

BENZIMIDAZOL HOSILALARINING 3d-METALLAR BILAN HOSIL QILGAN KOMPLEKS BIRIKMALARI VA ULARNING KATALITIK XOSSALARI

Valiyeva Shoxista Muxammadisoyevna

Namangan davlat texnika universiteti tayanch doktoranti

Sattarov To'liqinjon Abdusattor o'g'li

University of Business and Science dotsenti

E-mail: shohistavaliyeva96@gmail.com

E-mail: tulkin.com@mail.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada benzimidazol hosilalarining 3d-metallar bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining tuzilishi, koordinatsiya xususiyatlari va katalitik faolligi tahlil qilingan. Benzimidazolning geterotsiklik tabiatiga ega ikki tishli ligand sifatidagi afzalliklari, elektron-donor azot atomlari orqali metall ionlarini barqarorlashtirish hamda funksional guruhlar bilan modifikatsiya qilish imkoniyati ko'rib chiqilgan. Tadqiqot natijalari 3d-metall–benzimidazol komplekslarining ekologik xavfsiz, selektiv va samarali katalizator sifatida qo'llanilish imkoniyatlari yuqori ekanini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: 3d-metallar, benzimidazol hosilalari, katalitik xossa, yashil kimyo, komplekslar, geterosiklik birikmalar

КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИМИДАЗОЛА С 3d-МЕТАЛЛАМИ И ИХ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Валиева Шохиста Мухаммадисоевна

Наманганский государственный технический университет, докторант

Саттаров Тўлқинжон Абдусаттор ўғли

University of Business and Science, доцент

E-mail: shohistavaliyeva96@gmail.com

E-mail: tulkin.com@mail.ru

Аннотация: В данной работе рассмотрены структурные особенности и каталитическая активность комплексных соединений производных бензимидазола с 3d-металлами. Проанализированы координационные свойства бензимидазола как би- или полидентатного лиганда, его способность стабилизировать ионы металлов за счёт электронодонорных атомов азота, а также влияние заместителей на каталитическую активность комплексов. Полученные результаты подтверждают перспективность использования таких комплексов в качестве селективных и экологически безопасных катализаторов.

Ключевые слова: 3d-металлы, производные бензимидазола, каталитические свойства, зеленая химия, комплексы, гетероциклические соединения.

COMPLEX COMPOUNDS OF BENZIMIDAZOLE DERIVATIVES WITH 3d-METALS AND THEIR CATALYTIC PROPERTIES

Valieva Shohista Muxammadisoyevna

Namangan State Technical University, PhD student

Sattarov Tulkinjon Abdusattor ugli

University of Business and Science, associate professor

E-mail: shohistavaliyeva96@gmail.com

E-mail: tulkin.com@mail.ru

Abstract: This article provides a comprehensive analysis of the structural characteristics and catalytic behavior of benzimidazole-based complexes with 3d-transition metals. The coordination abilities of benzimidazole as a bi- or multidentate ligand, its electron-donating nitrogen sites, and the effect of functional group modification on catalytic performance are discussed. The results highlight the high potential of 3d-metal–benzimidazole complexes as selective, efficient, and environmentally friendly catalysts.

Keywords: 3d-metals, benzimidazole derivatives, catalytic properties, green chemistry, complexes, heterocyclic compounds

Kirish

So‘nggi yillarda organik azotli geterotsiklik birikmalar asosida kompleks hosil qiluvchi ligandlar kimyosi jadal rivojlanmoqda. Ular orasida benzimidazol va uning hosilalari alohida o‘rin egallaydi. Benzimidazol molekulasi tarkibidagi ikkita azot atomi metall ionlari bilan koordinatsiyalanish qobiliyatiga ega bo‘lib, bu uni samarali ligand sifatida ishlatish imkonini beradi. Shu sababli benzimidazol asosidagi kompleks birikmalar kataliz, biologik faol moddalarning sintezi, elektroximik jarayonlar va materialshunoslik yo‘nalishlarida keng qo‘llanilmoqda.

3d-metallar bilan benzimidazol hosilalari o‘rtasidagi koordinatsiya ularning elektron va geometrik xususiyatlarini o‘zgartiradi, bu esa ularning katalitik faolligini belgilovchi asosiy omillardan biridir [1]. Kompleks birikmalar kimyosi zamonaviy noorganik va bioorganik kimyoning muhim bo‘limlaridan biri hisoblanadi. Ular asosida turli xil materiallar, dori vositalari, sanoat katalizatorlari hamda biologik faol moddalarning sintezi olib boriladi. Shu bois, benzimidazol hosilalarining 3d-metallar bilan komplekslarini o‘rganish nafaqat ularning tuzilishi va barqarorligini, balki katalitik mexanizmlarini tushunish uchun ham muhimdir [2].

Adabiyotlar tahlili

Benzimidazol va uning hosilalari ligandlar ichida alohida ahamiyat kasb etadi. Uning azot atomiga boy geterotsiklik tuzilmasi, bir nechta koordinatsiya markazlarini tashkil qilishi va turli xil funksional guruhlar bilan modifikatsiya qilinishi uni ko‘p qirrali ligandga aylantiradi. Benzimidazol asosidagi komplekslar biologik faolligi, metalloprotein modellariga o‘xshashligi va termik barqarorligi bilan keng o‘rganilgan. So‘nggi yillarda benzimidazol hosilalari ishtirokidagi 3d-metall komplekslari turli katalitik jarayonlarda samarali ishlatilmoqda. Jumladan, oksidlovchi, gidroksillovchi, gidrogenlashtiruvchi, kondensatsion va polimerizatsiya reaksiyalarida bu komplekslar yuqori selektivlik va samaradorlik ko‘rsatmoqda. Ularning molekulyar tuzilmasi va elektron xossalari katalitik faollikni bevosita belgilaydi [3]. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, Cu(II), Co(II),

Ni(II) va Fe(III) komplekslari turli oksidlanish-qaytarilish, gidrogenlash, gidroliz va C–C yoki C–N bog‘ hosil qiluvchi reaksiyalarda samarali katalizator sifatida ishlatiladi. Masalan, Cu(II)-benzimidazol komplekslari arilaminlar yoki nitrobirikmalarni qaytaruvchi katalizator sifatida yuqori faollik ko‘rsatgan [4]. Shuningdek, ligandning halqasiga turli elektron-beruvchi yoki elektron-tortuvchi guruhlar kiritish orqali metall markaz atrofidagi elektron zichlikni boshqarish mumkinligi, natijada katalitik faollik sezilarli darajada o‘zgarishi ham ko‘plab tadqiqotlarda qayd etilgan [5]. Bunday kompleks birikmalar keng turdagi kimyoviy o‘zgarishlar — oksidlanish, qaytarilish, C–C va C–N bog‘ hosil qiluvchi birikmalar, gidroliz, polimerlanish kabi reaksiyalarda samarali katalizator sifatida qo‘llaniladi [6]. Ayniqsa, Fe, Co, Ni, Cu va Zn kabi 3d-metallarning benzimidazol hosilalari bilan hosil qilgan komplekslari yuqori faollik, selektivlik va ekologik xavfsizlik xususiyatlari bilan ajralib turadi. Sutradhar, M., Roy Barman, T. lar Cu(II) va Fe(III) komplekslari mikroto‘lqin yordamida alkogollarni oksidlanishida samarali katalizator sifatida ishlatilgan [7], Chandrakala.M o‘z ilmiy ishida Fe(III), Co(II) va Cu(II) ionlari bilan 2-salisiliden-4-aminofenil benzimidazol komplekslari sintez qilinib, ularning katalitik faolligi o‘rgangan [8].

Ushbu tadqiqotlar 3d-metallarning benzimidazol hosilalari bilan qilgan komplekslarining katalitik reaksiyalarda keng qo‘llanilishini ko‘rsatadi.

Tadqiqot metodologiyasi

Benzimidazol va uning hosilalarini ligand sifatida ahamiyati quyidagi jihatlar bilan belgilanadi: Benzimidazol – bu ikki halqali geterotsiklik birikma bo‘lib, uning tuzilmasi benzol va imidazol halqalarining kondensatsiyalanishi natijasida hosil bo‘ladi. Molekuladagi imidazol halqasida joylashgan ikkita azot atomi (N(1) va N(3)) turli xil koordinatsion usullar bilan metall ionlariga birikish qobiliyatiga ega. Ayniqsa, N(3) holatidagi azot atomining elektron juftligi koordinatsiya markaziga aylanishda muhim rol o‘ynaydi [9].

Helat hosil qilish xususiyati. Benzimidazol molekulasida oddiy ikki tishli ligand bo‘lishi mumkin, biroq ko‘p hollarda u boshqa donor guruhlari (OH,

COOH, SH, NH₂, va b.q.) bilan birga ko‘proq koordinatsion markazlarni ta‘minlab, bitta metall ionini qamrab oluvchi helat hosil qiladi. Bu esa kompleksning barqarorligini oshiradi va ularning katalitik faolligiga ijobiy ta‘sir ko‘rsatadi.

Hosilalari orqali funksional diversifikatsiya. Benzimidazolning turli joylariga funksional guruhlar kiritish (masalan, aril, alkil, karboksil, sulfonil guruhlar) orqali ligandning: elektron xossalari (donor/akseptor harakteri), stereohajmiy o‘zgaruvchanligi, va eruvchanlik kabi parametrlarini o‘zgartirish mumkin. Bu modifikatsiyalar natijasida komplekslarning katalitik reaksiyalarda selektivligi va reaksiyaga kirishish tezligi boshqarilishi mumkin bo‘ladi.

Natijalar va ularning tahlili

Quyida ushbu komplekslarning katalitik jarayonlardagi asosiy qo‘llanilish yo‘nalishlari ko‘rib chiqiladi:

Oksidlovchi kataliz. Benzimidazol asosidagi Cu(II), Mn(II), Co(II) komplekslari turli oksidlovchi jarayonlarda (masalan, alkollarni ketonlarga aylantirish, C–H aktivatsiyasi, olefinlar epoksidlanishi) samarali katalizatorlar sifatida ishlatiladi. Misol: Cu(II)-bzim kompleksi bilan benzil spirti → benzaldegid (H₂O₂ ishtirokida) o‘ta tanlovchanlik va ekologik toza sharoitlar suvli yoki neytral muhitlarida;

Gidrogenlashtirish reaksiyalari. Benzimidazol asosidagi Ni(II), Co(II) komplekslari gidrogen gazining molekulalarga qo‘shilishi (masalan, alkenlar yoki nitro birikmalarning gidrogenlanishi) jarayonida yuqori faollikka ega. Ular palladiy kabi qimmatbaho metallarga alternativ hisoblanadi. Misol: Nitrobenzol → anilin (H₂ ishtirokida, Ni-bzim kompleks bilan);

Gidroksillanish va C–C bog‘ hosil qilish. Ba’zi Cu(II) va Mn(III) komplekslari aromatik halqalarni gidroksillash, C–H aktivatsiyasi orqali yangi C–C bog‘ hosil qilish kabi reaksiyalarda ishtirok etadi. Misol: Fenol → katexol/tetraxidroksibenzol arillar bilan Grignard reaksiyasi yoki Suzuki reaksiyalarida katalizator sifatida;

Kondensatsiya va sikl hosil qiluvchi reaksiyalar. Zn(II), Cu(II) va Co(II) komplekslari Skraup, Knoevenagel, Mannix kabi kondensatsion reaksiyalarda foydalaniladi. Ular o'zining kislotali va Lyus kislotasi xususiyatlari bilan reaksiyani faollashtiradi. Misol: Aldegid + malon kislotasi $\rightarrow$ α,β -to'yingan bo'lmagan karbonil birikma (Zn-bzim katalizatori ishtirokida);

Polimerizatsiya katalizi. Ba'zi 3d-metall komplekslari olefinlar polimerizatsiyasi yoki laktid/laktonlar ring-opening polimerization (ROP) reaksiyalarida ishlatiladi. Ular barqaror metall-ligand tizimi bilan yuqori molekulyar massali va kam tarqoq polimerlar hosil qiladi.

Yashil kimyo va geterogen kataliz. Ko'p hollarda bu komplekslar qattiq fazadagi (geterogen) katalizatorlarga aylantiriladi. Masalan, metall-organik karkaslar (MOF) shaklida ishlatilib, ekologik toza sharoitda, qayta-qayta ishlatiladigan katalizator sifatida xizmat qiladi.

Bio-kataliz va dori moddalari sintezida qo'llanish istiqbollari. Benzimidazol va uning hosilalari 3d-metall ionlari bilan mustahkam kompleks birikmalar hosil qilish xususiyatiga ega bo'lib, ular turli sohalarda, ayniqsa katalitik jarayonlarda keng qo'llanilmoqda [10].

Istiqbolli yo'nalishlaridan:

1. Bioaktivlikni o'rganish: Ko'plab benzimidazol komplekslari antibakterial, antitumor va antifungal faollik ko'rsatgan. Ularning farmatsevtika sohasida qo'llanilishi istiqbolli yo'nalishlardan biridir.

2. Yashil kimyo uchun katalizatorlar: Ekologik toza sharoitlarda (suvli muhit, past harorat) ishlaydigan katalizatorlar yaratish va ularni sanoat miqyosida tadbiq qilish dolzarb vazifalardan hisoblanadi [11].

Umuman olganda, 3d-metallarning benzimidazol hosilalari bilan kompleks birikmalari kelajakda ekologik toza va samarali katalitik tizimlar yaratishda asosiy qurilish bloklaridan biri bo'lishi mumkin.

Xulosa

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, 3d-metallarning benzimidazol hosilalari bilan kompleks birikmalari yuqori barqarorlik va biologik faollikka ega. 3d-metall komplekslari katalizda muhim o'rin tutadi. Benzimidazol asosidagi ligandlar ularning strukturasini va faolligini belgilovchi asosiy faktor hisoblanadi. 3d-metallarning benzimidazol hosilalari bilan komplekslari nafaqat barqaror koordinatsion strukturalarga ega, balki bir qator zamonaviy katalitik jarayonlar uchun samarali va ekologik xavfsiz katalizatorlar bo'lib xizmat qiladi. Ularning struktura-xossa bog'liqligi chuqur o'rganilishi natijasida yangi samarali katalitik tizimlar yaratish mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Elkanzi, N. A., Ali, A. M., Albqmi, M. va Abdu, A Benzimidazole based new iron(III) and chromium(III) complexes: Synthesis, characterization, DFT calculations, biological, molecular docking and anti-inflammatory studies // Applied Organometallic Chemistry, – 2022. – T. 36. – №. 11. – C. e686
2. Ganesan S, Abhijith K.S, Ekambaram B Tandem Multicomponent Reactions for Diverse Heterocycles Synthesis Under 3d- Transition Metal Catalysis //Topics in Organometallic Chemistry, 2023 . Vol.73. pp. 129-171.
3. Vogiatzis, K. D., Polynski, M. V., Kirkland, J. K., Townsend, J., Hashemi, A., Liu, C., & Pidko, E. A. Computational approach to molecular catalysis by 3d transition metals: challenges and opportunities // Chemical reviews. – 2018. – T. 119. – №. 4. – C. 2453-2523.
4. G Ahuja, K Mahiya Copper(II) complex of N,N'-bis-(benzimidazol-2-yl-methyl))-hexane-1,6-dicarboxamide ligand: synthesis, structure and catalytic oxidation of amines in ionic liquid // Transition Metal Chemistry. – 2024. – T. 49. – №. 2. – C. 121-128.
- 5 Booth, R.L., Whitwood, A.C., & Duhme-Klair, A.K. (2024). Effect of Ligand Substituents on Spectroscopic and Catalytic Properties of Water-Compatible Cp* Ir-(pyridinylmethyl) sulfonamide-Based Transfer Hydrogenation Catalysts// Inorganic Chemistry,– 2024. – T. 63. – №. 8. – C. 3815-3823.

7. Sutradhar, M., Roy Barman, T., Pombeiro, A. J., & Martins, L. M. (2019). Cu (II) and Fe (III) complexes derived from n-acetylpyrazine-2-carbohydrazide as efficient catalysts towards neat microwave assisted oxidation of alcohols// International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Т. 21. – №. 8. – С. 2832.
8. Chandrakala M Reactions of Fe(III), Co(II) and Cu(II) Ions with 2-Salicylidene-4-aminophenyl Benzimidazole , Asian Journal of Chemistry, 2019, Vol.31(1). pp. 73-78. DOI: 10.14233/ajchem.2019.21518.
9. Лаптев Р.С., Ковалев Н.Е. Синтез и каталитические свойства комплексов на основе Cu(II) и бензимидазола // Журнал общей химии, 2021. Т.91(7). С. 1285–1292.
10. Шевченко Н.А., Дмитриев А.В. Химия бензимидазола: свойства и применение // Успехи химии, 2020. Т. 89(3). С. 211–225.
11. Singh A., Yadav J., Tiwari A. et al. Catalytic applications of 3d-transition metal complexes with N-heterocyclic ligands: recent developments // Catalysis Reviews, 2020. Vol. 62(3). pp 405–456.