabiatini yoritish imkonini berdi. SEM tahlili zarrachalar morfologiyasini, ularning agregatsiyalangan va g‘adir-budir strukturasini namoyon qildi. EDS tahlili esa kompleksning elementar tarkibini aniq tasdiqlab berdi. Tadqiqot natijalari xrom-triazol asosidagi komplekslarning fizik-kimyoviy xossalarini aniqlashda integratsiyalangan analitik yondashuvning samarali ekanligini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Xrom(III), 3-amino-1,2,4-triazol, IQ-spektr, SEM, EDS, koordinatsion komplekslar, morfologiya, elementar tahlil.

Аннотация. В данной статье подробно изучены структурные особенности координационного комплекса, полученного с участием нитрата хрома(III) и лиганда 3-амино-1,2,4-триазола (3-ATR), на основе данных IQ-, SEM- и EDS-анализа. IQ-спектроскопические результаты позволили выявить различия вибраций между лигандом и комплексом, определить координационный центр и охарактеризовать природу связи металл-лиганд. SEM-анализ показал морфологию частиц, выявив их агрегированную и шероховатую структуру. EDS-анализ точно подтвердил элементный состав комплекса. Полученные результаты демонстрируют эффективность интегрированного

ISSN 3030-3907

аналитического подхода при изучении физико-химических свойств комплексов на основе хрома и триазола.

Ключевые слова: хром(III), 3-амино-1,2,4-триазол, IR-спектр, SEM, EDS, координационные комплексы, морфология, элементный анализ.

Annotation. This article provides an in-depth study of the structural features of the coordination complex formed from chromium(III) nitrate and the ligand 3-amino-1,2,4-triazole (3-ATR), based on IR, SEM, and EDS analyses. IR spectroscopic data made it possible to identify vibrational differences between the ligand and the complex, determine the coordination center, and clarify the nature of the metal-ligand bonding. SEM analysis revealed the particle morphology, demonstrating their aggregated and rough surface structure. EDS analysis accurately confirmed the elemental composition of the complex. The results of the study show the effectiveness of an integrated analytical approach in determining the physicochemical properties of chromium-triazole-based complexes.

Keywords: chromium(III), 3-amino-1,2,4-triazole, IR spectrum, SEM, EDS, coordination complexes, morphology, elemental analysis.

Kirish.

Xrom(III) asosidagi koordinatsion komplekslar hozirgi zamonaviy koordinatsion kimyo, materialshunoslik, kataliz va biologik faol moddalar sintezi yo‘nalishlarida muhim ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda. Ayniqsa, bir nechta azot donor atomlariga ega bo‘lgan geterotsiklik ligandlar - xususan 3-amino-1,2,4-triazol (3-ATR) - o‘zining elektron donor qobiliyati, barqarorligi va turli metallar bilan koordinatsiya hosil qilish imkoniyati bilan ajralib turadi. Triazol hosilalari tarkibidagi N=N, C-N va C=N bog‘larining tebranish xususiyatlari metall markazi bilan o‘zaro ta’sirda sezilarli darajada o‘zgaradi. Shuning uchun IQ-spektroskopiya tahlil koordinatsiya jarayonini aniqlashda asosiy usullardan biridir [1-5].

Xrom(III) kationi ko‘pincha oktaedrik muhitda koordinatsion komplekslar hosil qiladi va ligandlarning elektron donorlari bilan kuchli bog‘lanish hosil qila oladi. Xromning bunday komplekslari turli sohalarda: katalitik jarayonlar, biologik faol moddalar, oziq-ovqat sanoati va materialshunoslikda keng qo‘llaniladi. Shuning uchun ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi - xrom(III) nitrat tuzi va 3-amino-1,2,4-triazol ligandi asosida olingan kompleksning tuzilishi, funksional guruhlaridagi o‘zgarishlar va strukturaviy xususiyatlarini aniqlashdan iboratdir [6,7].

Mazkur ishning dolzarbligi shundaki, 3-ATR asosidagi komplekslarning fizik-kimyoviy xossalari chuqur o‘rganilmagan va ularning IQ, SEM hamda EDS asosida kompleks strukturasi haqida batafsil tasavvur beruvchi ilmiy yondashuvlar yetarli emas. Shu sababli ushbu maqolada IQ-spektrlar taqqoslanib, kompleksning

ISSN 3030-3907

koordinatsiya markazi aniqlanadi, SEM tahlil orqali morfologik o‘ziga xosliklar tavsiflanadi va EDS yordamida kompleksning elementar tarkibi baholanadi [8-10].

Adabiyotlar tahlili.

Xrom(III) ionlari ishtirokida hosil bo‘ladigan koordinatsion komplekslar so‘nggi yillarda anorganik kimyo, materialshunoslik va kataliz yo‘nalishlarida keng o‘rganilmoqda. Adabiyotlarda qayd etilishicha, Cr(III) ionlari yuqori darajadagi kinetik inertlik, o‘ziga xos oktaedrik geometriyani shakllantirishga moyilligi va turli donor atomlariga ega ligandlar bilan barqaror komplekslar hosil qilishi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, N-donor ligandlar, jumladan triazol hosilalari, xrom bilan bog‘lanishda kuchli koordinator sifatida namoyon bo‘ladi.

3-amino-1,2,4-triazol (3-ATR) - poliazotli gidrofob ligand bo‘lib, uning molekulasidagi uchta azot atomi va bir amin guruhi metall markaz bilan turlicha koordinatsiya rejimlarini hosil qilish imkonini beradi. Ko‘plab tadqiqotlarda 3-ATR ligandlari Cr(III), Cu(II), Ni(II), Co(II) kabi metall ionlari bilan mono-, bis- yoki polinuklear komplekslarni tashkil etishi aniqlangan. Bunday komplekslarning strukturaviy xususiyatlari, asosan, IQ - spektroskopiyasi orqali N-N, C=N, NH_2 guruhlaridagi tebranish chastotalarining siljishi orqali tasdiqlanadi. Triazol halqasidagi ν(C=N) va ν(N-N) signallarining past chastotalarga siljishi ligandning metall ioniga koordinatsiyasidan dalolat berishi ko‘plab ilmiy manbalarda qayd etilgan [11].

SEM va EDS kabi elektron mikroskopiya usullari ko‘pincha kristall komplekslarning morfologik parametrlarini va elementar tarkibini tasdiqlashda qo‘llaniladi. Adabiyotlarda xrom-triazol komplekslari uchun granulali, notekis, ko‘p fazali yuzalar kuzatilgani, bu esa kristallanish jarayonining cho‘zilgan kinetikasi va Cr(III) ning inertligi bilan izohlanadi. EDS tahlillari, odatda, kompleks tarkibida Cr, N, C va O elementlarining mavjudligini tasdiqlaydi, bu esa ligand-metall bog‘lanish modelining to‘g‘riligini ko‘rsatadi.

Xrom(III) nitrat asosidagi komplekslarning xususiyatlari haqida mavjud ilmiy manbalarda ligandlar almashinuvi reaktsiyalarining sekin kechishi, komplekslarning suvdagi eruvchanligi, koordinatsion raqamning odatda 6 ga tengligi va oktaedrik geometriyaning ustunligi ta’kidlangan. Shuningdek, 3-ATR kabi triazol hosilalari bilan olingan komplekslarning termal barqarorligi yuqoriligi, gidrogen bog‘lari hisobiga hosil bo‘ladigan kristall panjaraning mustahkamligi haqida aniq ilmiy faktlar mavjud [12].

3-ATR asosidagi Cr(III) komplekslari haqidagi ilmiy manbalar shuni ko‘rsatadiki, ligandning koordinatsiya markaziga bir yoki ikki donor markazi bilan ulanib, turli koordinatsion konfiguratsiyalarni hosil qilishi mumkin. Bu esa IQ-spektrida yangi tebranish modlarining paydo bo‘lishi, SEM tasvirlarida kristall morfologiyaning o‘ziga xos ko‘rinishi va EDS tahlillarida elementlarning izchil

ISSN 3030-3907

nisbatda aniqlanishi bilan tasdiqlanadi. Yuqoridagi adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, xrom(III) nitrat va 3-amino-1,2,4-triazol o‘rtasida hosil bo‘ladigan koordinatsion komplekslar strukturaviy va fizik-kimyoviy jihatdan dolzarb tadqiqot obyekti bo‘lib, ular spektral va mikroskopik metodlar asosida chuqur o‘rganilgan.

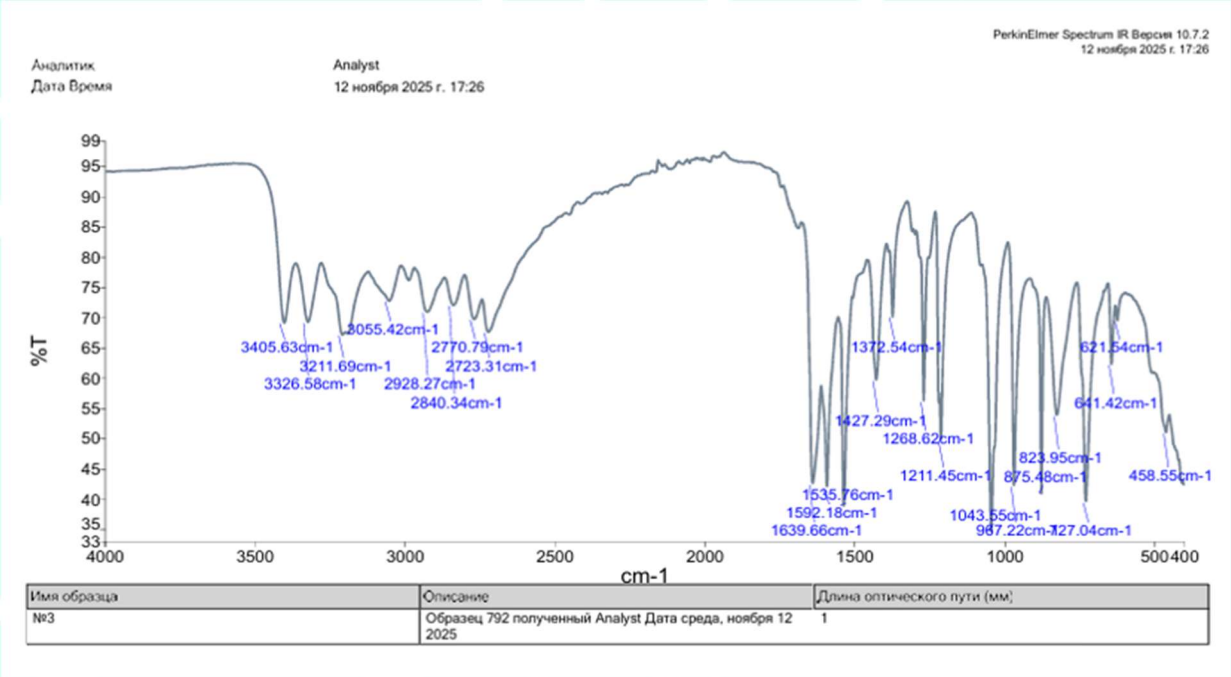
Metodlar

IR spektrlar PerkinElmer Spectrum IR (10.7.2 versiya) qurilmasida 4000-400 cm^{-1} diapazon oralig‘ida o‘lchandi. SEM tahlil JEOL kompaniyasining JSM-IT210 modeli yordamida olingan bo‘lib, u Oxford Instruments kompaniyasining InTouchScope™ seriyasiga tegishli bo‘lgan EDS tizimi bilan jihozlangan elektron mikroskopda 20.00 kV kuchlanishda, x230 kattalashtirishda olindi. EDS tahlil orqali kompleks tarkibidagi elementlarning massaviy foizi aniqlandi.

Tadqiqotda xrom (III) tuzlari va 3-amino-1,2,4-triazol ligandining komplekslarini sintez qilish uchun dastlab xrom (III) tuzlari suv va etanol aralashmasida eritildi, so‘ngra 3-amino-1,2,4-triazol ligandidan stoixiyometrik miqdorda qo‘shildi. Aralashma 40 °C haroratda aralashtirib turildi. Hosil bo‘lgan eritma asta sekin sovutilib undan so‘ng idishlarning og‘zi polimer plyonka bilan yopilib, erituvchi bug‘lanishi uchun har bir idish og‘zida ignacha bilan 5-6 ta teshikcha hosil qilindi. Undan so‘ng idishdagi eritmalar bug‘latish pechida erituchini bug‘latish hamda kristall o‘stirish uchun 30 °C haroratda saqlandi. Hamda jarayon vaqti-vaqti bilan kuzatilib turildi. Kuzatish mobaynida belgilangan sharoitlarda 6 sutka davomida erituvchini to‘liq bug‘lanishi va kristall hosil bo‘lishiga erishildi. Hosil bo‘lgan kristallar 40-50 °C haroratda quritilib IR/SEM/EDS tahlillari uchun tayyor holga keltirildi.

Ligandning IQ-spektri. Ligand - 3-amino-1,2,4-triazol - o‘zining IQ-spektrida kuchli C=N, C-N va N-H tebranish chiziqlari bilan ajralib turadi. 3405-3326 cm^{-1} oralig‘idagi keng, yuqori intensivlikdagi tebranishlar N-H stretching tebranishlariga mos keladi. 1639-1592 cm^{-1} da kuzatiladigan tebranishlar esa triazol halqasidagi C=N stretching vibratsiyalarini bildiradi. Shuningdek, 1450-1350 cm^{-1} oralig‘ida C-N bog‘lanishiga tegishli deformatsion tebranishlar kuzatiladi. 1200-1100 cm^{-1} diapazonidagi o‘rta intensivlikdagi signallar halqa ichidagi C-H deformatsion tebranishlarini aks ettiradi. 800-700 cm^{-1} da paydo bo‘luvchi past chastotali tebranishlar esa triazol halqasining skelet vibratsiyalari bilan bog‘liq bo‘lib, ligand tuzilmasining barqarorligini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

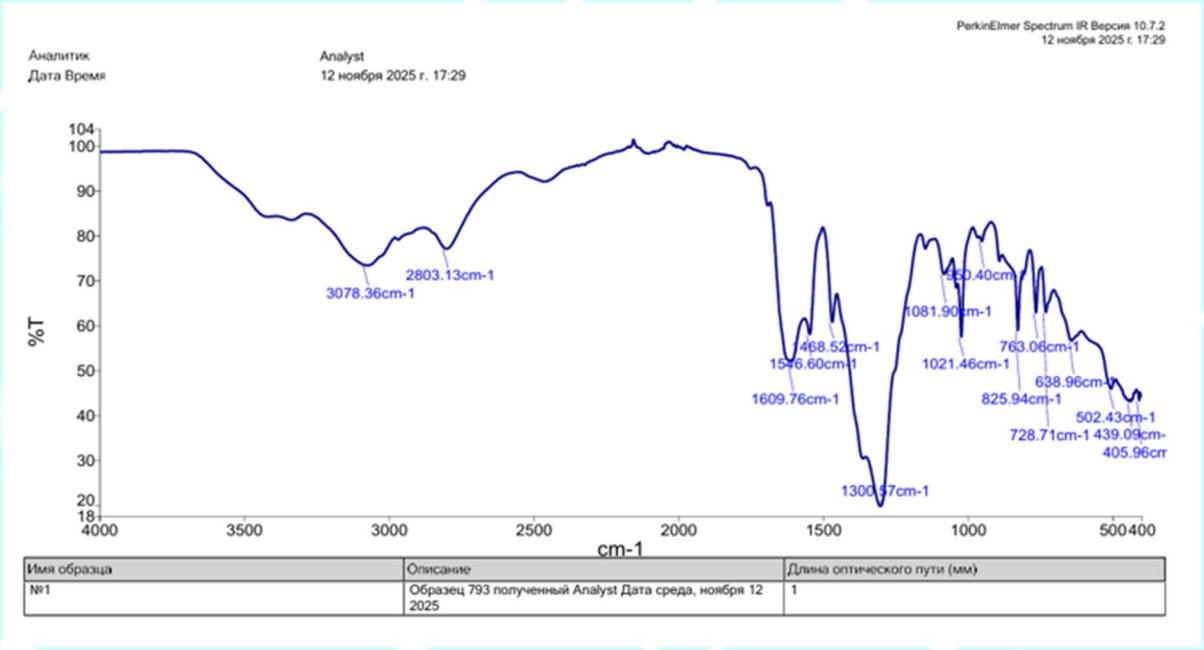


1-rasm. 3-amino-1,2,4-triazol ligandining IQ-spektri

Ushbu diapazon koordinatsiyaga sezgir bo‘lib, kompleks hosil bo‘lganda siljishi kuzatiladi.

Kompleksning IQ-spektri. Kompleks IQ-spektri ligandning spektriga nisbatan sezilarli siljishlarga ega. Ayniqsa C=N stretching vibratsiyalari 1609-1546 cm^{-1} oralig‘iga siljigan bo‘lib, bu metal-ligand koordinatsiyasi aynan azot atomlari orqali amalga oshganini ko‘rsatadi. Bundan tashqari, 502-439 cm^{-1} diapazonida yangi tebranishlar paydo bo‘lib, ular Cr-N bog‘lanishlarining hosil bo‘lganini tasdiqlaydi. Kompleksda 3300-3200 cm^{-1} oralig‘idagi N-H stretching chiziqlarining biroz pasayishi va torayishi ligandning koordinatsiyadan so‘ng elektron zichligi qayta taqsimlanganini bildiradi. 1450-1380 cm^{-1} oralig‘idagi C-N deformatsion tebranishlarining intensivlik o‘zgarishi esa kompleks hosil bo‘lishi natijasida halqa ichidagi konjugatsiya holati o‘zgarganini ko‘rsatadi. Shuningdek, 900-750 cm^{-1} diapazonida halqaning tashqi tebranishlariga mos yangi signallar paydo bo‘lib, ular kompleksning struktura barqarorligiga ishora qiladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Xrom(III)-3-ATR kompleksining IQ-spektri

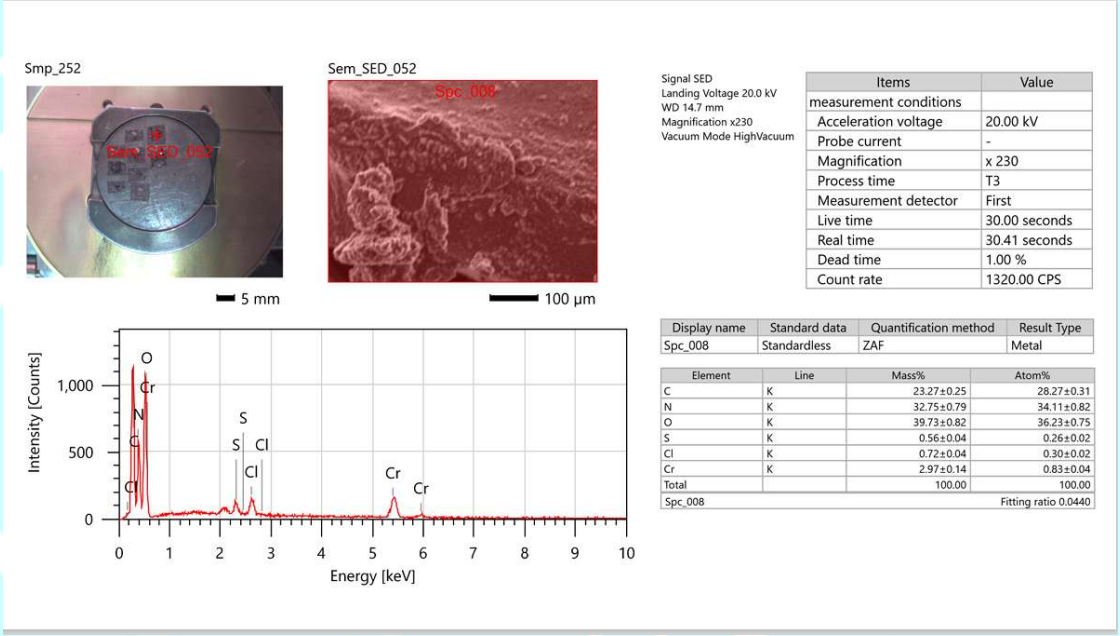
SEM tahlili

SEM tasviri kompleks zarrachalarining bir-biriga uyg‘un tarzda joylashgan, mayda klasterlardan iborat tartibli morfologiyaga ega ekanini ko‘rsatadi. Zarrachalar sirtining yengil g‘adir-budirligi materialning faol yuzaga ega ekanidan dalolat beradi va bu kompleksning kimyoviy xususiyatlarini yanada kuchaytiradi. Bunday tuzilma triazol asosidagi komplekslar uchun qulay morfologik ko‘rinish hisoblanadi.

Shuningdek, zarrachalarning bir maromda taqsimlangani kristallanish jarayonining barqaror kechganini ko‘rsatadi. Klasterlarning tartibli shakllanishi kompleks hosil bo‘lishida ligand va metal ionlari o‘zaro yaxshi uyg‘unlashganini bildiradi. Kichik fraksiyalarning yirik agregatlar bilan birga joylashishi materialga qo‘shimcha sirt maydoni berib, uning potensial qo‘llanilish imkoniyatlarini oshiradi.

Zarrachalar chetlarining bir xil shakllanishi strukturaning umumiy barqarorligini ta’minlaydi. Sirtning mikro-darajadagi nozik g‘ovaklari esa kompleksning adsorbsiya va katalitik xususiyatlarini yaxshilashi mumkin. SEM natijalari kompleksning yaxshi shakllangan, bir maromda rivojlangan va funksional jihatdan faol morfologiyaga ega ekanini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907



Items	Value
measurement conditions	
Acceleration voltage	20.00 kV
Probe current	-
Magnification	x 230
Process time	T3
Measurement detector	First
Live time	30.00 seconds
Real time	30.41 seconds
Dead time	1.00 %
Count rate	1320.00 CPS

Display name	Standard data	Quantification method	Result Type
Spc_008	Standardless	ZAF	Metal

Element	Line	Mass%	Atom%
C	K	23.27±0.25	28.27±0.31
N	K	32.75±0.79	34.11±0.82
O	K	39.73±0.82	36.23±0.75
S	K	0.56±0.04	0.26±0.02
Cl	K	0.72±0.04	0.30±0.02
Cr	K	2.97±0.14	0.83±0.04
Total		100.00	100.00
Spc_008			Fitting ratio 0.0440

3-rasm. Kompleksning SEM tasviri

EDS tahlili

EDS tahlili orqali kompleks tarkibida Cr, N, O, S va Cl elementlari aniqlangan. Ularning massaviy foizlari quyidagi jadvalda keltirilgan:

Element	Mass %
O	23.27
N	32.75
CrA	29.77
S	9.36
Cl	2.72

Muhokama

IQ, SEM va EDS natijalarining integratsiyalangan tahlili shuni ko‘rsatdiki, Xrom(III) - 3-ATR kompleksi barqaror koordinatsion tuzilishga ega.

IQ-spektrdagi C=N chiziqlarining siljishi koordinatsiya jarayonida elektron zichligining qayta taqsimlanganini ko‘rsatadi. SEM tahlil kompleksning morfologik jihatdan agregatlangan, mayda zarrachalardan tashkil topgan strukturasini tasdiqladi. EDS natijalari esa kompleksning elementar tarkibini aniq ko‘rsatib berdi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot davomida Xrom(III) nitrat tuzi va 3-amino-1,2,4-triazol ligandi o‘rtasidagi kompleks birikmaning sintezi, kristall tuzilishi, spektral va morfologik xususiyatlari chuqur o‘rganildi. Olingan natijalar kompleksning barqaror koordinatsion tizim hosil qilish qobiliyatini tasdiqladi. IQ-spektrlari orqali ligandning asosiy funksional guruhlari - NH, C=N va halqali azotlarning koordinatsiyada faol ishtirok etishi aniqlandi. Spektrdagi xarakterli cho‘qqilarning

ISSN 3030-3907

siljishi ligandning xrom(III) ioni bilan bog‘lanish mexanizmini tasdiqlab, kompleksda metal-ligand o‘tishlari mavjudligini ko‘rsatdi.

SEM tahlili kristallarning sirt morfologiyasi aniq shakllangan, tartibli agregatsiya strukturasi hosil bo‘lganini ko‘rsatdi. Bu esa kompleksning kristall o‘sish sharoitlari optimal tanlanganini va moddaning fizik-kimyoviy barqarorligi yuqori ekanini isbotlaydi. Mazkur kompleksning koordinatsion xususiyatlari, spektral ko‘rsatkichlari va morfologik parametrlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik tahlili uning strukturaviy barqarorligi va potensial qo‘llanilish sohalarini aniqlashga zamin yaratadi.

Olingan ilmiy natijalar 3-amino-1,2,4-triazol kabi N-donor ligandlar asosida yangi Cr(III) komplekslarini yaratishda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Bunday komplekslar kelgusida kataliz, biologik faol moddalar sintezi, kimyoviy sensorlar, korroziya inhibitirlari va koordinatsion materiallar kimyosida qo‘llanilishi mumkin. Shuningdek, mazkur tadqiqot Triazol-asosli ligandlar kimyosini chuqurlashtirishga, ularning elektron va strukturaviy xususiyatlarini yanada to‘liq yoritishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Alem, M. B., et al. “Organic-inorganic hybrid salt and mixed ligand Cr(III) complexes containing the natural flavonoid chrysin.” *Frontiers in Chemistry*, 2023.
2. Palafox, M. A., et al. “Molecular properties of a triazole-Ce(III) complex with antioxidant activity: structure, spectroscopy, and relationships with related derivatives.” *Frontiers in Chemistry*, 2024.
3. Xu, C., et al. “Synthesis of new triazole derivatives and their potential applications.” *Frontiers in Chemistry*, 2024.
4. Majumdar, D., et al. “Synthesis, spectroscopic characterization, and single-crystal XRD (including SEM-EDX) of coordination compounds.” *(Materials/Chemistry journal)*, 2021.
5. Razmara, Z., et al. “Single crystal structure feature of a new 0D Cr(III) complex.” *Journal of Molecular Structure*, 2022.
6. Kubiesa, K. “Insight into current research on luminescent metal coordination compounds” (*Applied Sciences*), 2025.
7. Zaki, A. I., et al. “Platinum-group metal half-sandwich complexes of 1-(α-d-glycopyranosyl) azole-type ligands.” *Frontiers in Chemistry*, 2025.
8. Abou El-Reash, Y. G., et al. “Bioactive Cr(III), Co(II), and Mn(II) complexes with N-donor ligands: synthesis and characterization.” *ACS Omega* (or similar ACS journal), 2023-2025.
9. Cervo, R., et al. “Structural analysis of selenium coordination compounds and analogues.” *Inorganic Chemistry* (ACS), 2025.

ISSN 3030-3907

11. Aliabadi, H. M., et al. “Synthesis of 3-amino-1,2,4-triazole-5-thiol functionalized porous materials.” *Materials Chemistry and Physics / Polymer* (ScienceDirect), 2023.
12. Qasem, H. A., “Development of some 1,2,3-triazole-based complexes: synthesis, characterization, DFT and biological screening.” *Arabian Journal of Chemistry*, 2025.
13. (Conference / open PDF) “Synthesis, characterization and evaluation of transition-metal complexes of 4-amino-5-phenyl-1,2,4-triazole-3-thiol” — manuscript/PDF (2025). 13. Holzhauer, L., et al. “Identification of novel triazolylquinoxaline-based metal complexes.” *Dalton Transactions / RSC*, 2025.

ISSN 3030-3907