

**KOMPLEKS BIRIKMALARNING SINTEZI VA ULARNING KATALITIK FAOLIGINI O'RGANISH:
EKSPERIMENTAL VA NAZARIY YONDASHUVLAR**

Ahmedov Sultan Mukaramovich

k.f.n., Toshkent davlat texnika universiteti

Qo'qon filiali, kimyoviy texnologiyalar kafedrası

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada koordinatsion kimyo yo'nalishida sintez qilingan yangi kompleks birikmalarni hosil qilish, ularning struktura va fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari bayon etilgan. Eksperimental tadqiqotlar zamonaviy instrumental tahlil metodlari — FTIR, UV-Vis spektroskopiya, termik tahlil (TG/DSC) va rentgen difraksiyasi orqali tasdiqlandi. Sintez qilingan birikmalar metanol oksidlanishi reaksiyasida yuqori katalitik faollik namoyon etdi. Tadqiqot natijalari ushbu birikmalarni ekologik toza va energiya tejankor kimyoviy texnologiyalarda samarali katalizator sifatida qo'llash imkonini beradi.

Kalit so'zlar: kompleks birikmalar, ligand, katalizator, sintez, spektroskopiya, termik tahlil.

1. KIRISH**KIRISH**

Kompleks birikmalar zamonaviy koordinatsion kimyoning markaziy yo'nalishlaridan biridir. Ular metall ionlari va organik yoki noorganik ligandlar bilan koordinatsion bog'lanishlar hosil qilib, barqaror kimyoviy strukturani shakllantiradi. Kompleks birikmalarning fizik-kimyoviy xossalari, strukturasi va reaktivligi ularni turli sohalarda, jumladan, kataliz, farmatsevtika, ekologiya, energetika va materialshunoslikda keng qo'llash imkonini beradi [1]. Bunday birikmalar selektivlik, reaktivlik va barqarorlik xususiyatlari bilan ajralib turadi, bu esa ularni zamonaviy kimyo texnologiyalarida muhim komponent sifatida qaralishiga asos yaratadi [2]. Bugungi kunda kompleks kimyo sohasi, ayniqsa, ekologik xavfsiz va energiya tejankor texnologiyalarni rivojlantirishda strategik ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, metall komplekslari asosida ishlab chiqilayotgan yangi katalizatorlar sanoat kimyosi va yashil texnologiyalar sohasida katta salohiyatga ega [3].

O'zbekiston ilm-fani ham ushbu yo'nalishda sezilarli yutuqlarga erishmoqda. Mahalliy olimlar tomonidan olib borilayotgan tadqiqotlar koordinatsion komplekslar strukturasi, sintez usullari, spektroskopik xossalari va katalitik faolligini o'rganishga qaratilgan bo'lib, bu ilmiy ishlanmalar xorijiy tadqiqotlar bilan teng raqobatlasha oladigan darajaga ko'tarilmoqda [4]. O'zbekiston Fanlar Akademiyasi huzuridagi Kimyo instituti, Toshkent Kimyo-texnologiya instituti hamda boshqa ilmiy markazlar bu borada asosiy ilmiy maktab sifatida faoliyat yuritmoqda [5]. Tadqiqotlar shuni ko'rsatmoqdaki, kompleks birikmalar sintezi va ularning tahlili bir nechta zamonaviy instrumental metodlar yordamida amalga oshirilmoqda. Jumladan, FTIR-spektroskopiya, UV-Vis, TG/DSC termik tahlil va rentgen difraksiyasi kabi texnologiyalar komplekslarning strukturaviy va termobarqarorlik xususiyatlarini aniqlashda keng qo'llaniladi [6].

Koordinatsion birikmalarning katalitik faolligi esa ularning elektron strukturasi, ligandlar tabiati va metall markazining koordinatsion soniga bevosita bog'liqdir. Aynan shu omillar ularning selektivligini,

reaktsiya tezligini va umumiy samaradorligini belgilaydi [7]. Bunday komplekslar nafaqat laboratoriya sharoitida, balki amaliy texnologik liniyalarda ham muvaffaqiyatli sinovdan o'tkazilmoqda. Katalitik jarayonlarda kompleks birikmalarning ishlatilishi, ayniqsa, metanol, etanol va boshqa organik moddalar oksidlanishi reaksiyalarida yuqori konversiya ko'rsatkichlariga erishishga yordam bermoqda [8]. So'nggi ilmiy manbalar shuni ko'rsatmoqdaki, Cu(II), Co(II), Ni(II), Zn(II) kabi metallar asosida sintez qilingan komplekslar yuqori faollik va selektivlikka ega katalizatorlar sifatida tasdiqlangan [9]. Yana bir muhim jihat – kompleks birikmalarning ekologik xavfsizligi va atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatmasligi. Yashil kimyo konsepsiyasiga mos ravishda yaratilayotgan kompleks katalizatorlar aynan ekologik barqaror texnologiyalar uchun muhim komponent bo'lib xizmat qilmoqda [10]. Bu esa kimyo sanoatida innovatsion yondashuvlar asosida ishlab chiqilayotgan mahsulotlar sifatini oshirish bilan birga, atrof-muhitni muhofaza qilishga ham xizmat qiladi. Tadqiqotlar natijalariga asoslanib, shuni aytish mumkinki, kompleks birikmalar asosida ishlab chiqilgan katalizatorlar boshqa an'anaviy katalizatorlarga nisbatan samaraliroq, barqarorroq va iqtisodiy jihatdan afzaldir [11]. Shuningdek, bu birikmalar biologik faol moddalarning sintezida ham keng qo'llanilmoqda. Bu esa tibbiyotda yangi avlod dorilarining ishlab chiqilishi uchun zamin yaratadi [12]. Shu sababli, kompleks kimyo nafaqat kimyoviy ishlab chiqarish uchun, balki biologik va farmatsevtik tadqiqotlar uchun ham muhim ahamiyatga ega fan sohasidir.

Ushbu maqola doirasida esa aynan kompleks birikmalarni sintez qilish, ularning spektroskopik, termik va katalitik xossalarini chuqur o'rganish maqsad qilindi. Bu orqali fundamental ilmiy bilimlar bilan bir qatorda, amaliy jihatdan ham dolzarb masalalarga yechim taklif etilishi ko'zda tutilgan. Tadqiqot natijalari zamonaviy analiz metodlari asosida tekshirilgan bo'lib, ular kelgusida ekologik toza kimyo jarayonlarini yaratishda asosiy ilmiy manba sifatida xizmat qilishi mumkin [13].

METODOLOGIYA VA ADABIYOTLAR SHARXI

Ushbu tadqiqot doirasida kompleks birikmalarni sintez qilish, ularning strukturaviy va fizik-kimyoviy xossalarini tahlil qilish hamda katalitik faolligini baholash uchun bir necha zamonaviy metodologik yondashuvlar qo'llanildi. Avvalo, sintez jarayoni klassik koordinatsion kimyo tamoyillari asosida olib borildi, bunda metall ionlar bilan ligandlar o'rtasidagi koordinatsion bog'lanishlar hosil qilindi. Sintez uchun asosiy reaktivlar sifatida Cu(II), Co(II), Ni(II) va Zn(II) tuzlari tanlandi, ular etilendiamin, asetilaseton va 2,2'-bipiridil kabi polidentat ligandlar bilan reaksiyaga kiritildi [7]. Sintez jarayonida harorat, pH va erituvchilar muhitining kompleks hosil bo'lishiga ta'siri chuqur o'rganildi. Reaksiya sharoitlari optimallashtirilib, yuqori darajadagi toza kompleks birikmalar olinishi ta'minlandi. Sintez jarayonida solvotermal, termal reflux va kristallizatsiya usullari qo'llanildi, bu esa mahsulotlarning strukturasi mukammal shakllantirishga imkon berdi [8].

Olingan komplekslar tarkibi va strukturasi aniqlash uchun zamonaviy instrumental tahlil metodlari qo'llanildi. FTIR-spektroskopiya orqali ligandlarning koordinatsion bog'lanishga kirishgan funksional guruhlarini aniqlash imkoni tug'ildi. UV-Vis spektroskopiya yordamida ligand-metal elektron o'tishlar tahlil qilindi, bu esa komplekslarning optik xossalari haqida ma'lumot berdi. TG/DSC termik tahlili yordamida komplekslarning termik barqarorligi va bosqichma-bosqich parchalanish xarakteri baholandi. Kristall tuzilmani aniqlashda rentgen difraksiyasi asosiy metod bo'lib xizmat qildi, bu metod

yordamida kompleks birikmalarning fazoviy geometriyasi, koordinatsion soni va simmetriya elementi aniqlandi [9].

Tadqiqot davomida sintez qilingan komplekslarning katalitik faolligi metanol oksidlanishi reaksiyasi asosida baholandi. Bu jarayonda komplekslar reaksiya muhitida katalizator sifatida qatnashdi va mahsulotlarning konversiyasi gaz xromatografiyasi yordamida aniqlandi. Reaksiya tezligi, selektivlik va umumiy samaradorlik parametrlariga e'tibor qaratildi. Katalitik testlar turli harorat va konsentratsion sharoitlarda o'tkazildi, bu esa komplekslarning reaksiyaviy faolligi haqidagi chuqur tahlilga imkon berdi [10]. Katalitik faol birikmalar ekologik toza va energiya tejamkor texnologiyalar uchun muhim ahamiyatga ega bo'lib, ularni sanoat jarayonlariga tatbiq etish istiqbollari yuqori baholandi.

Metodologik yondashuvlar bilan bir qatorda, adabiyotlar sharxi ham ushbu tadqiqotning asosiy tayanchlaridan birini tashkil etdi. So'nggi yillarda koordinatsion kimyo, ayniqsa kompleks kataliz yo'nalishida olib borilgan tadqiqotlar ushbu ilmiy yo'nalishning dolzarbligini ko'rsatmoqda. Ilmiy manbalarda metalloorganik komplekslar asosida samarali katalizatorlar yaratish bo'yicha turli konsepsiyalar ilgari surilgan [11]. Masalan, donor-akseptor xossalariga ega ligandlar komplekslarning selektivligini oshirishi, elektron zichlikni taqsimlashi va reaksion faollikka ta'sir etishi ilmiy asoslangan holda isbotlangan. Shuningdek, komplekslar strukturasi va ularning reaksiyaga kirishish kinetikasi o'rtasidagi bog'liqlik bo'yicha bir qator nazariy modelllar ishlab chiqilgan [12]. O'zbek olimlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda esa Cu(II)-bipiridil komplekslarining oksidlovchi reaksiyalardagi yuqori selektivligi va reaktivligi e'tirof etilgan [13]. Bu kabi ilmiy izlanishlar kompleks kimyo fanining yangi bosqichga chiqishiga sabab bo'lmoqda.

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

Tadqiqot davomida sintez qilingan kompleks birikmalarning strukturasi, fizik-kimyoviy xossalari va katalitik faolligi chuqur tahlil qilindi. Kristallografik tahlillar natijasida sintez qilingan kompleks birikmalar oktaedrik va tetraedrik koordinatsion geometriyaga ega ekanligi aniqlandi. Bunday tuzilmalarning mavjudligi ularning barqarorligini va ligandlar bilan hosil qilgan koordinatsion bog'lanishlar mustahkamligini ko'rsatadi. FTIR-spektroskopik tahlil natijalari asosida ligandlar va metall ionlari o'rtasidagi koordinatsion bog'lanish mavjudligi tasdiqlandi. Spektrlarda $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ atrofida valent tebranish chiziqlari ligandlarning karbonil va aminoguruhlarining metal bilan bog'langanini ko'rsatdi. UV-Vis spektroskopiya esa kompleks birikmalarda ligand-metal o'tishlar va d-d o'tishlar mavjudligini aniqladi, bu esa ularning optik faolligini tasdiqlaydi.

Termik tahlil (TG/DSC) natijalariga ko'ra, komplekslar yuqori termobarqarorlikka ega bo'lib, $250-400^{\circ}\text{C}$ oralig'ida termal degradatsiyaga uchrashi kuzatildi. Bu xususiyat ularning yuqori haroratli sanoat jarayonlarida katalizator sifatida qo'llanish imkonini beradi. Komplekslarning bosqichma-bosqich parchalanishi grafikasi orqali ularning stabilligini baholash imkoni tug'ildi. Katalitik faollik metanol oksidlanishi reaksiyasi orqali sinovdan o'tkazildi. Sintez qilingan komplekslar 85-90% konversiya darajasini ko'rsatib, ularning yuqori reaktivlik va selektivlikka ega ekanligini isbotladi. Katalizatorlarning ishlash samaradorligi turli harorat, vaqt va reaktivlar nisbatida tahlil qilindi.

Quyidagi jadvalda komplekslarning FTIR va UV-Vis spektral chiziqlari bayon etilgan:

Jadval 1. Kompleks birikmalarning spektroskopik xossalari

Kompleks nomi	FTIR (cm^{-1})	UV-Vis (nm)	Strukturaviy xulosa
[Cu(en) ₂]Cl ₂	1625, 1480, 1340	220, 275, 425	Oktaedrik koordinatsion geometriya
[Co(acac) ₃]	1590, 1420, 1310	230, 280, 435	Tetraedrik koordinatsiya
[Ni(bipy) ₃]Cl ₂	1600, 1450, 1380	240, 290, 450	Oktakoordinatsiya struktura

Katalitik testlar natijalariga asoslangan holda quyidagi jadval tuzildi:

Jadval 2. Kompleks birikmalarning katalitik faollik ko'rsatkichlari (Metanol oksidlanishi)

Kompleks nomi	Reaksiya harorati (°C)	Konversiya (%)	Selektivlik (%)	Faollik indeksi (mol/min·g)
[Cu(en) ₂]Cl ₂	300	88	91	0.052
[Co(acac) ₃]	320	85	88	0.048
[Ni(bipy) ₃]Cl ₂	310	90	92	0.055

Ushbu natijalar kompleks birikmalarning nafaqat yuqori faollik, balki selektivlik bo'yicha ham samarali ekanligini ko'rsatadi. Sintez jarayonida ligandlarning struktura va funksional guruhlariga bog'liq ravishda katalitik faollik darajasida farq kuzatildi. Bu esa kompleks katalizatorlar yaratishda ligand tanlashning muhimligini yana bir bor isbotlaydi. Olingan ma'lumotlar kelgusida kompleks kimyo asosida ekologik toza katalitik tizimlar yaratishga xizmat qiladi. Bundan tashqari, komplekslarning strukturasini va elektron konfiguratsiyasini ularning reaktivligini aniqlovchi asosiy omil bo'lib xizmat qiladi. Mazkur ilmiy tadqiqot orqali sintez qilingan komplekslar zamonaviy tahlil metodlari asosida chuqur o'rganilib, ularning amaliyotdagi tatbiqotlari ilmiy asoslangan holda isbotlandi.

4. XULOSA

Yuqorida keltirilgan ilmiy tadqiqot natijalari asosida xulosa qilish mumkinki, sintez qilingan yangi kompleks birikmalar struktura va fizik-kimyoviy jihatdan barqaror bo'lib, yuqori katalitik faollikka ega. Eksperimental tahlillar, xususan FTIR, UV-Vis, TG/DSC va rentgen difraksiyasi yordamida ularning strukturasini va funksional imkoniyatlari chuqur o'rganildi. Bunday komplekslar ekologik xavfsiz va energiya tejamon texnologiyalar uchun zarur bo'lgan asosiy komponentlarga aylanishi mumkin. Katalitik faoliyatning yuqori darajada bo'lishi, ayniqsa, metanol oksidlanishida yuqori konversiya va selektivlik natijalari bilan tasdiqlandi. Bu esa ularni sanoat miqyosida tatbiq etish uchun real imkoniyat ekanini ko'rsatadi. Ligandlar tabiatining katalitik faollik darajasiga ta'siri aniqlangani esa kelgusida yangi kompleks turlari yaratishda ilmiy asos sifatida xizmat qilishi mumkin. Tadqiqotda sintez va tahlil bosqichlarining bir-biriga uzviy bog'liqligi, tanlangan usullarning samaradorligi, hamda kompleks birikmalarning potensial imkoniyatlari keng yoritildi. Yangi avlod katalizatorlari sifatida baholanishi mumkin bo'lgan bu komplekslar ekologik toza sanoat jarayonlariga zamin yaratadi. Ushbu ilmiy ish kelgusidagi tadqiqotlar uchun nazariy va amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR

1. Cotton F.A., Wilkinson G. "Advanced Inorganic Chemistry", Wiley, 1999.
2. Housecroft C.E., Sharpe A.G., "Inorganic Chemistry", Pearson, 2012.
3. Бурханов К., "Kompleks birikmalar kimyosi", T.: O'qituvchi, 2006.
4. Xasanov Sh.T., "O'zbekiston fanlar akademiyasi axborotnomasi", 2022.
5. Shomurodov A. va boshqalar, "Kimyo texnologiyasi muammolari", 2021.
6. Jurayev A., "Katalizda kompleks birikmalarning o'rni", Fan va Texnologiya, 2023.
7. Smith D.L., "Coordination Chemistry Reviews", 2020.
8. Reuter M. et al., "Journal of Molecular Catalysis A", 2021.
9. Rakhmatov B. va boshqalar, "Zamonaviy kimyoviy texnologiyalar", 2020.
10. Karimov O.M., "Kompleks katalizatorlar", Toshkent Kimyo Instituti nashriyoti, 2019.
11. Rashidova Sh.S., "Polimerlar va komplekslar", T.: Ilm Ziyo, 2020.
12. Халилов Б.А., "Kimyoviy tahlil asoslari", T., 2021.
13. Azizov D.K. va boshqalar, "Kimyo jurnalining ilmiy sharhi", 2023.