

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.04.2022.K.78.05 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

---

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI**

**MUQUMOVA GULVAR JUMAYEVNA**

**BA'ZI 3D-METALLARNING IKKI ASOSLI KARBON KISLOTALARNI  
IMMOBILLASH ASOSIDA OLINGAN POLIMER LIGANDLAR BILAN  
KOMPLEKS BIRIKMALARI SINTEZI, TUZILISHI VA XOSSALARI**

**02.00.01-Noorganik kimyo**

**KIMYO FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Termiz– 2024**

**Kimyo fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора (DSc) химическим наукам**

**Table of contents of the abstract of the dissertation of the doctor (DSc) of chemical sciences**

**Muqumova Gulvar Jumayevna**

Ва’зи 3d-metallarning ikki asosli karbon kislotalarni immobilash asosida olingan polimer ligandlar bilan kompleks birikmalari sintezi, tuzilishi va xossalari..... 3

**Мукумова Гулвар Жумаевна**

Синтез, строение и свойства комплексных соединений некоторых 3d-металлов с полимерными лигандами на основе иммобилизации двухосновных карбоновых кислот..... 29

**Mukumova Gulvar Djumaevna**

Synthesis, structure and properties of complex compounds of some 3d-metals with polymeric ligands based on the immobilization of dibasic carboxylic acids..... 57

**E’lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 61

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.04.2022.K.78.05 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

---

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI**

**Muqumova Gulvar Jumayevna**

**BA'ZI 3D-METALLARNING IKKI ASOSLI KARBON KISLOTALARNI  
IMMOBILLASH ASOSIDA OLINGAN POLIMER LIGANDLAR BILAN  
KOMPLEKS BIRIKMALARI SINTEZI, TUZILISHI VA XOSSALARI**

**02.00.01-Noorganik kimyo**

**KIMYO FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Termiz– 2024**

**Kimyo fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.DSc/K192 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Termiz davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (tersu.uz) va «ZiyoNet» axborot ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy maslahatchi:**

**Turayev Xayit Xudaynazarovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Kadirova Shahnoza Abduxalilovna**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Ibragimov Aziz Baxtiyarovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Raxmanberdiyev Gappar Raxmanberdiyevich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Samarqand davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Termiz davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/30.04.2022.K.78.05 raqamli Ilmiy kengash asosidagi bir martalik Ilmiy kengashning «30» XI 2024 yil soat 10<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Dissertatsiya bilan Termiz davlat universitetining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№ 265 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43-uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «11» XI kuni tarqatildi.

(2024 yil «11» XI dagi 1 raqamli reyestr bayonnomasi).



**Z.Z.Yaxshiyeva**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash raisi, k.f.d., prof.

**Yu.A.Geldiyev**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash kotibi, k.f.f.d.

**O.N.Ro'zimiradov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash asosidagi  
bir martalik ilmiy seminar  
raisi, k.f.d., prof.

## **KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Bugungi kunda dunyoda sanoat korxonalarining 70 foizdan ortig'ida ishlatiladigan suvlar zaharli metall ionlari bilan zararlanmoqda va buning asosiy manbalari bo'lgan ko'mirga asoslangan issiqlik elektr stansiyalari, elektroqoplama sanoati, neftni qayta ishlash zavodlari, chiqindilarni qayta ishlash, qishloq xo'jaligi, tog'-kon gidrometallurgiya sanoatida, transport, oziq-ovqat va farmatsevtika kabi sanoatlardan hosil bo'ladigan og'ir metallar, organik, noorganik moddalar, bo'yoqlar, pestitsidlar kabi jiddiy ifloslantiruvchi moddalar oqova suvlar bilan daryolar, ko'llar, hovuzlar yoki drenajlarga to'g'ridan-to'g'ri tashlanmoqda. Yuqorida keltirilgan, muammolarning yechimi sifatida bugungi kunda oqova suvlarni dastlabki va ikkilamchi tozalashda, tejamkor texnologiyalar asosida kompleks hosil qiluvchi sorbentlar-polimer ligandlardan keng foydalanilmoqda. Polimer ligandlarni tabiiy materiallar, sanoat va qishloq xo'jaligining ayrim chiqindilari asosida iqtisodiy jihatdan arzon, shuningdek, tarkibida oltingugurt, kislorod, azot bo'lgan kompleks hosil qiluvchi birikmalardan olish hamda ularni sanoatning turli tarmoqlarida qo'llash zamonaviy chiqindisiz texnologiyalar asosidagi ishlab chiqarish jarayonlarini amalga oshirishda muhim ahamiyatga ega.

Jahonda polimer ligandlar sintezi va ular yordamida murakkab eritmalardan metall ionlari sorbsiyasiga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda. Bu borada tarkibida azot, fosfor, oltingugurt bo'lgan kompleks hosil qiluvchi ligandlar sintezi, ularning fizik-kimyoviy xossalari, dinamik hamda statik sharoitda ligandlarning sorbsion sig'imini, sorbsiya-desorbsiya jarayonlariga turli omillar ta'sirini aniqlash, ular yordamida texnologik eritmalarini og'ir va zaharli metallar ionlaridan tozalash, murakkab eritmalardan metallarni ajratib olish, metallarni kompleks birikmalar ko'rinishida tanlovchan ajratish, ligandlarning turli agressiv muhitlardagi sorbsion qobiliyatlarini aniqlashga alohida e'tibor berilmoqda.

Mamlakatimizda kimyo sanoatining yangi turdagi materiallar ishlab chiqarish yo'nalishida muayyan natijalarga erishilmoqda, jumladan mahalliy bozorni import o'rnini bosuvchi kimyoviy reagentlar bilan ta'minlash sohasida keng ko'lamli qator tadbirlar amalga oshirilmoqda. Respublikamizda, innovatsion texnologiyalarni tatbiq etish orqali sanoat obyektlarini yuritishning ilmiy asoslangan tizimi va atrof-muhitni muhofaza qilishning chora-tadbirlarini amalga oshirishga katta e'tibor qaratilmoqda. "Yangi O'zbekistonning 2022–2026-yillardagi taraqqiyot strategiyasida"<sup>1</sup> iqtisodiyotni rivojlantirish ustuvor yo'nalishlari belgilangan hamda mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida, yuqori qo'shimcha qiymatli tayyor mahsulot ishlab chiqarishni yanada jadallashtirish, sifat jihatdan yangi mahsulot va texnologiya turlarini o'zgartirish masalalari alohida belgilab qo'yilgan. Bu borada milliy iqtisodiyotning yetakchi tarmoqlarini, jumladan, kimyo sanoatini rivojlantirishda, yo'naltirilgan organik sintez asosida tanlovchan sorbentlar – polimer ligandlar olish va ular yordamida d-metallar sorbsiyasida hosil

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni

bo'ladigan kompleks birikmalarni tadqiq etish dolzarb vazifalardan bo'lib, muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-sonli "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi farmoni, 2017-yil 29-avgustdagi PQ-3246-son "Kimyo sanoati tashkilotlarining eksport-import faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi, 2018-yil 17-yanvardagi PQ-3479-son "Mamlakat iqtisodiyoti tarmoqlarining talab yuqori bo'lgan mahsulot va xomashyo turlari bilan barqaror ta'minlash chora-tadbirlari to'g'risida"gi va 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265-son "Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

#### **Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi<sup>2</sup>.**

Ba'zi 3d-metallarning ikki asosli karbon kislotalarni immobillash asosida olingan polimer ligandlar bilan kompleks birikmalari sintezi, tuzilishi va xossalarini aniqlash, immobillangan ligandlar asosidagi sorbsion sistemalar olish, shuningdek, ushbu sorbsion sistemalarning real obyektlarda turli metall ionlarini sorbsiyalashda qo'llanilishi bo'yicha dunyoning yetakchi ilmiy markazlarida ilmiy-tadqiqotlar amalga oshirilmoqda, jumladan: Pensilvaniya shtat universiteti ekotizim fanlari va menejmenti va materiallar tadqiqot instituti (AQSh), Toronto universiteti (Kanada), Jiangsu universitetining kimyo va kimyoviy muhandislik maktabi (Xitoy), Koreya universitetining atrof-muhit muhandisligi instituti (Janubiy Koreya), Veer Narmad Janubiy Gujarat universiteti (Hindiston), Leyden kimyo instituti (Gollandiya), Baku davlat universiteti (Ozarbayjon), Ivanovo davlat kimyo va texnologiya universiteti (Rossiya), Belarus Milliy Fanlar akademiyasining Fizikaviy organik kimyo instituti (Belarusiya), A.B.Bekturov nomidagi kimyo instituti (Qozog'iston), O'zbekiston Milliy universiteti, O'zR FA umumiy va noorganik kimyo instituti, Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti (O'zbekiston).

Ba'zi d-metallar ionlarini tarkibida O,N,S donor atomlari bo'lgan birikmalarni polimer matritsalariga immobillash asosida olingan polimer ligandlar bilan kompleks hosil qilishi, xossalarini aniqlash hamda real ob'ektlarda qo'llash bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar davomida quyidagi bir qator natijalar olingan, jumladan, ba'zi d- va f-metallar ionlarining 2-propenilfenol va formaldegid asosida sintez qilingan karboksilatli sorbentlarda kompleks hosil qilib sorbsiyalanishi aniqlangan (Baku davlat universiteti, Ozarbayjon), og'ir metal ionlarining xitozanning karboksilatli hosilalariga tanlovchan sorbsiya jarayoni ilmiy asoslangan (Jiangsu universitetining kimyo va kimyoviy muhandislik maktabi, Xitoy), salitsil kislotaga, 8-

---

<sup>2</sup> Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi <http://www.scholar.google.com>, <http://www.sciencedirect.com> va boshqa manbaalar materiallari asosida tayyorlangan.

oksixinolin kabi ligandlarni immobillash asosida olingan sorbentlarda Cu (II), Ni (II), Zn (II), Cd (II) ionlari sorbsiyasining maqbul sharoitlari aniqlangan (Veer Narmad South Gujarat University, Hindiston), modifikatsiyalangan poliakrilonitril asosida sorbentlar olingan va ular yordamida nodir metallar sorbsiyasi qonuniyatlari ochib berilgan (Gaziantep University, Turkiya), N-aril-3-aminopropion funksional guruhli xelat hosil qiluvchi sorbentlar olingan va kompleks hosil qiluvchi reagentlarni xitozan matritsaga kovalent immobillash asosida olingan sorbentlarning xossalari aniqlangan (Ural federal universiteti, Rossiya), immobillangan azoreagentlar yordamida real obyektlar tarkibidagi turli metall ionlarini miqdoriy aniqlashning sorbsion-spektrofotometrik va sorbsion-atom-absorbsion usullari ishlab chiqilgan (O‘zbekiston Milliy universiteti, O‘zbekiston).

Dunyoda tarkibida kislorod, azot, oltingugurt bo‘lgan kompleks hosil qiluvchi birikmalarni polimer matritsalariga immobillash asosida olingan tanlovchan polimer ligandlar yordamida d-metallar ionlarini turli eritmalaridan kompleks hosil qilib sorbsion ajratish bo‘yicha quyidagi ustuvor yo‘nalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda, jumladan, olingan kompleks hosil qiluvchi polimer ligandlarning fizik-kimyoviy xossalarini, ular tarkibidagi o‘rinbosarlar tabiatining hosil bo‘lgan kompleks birikmalar barqarorligiga ta‘sirini aniqlash, metall-sorbent sistemalarining hosil bo‘lish jarayonini modellash yordamida metall ionlarini murakkab eritmalaridan tanlovchan ajratish imkonini beruvchi sorbsion sistemalarni ishlab chiqish.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Xorijda immobillangan polimer ligandlar sintezi va ularning oraliq metallar bilan sorbsiya jarayonida olingan koordinatsion birikmalariga doir tadqiqotlar olib borilgan bo‘lib, D.K.Singh, Wang Jinnan, A.Wołowicz, S.Tong kompleks hosil qiluvchi turli analitik reagentlar asosidagi sorbentlar sintezini, M.H. Morcali, R.P.Kusy, M.Murakami, D.Mendil, P.P.Coetzee kabi yetuk olimlar shuningdek, MDH ning bir qator dunyo e’tirof etgan olimlaridan N.G.Polyanskiy, G.V.Myasoyedova, L.K.Neudachina, L.A.Pimneva, A.V.Davankov, Y.A.Kokotov, N.N.Basargin, D.V.Salixov, O.V.Kichigin., V.F.Borbat kabi olimlar kompleks va xelat hosil qiluvchi ionit hamda sorbentlar sintezi, ularning oraliq d-metallar bilan sorbsiyalash, ajratish usullarini va sorbsiyada hosil bo‘lgan kompleks birikmalarini o‘rganganlar.

Mamlakatimizda kompleks birikmalarning sintezi, tuzilishi va xossalarining tadqiqot ishlari bilan akademiklar N.A.Parpiyev, B.T.Ibragimov, professorlar: X.X.Xakimov, X.T.Sharipov, O.F.Xodjayev, T.A.Azizov, A.A.Shabilolov, B.B.Umarov, X.X.Turayev, Sh.A.Kadirova, Z.Ch.Kadirova, Sh.Sh.Daminova, A.B.Ibragimov, J.M.Ashurov va Sh.A.Kasimov kabi olimlar shug‘ullanganlar.

Ular tomonidan kompleks hosil qiluvchi sorbentlarning oraliq metallar analizida qo‘llanilishi, sorbsiya jarayonida hosil bo‘lgan koordinatsion birikmalarining tuzilishi va xossalari tahlil qilingan. Lekin xelat hosil qiluvchi polimer ligandlarning oraliq metallar ionlari bilan hosil qilgan koordinatsion birikmalari va ularning tuzilishi yetarli darajada o‘rganilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Termiz davlat universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining F-7-28

«To'rtlamchi azot va fosfor birikmalari asosida binar ekstragentlar sintezi va ularning nodir metallar bilan koordinatsion birikmalari» (2012-2016 yy.) va ITD-12 OT-F7-34 «Kompleks hosil qiluvchi polifunksional ionitlar sintezi va ular yordamida ba'zi d-metallarni ajratishning nazariy asoslari» (2017-2020 yy.) mavzusidagi fundamental loyihalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** ba'zi 3d-metallarning ikki asosli karbon kislotalarni polimer matritsaga immobillash asosida olingan polimer ligandlar bilan kompleks birikmalarining sintezi, ularning tuzilishi va xossalarini aniqlashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

ikki asosli karbon kislotalar - butandikislota va 2,3-digidroksibutandikislotalarni karbamidformaldegid, tiokarbamidformaldegid va melaminformaldegid matritsalariga immobillash asosida polimer ligandlar sintez qilish;

sintez qilingan polimer ligandlar asosidagi sorbentlarda Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlari sorbsiyasining maqbul sharoitlarini aniqlash;

Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlarining olingan polimer ligandlar bilan sorbsiya jarayonida hosil bo'lgan kompleks birikmalarida koordinatsion markazlarni kvant-kimyoviy hisoblash usullari yordamida tahlil qilish;

sintez qilingan polimer ligandlar va olingan kompleks birikmalarida infraqizil (IQ), Raman spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskop (SEM), termogravimetrik (TGA) va differensial termik tahlil (DTA) usullari yordamida tarkib-tuzilish bog'liqlik qonuniyatlarini aniqlash;

suvli eritmalarda kompleks hosil bo'lishiga pH, harorat va Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlari konsentratsiyasining ta'sirini nazariy asoslash;

Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlarining polimer ligandlar bilan sorbsiya jarayonida hosil bo'lgan kompleks birikmalarining konsentratsion barqarorlik doimiyliklarini aniqlash;

Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlarining polimer ligandlar bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining barqarorligiga desorbsiya jarayonida mineral kislotalar konsentratsiyalarining ta'sirini aniqlash;

sintez qilingan polimer ligandlar asosidagi sorbentlarni sanoat chiqindi eritmalarini Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlaridan kompleks birikmalar hosil qilish yordamida sorbsion tozalash uchun tavsiyalar ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obyekt**i Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlarining ikki asosli karbon kislotalar - butandikislota va 2,3-digidroksibutandikislotalarni karbamidformaldegid, tiokarbamidformaldegid va melaminformaldegid matritsalariga immobillash asosida olingan polimer ligandlar bilan kompleks birikmalari hisoblanadi.

**Tadqiqotning predmeti** olingan immobillangan ligandlarning eritmada kompleks hosil qilish jarayoni, sintez qilingan kompleks birikmalarining tarkibi, tuzilishi va ularning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilish.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqotlarda UB-, IQ-, Raman spektroskopiya, termogravimetrik, differensial termik tahlil, skanerlovchi elektron mikroskopiya (sirt morfologiyasi, element tahlili), spektrofotometr, potensiometrik titrlash, kvant-kimyoviy hisoblash usullaridan foydalanilgan.

### **Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:**

karbamidformaldegid, tiokarbamidformaldegid, melaminformaldegid matritsalariga butandikislota va 2,3-digidroksibutandikislotalarni immobillash asosida 6 ta polimer ligandlar olingan;

Cu(II), Zn(II), Ni(II) ionlarining olingan polimer ligandlar bilan kompleks birikmalari sorbsiya usuli yordamida sintez qilingan;

polimer matrisaga immobillangan polimer ligandlar molekularining elektron tuzilishi ularning geometrik parametrlari, energetik tavsiflari hamda zaryad tekshiruvi asosida koordinatsion bog'ning eng katta lokallanish markazlari kvant-kimyoviy usullar yordamida aniqlangan;

immobillangan polimer ligandlar va ular asosida olingan kompleks birikmalarning tarkibi, tuzilishi, xossalari infragizil (IQ), Raman spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskop (SEM), termogravimetrik (TGA) va differensial termik tahlil (DTA) usullari yordamida tarkib-tuzilish-xossa bo'yicha bog'liqlik qonuniyatlari aniqlangan;

Cu(II), Zn(II), Ni(II) ionlari xloridli, nitratli, sulfatli tuzlarining polimer ligandlar bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining barqarorlik doimiyliklari  $Ni(II) < Zn(II) < Cu(II)$  qatorida ortib borishi Irving-Vilyams qatoriga mos kelishi isbotlangan;

Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlarining polimer ligandlar bilan hosil qilgan kompleks birikmalari barqarorligining mineral kislotalarning yuqori konsentratsiyali eritmalarida (1-3 M) kamayishi va desorbsiya jarayoni uchun maqbul sharoitlar aniqlangan;

immobillangan polimer ligandlar asosidagi sorbentlarni sanoat chiqindi eritmalarini Cu (II), Zn (II) va Ni (II) ionlaridan kompleks birikmalar hosil qilish yordamida sorbsion tozalash uchun tavsiyalar ishlab chiqilgan.

### **Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:**

tarkibida azot, kislorod va oltngugurt saqlagan karbamid, tiomochevina, formaldegid, qahrabo kislota va vino kislota asosida olti turdagi yangi immobillangan ligandlar olingan;

immobillangan ligandlarning sorbsiyalash jarayoniga harorat, dastlabki moddalar nisbati, reaksiya davomiyligining ta'siri aniqlangan va immobillangan ligandlar olish uchun maqbul sharoitlar tanlangan;

olingan immobillangan ligandlarning Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlariga nisbatan statik va dinamik almashinish sig'implari individual hamda aralash eritmalaridan aniqlangan;

immobillangan ligandlar asosida sintez qilingan kompleks birikmalarning tarkibi va tuzilishi IQ-, Raman spektroskopiya, SEM, termik barqarorligi differensial termik va termogravimetrik tahlil usullari yordamida isbotlangan;

olingan polimer sorbentlarning sorbsiya jarayonida hosil bo'lgan kompleks birikmalarining tarkibi, tuzilishi, suvli eritmalaridagi konsentratsion barqarorlik doimiyliklari aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Sintez qilingan birikmalarning tarkibi va tuzilishi element tahlili, IQ-spektroskopiya, differentsial skanerlovchi kalorimetriya, skanerlovchi elektron mikroskopiya (fotosurati, element tahlili),

kvant-kimyoviy hisoblash kabi zamonaviy usullar yordamida eksperimental natijalar olinganligi bilan asoslangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati:** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati kompleks hosil qiluvchi yangi immobillangan ligandlar olish usullarining ishlab chiqilganligi, olingan ligandlarning Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlari bilan kompleks birikmalar hosil qilishining maqbul sharoitlari, reaksiya jarayonida hosil bo'ladigan metallkomplekslarining tuzilishi va kompleks hosil qilish qobiliyati aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati karbamidformaldegid, tiokarbamidformaldegid, melaminformaldegid matritsalariga butandikislota va 2,3-digidroksibutandikislotalarni immobillash asosida olingan polimer ligandlar va ular asosidagi sorbentlar yordamida sanoat eritmalari tarkibidagi Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlarini kompleks hosil qilish asosida sorbsiya-desorbsiya usullari bilan ajratish hamda sanoat oqava suvlarini tozalashga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Tarkibida azot, kislorod va oltinugurt bo'lgan karbamid, tiokarbamid, formaldegid matritsaga ayrim ikki asosli karbon kislotalarni immobillab olingan kompleks hosil qiluvchi polimer ligandlar va ular asosidagi sorbentlarning qo'llanilishi bo'yicha olingan natijalar asosida:

butandikislota va 2,3-digidroksibutandikislotalarni karbamidformaldegid, tiokarbamidformaldegid, melaminformaldegid matritsalariga immobillash asosida olingan kompleks hosil qiluvchi polimer ligandlar "Petromaruz-Uzbekistan" xorijiy korxonasida oqava suvlarni sorbsion tozalashda qo'llanilgan ("Petromaruz-Uzbekistan" xorijiy korxonasining 2024 yil 27 avgust EKO-306-son ma'lumotnomasi). Natijada, oqava suvlarni tozalashda improt o'rnini bosuvchi, yuqori samarali, mahalliy xomashyolar asosida olingan sorbentlardan foydalanish imkonini bergan;

sintez qilingan kompleks hosil qiluvchi polimer ligandlar asosida olingan sorbentlar "Petromaruz-Uzbekistan" xorijiy korxonasida oqava suvlardan Cu (II), Zn (II) va Ni (II) metall ionlarini sorbsion ajratishda qo'llanilgan ("Petromaruz-Uzbekistan" xorijiy korxonasining 2024 yil 27 avgust EKO-306-son ma'lumotnomasi). Natijada, ko'p komponentli eritmalaridan ayrim 3d-metall ionlarini ajratish imkonini bergan;

ikki asosli karbon kislotalarni polimer matrisalariga immobillash yordamida olingan polimer ligandlar asosidagi sorbentlar sanoat oqava suvlarini og'ir metallar ionlaridan tozalashda "Petromaruz-Uzbekistan" xorijiy korxonasida amaliyotga joriy etilgan ("Petromaruz-Uzbekistan" xorijiy korxonasining 2024 yil 27 avgust EKO-306-son ma'lumotnomasi). Natijada, oqava suvlarni og'ir metallar ionlaridan ruxsat etilgan konsentratsiyasining o'ndan bir ulushigacha samarali tozalash imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi:** Mazkur tadqiqot natijalari 16 ta xalqaro va 17 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi:** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 49 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop

etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 14 ta maqola, jumladan, 5 tasi respublika va 9 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 188 betni tashkil etgan.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi, muammoni yechishdagi ahamiyati va zaruriyati asoslangan, ilmiy tadqiqot ishining maqsad va vazifalari, tadqiqot obyektlari va predmeti berilgan hamda tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, ishning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati bayon qilingan, ilmiy tadqiqot ishidan olingan natijalarining amaliyotga joriy etish istiqbollari bo‘yicha xulosalar qilingan hamda tadqiqot ishi asosida chop qilingan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Kompleks hosil qiluvchi immobillangan ligandlar sintezi va ularning metallar bilan koordinatsion birikmalari**» deb nomlangan birinchi bobida asosan kompleks hosil qiluvchi polifunksional ligandlar va ularning ahamiyati, tarkibida kislrod, azot, oltingugurt bo‘lgan ionitlar sintezining fizik-kimyoviy asoslari keltirilgan hamda adabiyotlar qiyosiy tahlil qilingan. Eritmalardan ayrim d-metallar ionlarini kompleks hosil qilish yo‘li bilan sorbsiyalashga va oqava suvlarni tozalashga doir ilmiy manbalar tahlil qilingan. Ligandlarni organik polimer matritsalariga kovalent immobillash usullari, immobillangan ligandlar asosidagi sorbentlar, ularning o‘ziga xosligi va kompleks birikmalarining tuzilishini qiyosiy tahlil qilishga bag‘ishlangan va eritmalardan rangli hamda nodir metallar ionlarini kompleks hosil qiluvchi immobillangan ligandlar asosida olingan sorbentlar yordamida sorbsiyalash, shuningdek, sorbsiya jarayonida hosil bo‘ladigan koordinatsion birikmalar tadqiqotiga doir adabiyotlar sharhi keltirilgan. Adabiyotlardagi ma‘lumotlarni tanqidiy tahlil qilish asosida dissertatsiyaning maqsadi va vazifalari aniqlangan.

Dissertatsiyaning «**Immobillangan polimer ligandlarning olinishi, ularning ba’zi 3d-metallar bilan kompleks birikmalari sintezi va tadqiqoti**» deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyektlari va analizning zamonaviy usullari ilmiy asoslab berilgan. Tadqiqot usullari hamda karbamid, tiokarbamid, melaminformaldegid smolasini ikki asosli organik kislotalar - butandikislota va 2,3-digidroksi-butandikislota bilan modifikatsiyalash asosida polimer ligandlar sintezi yoritilgan. Immobillash asosida olingan polimer sorbentlarning Cu(II), Ni(II), Zn(II) ionlariga nisbatan ststik almashinish sig‘imini (SAS), sorbsiya jarayonida hosil bo‘lgan koordinatsion birikmalarining eritmadagi barqarorlik doimiyliklarini hamda ligand – eritma sistemasida muvozanat hosil bo‘lish vaqtini aniqlash usullari keltirilgan.

Karbamid-, tiokarbamid-, melaminformaldegid matritsalariga qaprabo va vino kislotalarni kovalent immobillash, ularning tarkibi va fizik-kimyoviy xossalari, ekspluatatsion tavsiflari, shuningdek, kimyo sanoati korxonalarining tarkibida metall ionlarini tutgan chiqindi suvlarini tozalash uchun amalda foydalaniladigan

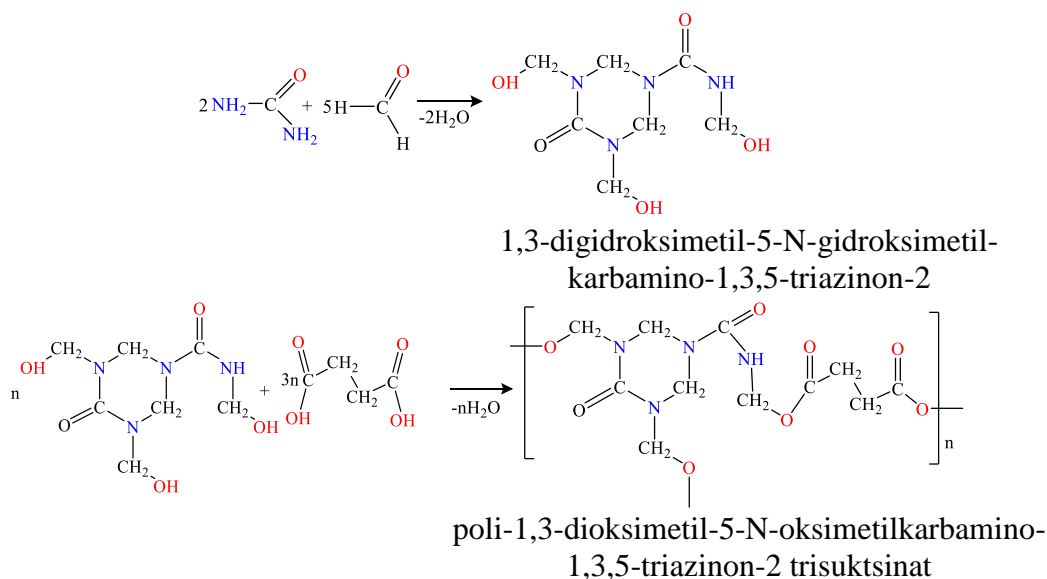
aniq obyektlarni izlab topish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Shunga ko‘ra quyidagi sorbentlar olindi (1-jadval).

**1-jadval.**

**Butandikislota va 2,3-digidroksibutandikislota karbamid-, tiokarbamid-, melaminformaldegid matritsalariga immobillash natijasida olingan polimer ligandlar**

No	Ikki asosli kislota nomi	Matritsa	Polimer ligand nomi	Sorbent	Cu <sup>2+</sup> ioni bo‘yicha SAS, mg-ekv/g
1	Butandikislota	Karbamid-formaldegid	poli-1,3-dioksimetil-5-N-oksimitilkarbamino-1,3,5-triazinon-2 trisuksinat	KFQ	5,6
2	2,3-digidroksi-butandi-kislota	Tiokarbamid-formaldegid	poli-1,3-dioksimetil-5-N-oksimitiltiokarbamino-1,3,5-triazinon-2 tritartrat	TKFV	8,2
3	Butandikislota	Melamin-formaldegid	poli-2,4,6-trioksimetil-aminotriazin-1,3,5 trisuksinat	MFQ	7,6
4	2,3-digidroksi-butandikislota	Karbamid-formaldegid	poli-1,3-dioksimetil-5-N-oksimitilkarbamino-1,3,5-triazinon-2 tritartrat	KFV	5,8
5	Butandikislota	Tiokarbamid-formaldegid	poli-1,3-dioksimetil-5-N-oksimitiltiokarbamino-1,3,5-triazinon-2 trisuksinat	TKFQ	5,7
6	2,3-digidroksi-butandikislota	Melamin-formaldegid	poli-2,4,6-trioksimetil-aminotriazin-1,3,5 tritartrat	MFV	6,4

**Immobilangan KFQ ligandining sintezi.** Tarkibida azot va kislorod saqlagan polimer ligand sintezi uchun qaytar sovutgich va avtomatik aralashtirgich o‘rnatilgan uch og‘izli kolbada 1,2 g (0,02 mol) karbamid 4 ml (0,05 mol) formalinda eritildi va pH=8-9 bo‘lgunga qadar ammoniy gidroksid eritmasi qo‘shildi.



**1-sxema. Immobilangan KFQ polimer ligandining sintezi reaksiyasi.**

**Melamin, formalin va qahrabo kislotasi asosidagi xelat hosil qiluvchi sorbent sintezi.** 2,52 g (0,02 mol) melamin 5 ml (0,06 mol) formalinda eritildi va pH=8 bo'lgunga qadar NH<sub>4</sub>OH eritmasi qo'shildi. Harorat 80-90°C da qavushqoq massa hosil bo'lgungacha qizdirildi. Hosil bo'lgan qovushqoq aralashmaga 3,54 g (0,03mol) qahrabo kislotani 5 ml NH<sub>4</sub>OH dagi eritmasidan tomchilatib qo'shildi va aralastirildi. Harorat 100-120°C ga ko'tarilganda qattiq yoki saqichsimon massa hosil bo'ldi. Hosil bo'lgan smolasimon massa chinni kosachaga solindi va quritish shkafida 95°C haroratda 20 soat davomida quritildi. Quritilgan polimer maydalangach, past molekulyar og'irlikdagi moddalardan dastlab 5% li NaOH eritmasi bilan, so'ngra bir necha marotaba distillangan suv bilan neytral holga kelguncha yuvildi. Natijada kichik g'ovaklardan iborat oq rangli donador massa hosil bo'ldi. Mahsulot unumi 93% ni tashkil etdi.

MFQ polimer ligandini sintez qilishda melamin, formalin va qahrabo kislotaning polikondensatsiya jarayoniga haroratning ta'sirini o'rganish bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. Polikondensatsiya jarayoni 100, 110, 120 va 130°C haroratlarda o'rganildi. Shu bilan birga, reaksiyaning vaqtga bog'liqligi, sorbentning suvdagi solishtirma hajmi va 0,1 n NaOH eritmasi uchun statik almashinish sig'imi (SAS) qiymati aniqlandi (2-jadval). 2-jadval va 1-rasmda keltirilgan natijalar shuni ko'rsatadiki, 100°C haroratda polikondensatsiya reaksiyasining davomiyligi 5-6,5 soat, ion almashinuvchining almashinish sig'imi 2,8 mg-ekv/g ekanligi aniqlandi. Bu ma'lum bir haroratda reaktivlarning past faolligi bilan bog'liq.

## 2-jadval

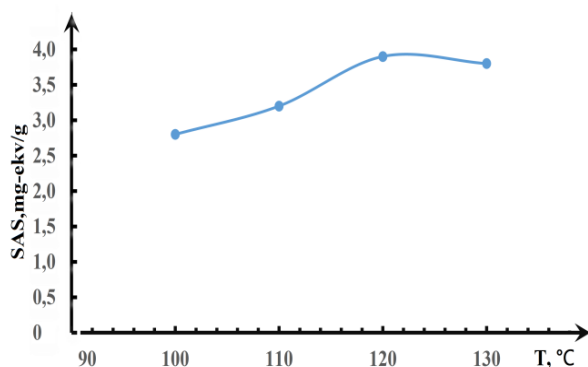
### Polikondensatsiya reaksiyasi haroratining polimer ligand xossalariga ta'siri

№	Reaksiya harorati T, °C	Reaksiya vaqti τ, soat	Suvda bo'kkan H shakldagi sorbentning solishtirma hajmi ml/g	SAS, 0,1 n NaOH eritmasi mg-ekv/g bo'yicha
1.	100	5-6,5	1,7	2,8
2.	110	4,5-5	1,5	3,2
3.	120	2,5-3	1,2	3,9
4.	130	1,5-2	1,1	3,8

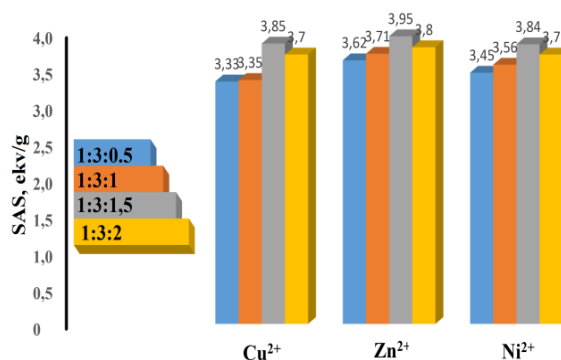
Reaksiya haroratining 130°C gacha ko'tarilishi bilan polikondensatsiya reaksiyasi tez davom etadi va reaksiya vaqti 1,5-2 soatgacha kamayadi, shu bilan birga almashinish sig'imining qiymati va ion almashinuvchining bo'kkanlik darajasi ham kamayadi. Bu ko'rinishidan ma'lum bir haroratda hosil bo'lgan ion almashinuvchining strukturasi zichroq bo'lib, buning natijasida ionogen guruhlarning harakatchanligi qiyinlashadi.

Polikondensatlanish reaksiyasi uchun maqbul harorat sifatida 120°C olindi, reaksiya vaqti 2,5-3 soat, reaksiya bir xilda bo'ladi va 0,1 n NaOH eritmasi uchun almashinish sig'imi 3,9 mg-ekv/g qiymatiga ega ekanligi aniqlandi.

Dastlabki moddalar nisbatining polimer ligand sorbsion xossalariga bog'liqligi o'rganildi. Polikondensatsiya reaksiyasida reaktivlarning ya'ni, melamin, formalin va qahrabo kislotalar mos ravishda 1:3:0,5 dan 1:3:2 gacha mol nisbatlarda olindi. Qahrabo kislotani miqdorining MFQ xususiyatlariga ta'sirini o'rganish natijalari 3-jadvalda keltirilgan.



**1-rasm. Sintez qilingan MFQ polimer ligandining SAS ining haroratga bog‘liqlik grafigi.**



**2-rasm. MFQ polimer ligandi SAS ining dastlabki moddalar mol nisbatiga bog‘liqlik diagrammasi.**

3-jadval va 2-rasmda keltirilgan natijalarga ko‘ra melamin, formalin va qahrabo kislotasining 1:3:1,5 nisbatida eng yaxshi ko‘rsatkichlarga ega bo‘lgan polimer ligand olindi. Polimer ligandning 0,1 n eritmadagi statik almashinish sig‘imi Cu(II)=3,85 mg-ekv/g, Zn(II)=3,95 mg-ekv/g va Ni(II)=3,84 mg-ekv/g ni tashkil etdi.

**3-jadval**

**Dastlabki moddalar nisbatining polimer ligand sorbsion xossalariga ta‘siri**

Melamin, formalin va qahrabo kislotaning nisbati, mollarda	Reaksiya unumi, %	Statik almashinish sig‘imi, mg-ekv/g, 0,1 n eritmalar:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1:3:0.5	91	5,33	5,62	5,45
1:3:1	92	7,6	7,2	6,8
1:3:1,5	93	4,85	4,95	4,84
1:3:2	85	3,7	3,8	3,7

**KFV polimer ligandining sintezi.** Tarkibida azot va kislorod saqlagan polimer ligand sintezi uchun qaytar sovutgich va avtomatik aralashtirgich o‘rnatilgan uch og‘izli kolbaga 1,2 g (0,02 mol) karbamid 4 ml (0,05 mol) formalinda eritildi va pH=8-9 bo‘lgunga qadar ammoniy gidroksid eritmasi qo‘shildi. Harorat 70-80°C da qovushqoq massa hosil bo‘lgungacha qizdirildi. Hosil bo‘lgan qovushqoq aralashmaga 1,5 g (0,01 mol) vino kislotani 5 ml ammoniy gidroksidagi eritmasidan tomchilatib qo‘shildi va aralashtirildi. Harorat 110-140°C ga ko‘tarilganda qattiq yoki saqichsimon massa hosil bo‘ldi. Hosil bo‘lgan smolasimon massa chinni kosachaga solindi va 100°C haroratda quritish shkafida 20 soat davomida quritildi. Quritilgan polimer maydalangach, past molekulyar og‘irlikdagi moddalardan dastlab 5% li natriy ishqor eritmasi bilan, so‘ngra bir necha marotaba distillangan suv bilan neytral holga kelguncha yuvildi. Natijada kichik g‘ovaklardan iborat oq rangli donador massa hosil bo‘ldi. Mahsulot unumi 90% ni tashkil etdi.

**TKFQ ligandining sintezi.** Tarkibida azot va kislorod saqlagan polimer ligand sintezi uchun qaytar sovutgich va avtomatik aralashtirgich o‘rnatilgan uch og‘izli kolbaga 1,52 g (0,02 mol) tiokarbamid 4 ml (0,05 mol) formalinda eritildi va pH=8-9 bo‘lgunga qadar ammoniy gidroksid eritmasi qo‘shildi. Harorat 70-80°C da qovushqoq massa hosil bo‘lgungacha qizdirildi. Hosil bo‘lgan qovushqoq

aralashmaga 1,18 g (0,01mol) qahrabo kislotani 5 ml ammoniy gidroksiddagi eritmasidan tomchilatib qo‘shildi va aralashtirildi. Harorat 110-140°C ga ko‘tarilganda qattiq yoki saqichsimon massa hosil bo‘ldi. Hosil bo‘lgan smolasimon massa chinni kosachaga solindi va 100°C haroratda quritish shkafida 20 soat davomida quritildi. Quritilgan polimer maydalangach, past molekulyar og‘irlikdagi moddalardan dastlab 5% li natriy ishqor eritmasi bilan, so‘ngra bir necha marotaba distillangan suv bilan neytral holga kelguncha yuvildi. Natijada kichik g‘ovaklardan iborat oq rangli donador massa hosil bo‘ldi. Mahsulot unumi 91% ni tashkil etdi.

**Immobilangan MFV ligandining sintezi.** Polikondensatsiya reaksiya tipidagi polimer ligand olingan bo‘lib, u ligandlar xususiyatlarini sistemaga solishga va ularga effektiv ish faoliyatini ta‘minlashga qaratilgan. Boshlang‘ich moddalarning tuzilishi va xossalarning polimer ligandning tuzilishi hamda xususiyatlariga ta‘sirini aniqlash shu bilan birgalikda yuqori samarali xususiyatlarga ega bo‘lgan ion almashinuvchini sintez qilish variantlarini tanlash, dastlabki moddalar nisbati ta‘siri ion almashtirgichni tayyorlashda o‘rganildi. Tiokarbamid, formalin va qahrabo kislotaning bilan o‘zaro ta‘sir qilganda, nafaqat kondensatsiya qiluvchi, balki o‘zaro bog‘lovchi vositadir hamda olingan ion almashinuvchining asosiy sorbsion va fizik-kimyoviy xususiyatlari uning konsentratsiyasiga bog‘liq. Turli xil mol nisbatda olingan melamin, formalin va vino kislotaga o‘zaro bog‘langan ion almashinuvchini olish uchun ion almashinuvchining turli namunalari sintez qilindi. Vino kislotaga miqdorining ion almashinuvchi MFV xususiyatlariga ta‘sirini o‘rganish natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

#### 4-jadval

#### Ion almashinuvchining sorbsion xossalarning reaktivlar nisbatiga bog‘liqligi

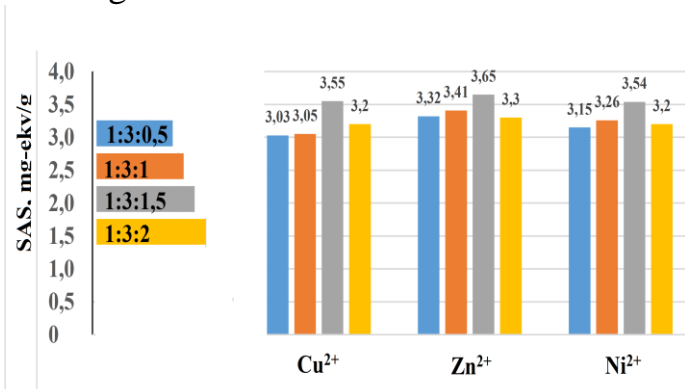
Melamin, formalin va vino kislotasining nisbati, mollarda	Reaksiya unumi,%	Statik almashinish sig‘imi, mg-ekv/g, 0.1 N eritmalar:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1:3:0.5	89	3,03	3,32	3,15
1:3:1,0	90	3,05	3,41	3,26
1:3:1,5	91	3,55	3,65	3,54
1:3:2	87	3,2	3,3	3,2

Polikondensatsiya reaksiyasi reaktivlarning, ya‘ni melamin, formalin va vino kislotaga mos ravishda 1:3:0,5 dan 1:3:2 gacha mol nisbatida amalga oshirildi. 3-jadval va 3-rasmda keltirilgan natijalarga ko‘ra mos ravishda melamin, formalin va vino kislotasining 1:3:1,5 nisbatida eng yaxshi ko‘rsatkichlarga ega bo‘lgan ion almashtirgichlar olindi. Metall ionlarining 0,1n eritmadagi statik almashinish sig‘imi Cu (II) 3,55 mg-ekv/g, Zn (II) 3,65 mg-ekv/g va Ni (II) 3,54 mg-ekv/g ni tashkil etdi.

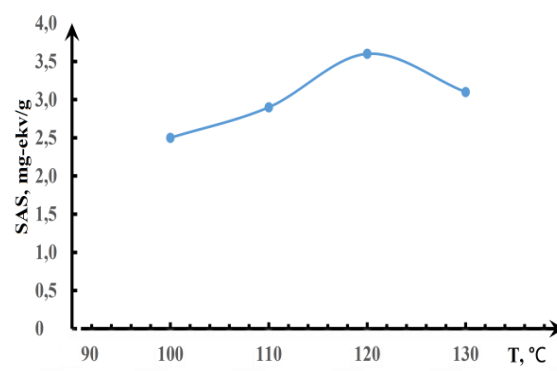
4-rasmda keltirilgan natijalar shuni ko‘rsatadiki, polikondensatlanish uchun maqbul harorat sifatida 120°C olindi, reaksiya vaqti 2,5-3 soat, reaksiya bir xilda bo‘ladi va 0,1 n NaOH eritmasi uchun almashinish sig‘imi 3,6 mg-ekv/g qiymatiga ega ekanligi aniqlandi.

**TKFV polimer ligandining sintezi.** Tiokarbamid, formalin va vino kislotaga (TKFV) polikondensatsiyasi reaksiyasiga maqbul harorat ta‘sirini o‘rganish bo‘yicha izlanishlar olib borildi. Polikondensatsiya reaksiya jarayoni: 110, 120, 130

va 140°C haroratlarda o'rganildi. Izlanishlar davomida reaksiyaning vaqtga bog'liqligi, ligandning suvdagi solishtirma hajmi va 0,1 n NaOH eritmasi uchun statik almashinish sig'imi (SAS) qiymati aniqlandi. Ma'lumotlar 4-jadvalda keltirilgan.



**3-rasm MFV polimer ligandi SASi ining dastlabki moddalar mol nisbatiga bog'liqlik diagrammasi.**

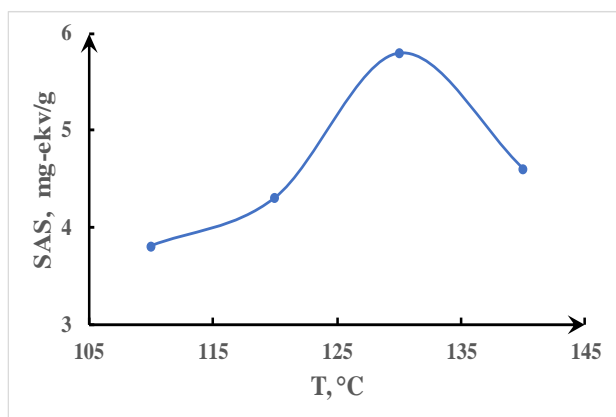


**4-rasm. MFV polimer ligandi SASi ning haroratga bog'liqlik grafigi.**

**5-jadval**

**Polikondensatsiya reaksiyasiga haroratining ion almashinuvchi xossalari ta'siri**

№	Reaksiya harorati T, °C	Reaksiya vaqti τ, soat	Maxsus hajm suvda bo'kkan ligand H shakli, ml/g	SAS, 0,1 n NaOH eritmasi mg-equiv/g bo'yicha
1	110	5-6,5	1,8	3,8
2	120	4,5-5	1,6	4,3
3	130	2,5-3	1,3	5,8
4	140	1,5-2	1,2	4,6



**5-rasm. TKFV statik almashinish sig'imini haroratga bog'liqlik grafigi**

5-jadval va 5-rasmda keltirilgan natijalar shuni ko'rsatadiki, 110°C haroratda polikondensatsiya reaksiyasining davomiyligi 5-6,5 soat, ligandning statik almashinish sig'imi TKFV uchun 3,8 mg-equiv/g ekanligi aniqlandi. Bu ma'lum bir haroratda reaksiya uchun olingan reaktivlarning past faolligi bilan bog'liq. Reaksiya haroratining 140°C gacha ko'tarilganda polikondensatsiyalanish reaksiyasi

tezligi ortadi, shu bilan birgalikda reaksiyaga sarflangan vaqt 1,5-2 soatgacha kamayadi, shu bilan bir qatorda statik almashinish sig'imining qiymati hamda ion almashinuvchining bo'kkanlik darajasi ham kamayadi. Bundan shunday xulosa qilindiki, ma'lum bir haroratda hosil bo'lgan ion almashinuvchining strukturasi

zichroq bo‘lib, buning natijasida ionogen guruhlarning harakatchanligi qiyinlashadi. Olib borilgan izlanishlar natijasida polikondensatlanish reaksiyasi uchun maqbul harorat deb 130°C olindi, reaksiya vaqti 2,5-3 soat va 0,1 n NaOH eritmasi uchun almashinish sig‘imi 5,8 mg-ekv/g qiymatiga ega ekanligi aniqlandi.

Metall ionlarining 0,1n eritmadagi statik almashinish sig‘imi aniqlandi, olingan natijalar 6-jadvalda berilgan.

## 6-jadval

### Sintez qilingan polimer ligandlarning metall ionlari bo‘yicha statik almashinish sig‘imi

№	Ligandlar	Statik almashinish sig‘imi, mg-ekv/g, 0.1 n eritmalar:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1	KFQ	5,6	5,2	4,8
2	MFQ	7,6	7,2	6,8
3	KFV	5,8	6,0	6,4
4	TKFQ	5,7	5,9	6,3
5	TKFV	8,2	7,8	7,4
6	MFV	6,4	6,0	5,6
7	KB-4*	2,1-1,8	-	2,6-3
8	Purolite-C104*	4,7	4,3	4,1

\* KB-4 va Purolite-C104 sanoat sorbentlari.

Metall ionlari sorbsiyalanish sig‘imini topish barcha sorbentlar uchun statik sharoitda  $pH_{Cu(II)}=4,2$ ,  $pH_{Zn(II)}=6,0-6,5$ , va  $pH_{Ni(II)}=5,3$  da o‘tkazildi. Metallar tuzlari (sulfatlari, xloridlari, nitratlari) dan foydalanildi. Eritmalar muhiti unversial bufer eritmasi bilan o‘rnatildi. Sorbsiya uchun 40,00 mg sorbent tortimi olinib, 10,00 ml distillangan suvda 1 soat davomida qoldirildi. So‘ngra bo‘kkan sorbent o‘rganilayotgan eritmaga (10,00 ml) solinib, termostatlangan suv hammomida 4,5 soat oralig‘ida aralashtirib turildi. So‘ngra sorbent eritmadan ajratilib, filtratning pH qiymati o‘lchandi. EMC-31PC-UV spektrofotometrida, ammiakning 25% li eritmasida Cu(II) ni ( $\lambda_{max_{Cu(II)}}=610$  nm), Zn(II) ni ( $\lambda_{max_{Zn(II)}}=538$  nm) va dimetilglioksim yordamida Ni(II)ni ( $\lambda_{max_{Ni(II)}}=445$  nm) shuningdek,  $\ell=1,0$  sm bo‘lganda dastlabki va sorbsiyadan keyingi eritmalarining optik zichligi farqi bo‘yicha komponentlar konsentratsiyasi spektrofotometrik usulda aniqlandi. Yuqorida keltirilgan tadqiqot natijalariga asosan yangi KFQ, MFQ, KFV, TKFQ, MFV va TKFV immobillangan ligandlar asosida olingan sorbentlarning statik almashinish sig‘imi quyidagi qatorda o‘sib boradi:

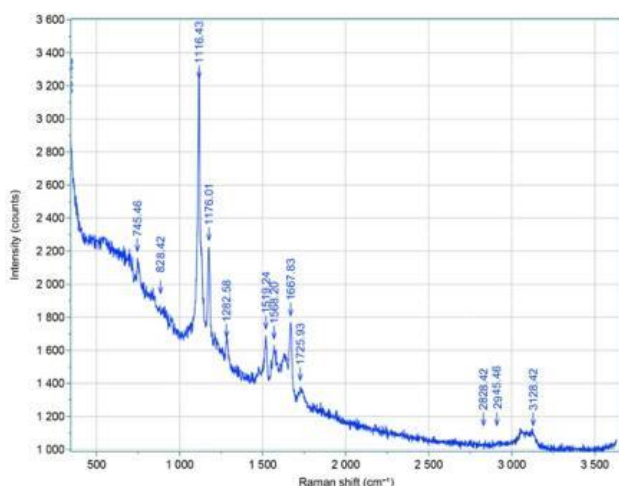


Dissertatsiyaning «Olingan immobillangan polimer ligandlar va ularning ayrim 3d-metallar bilan kompleks birikmalarning tarkibi, tuzilishi, sorbsion xossalari tadqiqoti» deb nomlangan uchinchi bobida sintez qilingan polimer ligandlar va ularning metallokomplekslarining fizik-kimyoviy xossalari IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya, termogravimetrik va

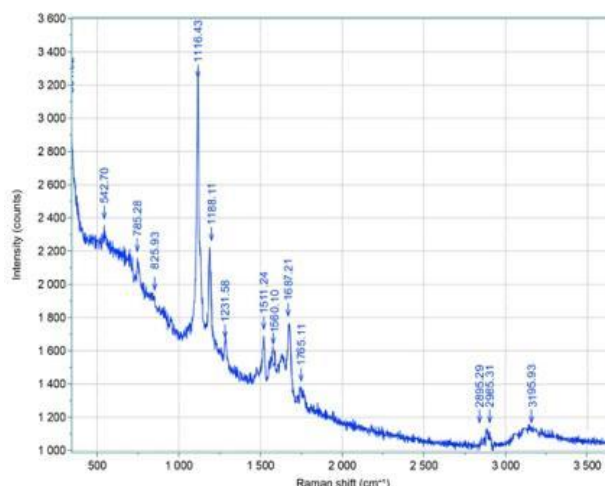
differential termik analiz, kompleksometriya, spektrofotometrik tahlil hamda konduktometriya kabi zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanib tahlil qilingan.

**Immobilangan KFQ ligandi va Cu(II), Zn(II) hamda Ni(II) ionlari bilan hosil qilgan metallokomplekslarining Raman spektroskopik tahlili.** KFQ ligandining Raman spektrida  $3128,42 \text{ cm}^{-1}$  va  $1176,01 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{NH}_2)$  guruhning valent, simmetrik  $\nu_s$  va deformatsion  $\delta$  tebranishlari hamda  $1116,43 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $\nu(\text{C-N-})$  guruhining valent  $\nu$  tebranish chastotasi kuzatildi. Shu bilan birgalikda  $2945,46 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2828,42 \text{ cm}^{-1}$  va  $745,46 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\text{CH}_2$ - guruhining valent assimetrik  $\nu_{as}$ , valent simmetrik  $\nu_s$  va deformatsion  $\delta$  tebranishlar chastotasi hosil bo'ldi.  $1725,93 \text{ cm}^{-1}$  va  $1519,24 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{C=O})$  hamda  $-\text{COO}^-$  guruhining valent assimetri-  $\nu_{as}$  tebranishi, shu bilan bir qatorda  $828,42 \text{ cm}^{-1}$  sohada deformatsion  $\delta$  tebranish chastotasi hosil bo'ldi. Shuningdek,  $1282,58 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $-\text{COOC}$  guruhining valent tebranish chastotalari kuzatildi (6-rasm).

KFQning Cu(II) ni sorbsiyalash natijasida olingan metallokompleksi Raman spektri 7-rasmda keltirilgan. Natijalarga ko'ra  $3195,93 \text{ cm}^{-1}$  va  $1188,11 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $-\text{NH}_2$  guruhning valent simmetrik  $\nu_s$  va deformatsion  $\delta$  tebranishlari hamda  $1116,43 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $-\text{C-N-}$  guruhining valent  $\nu$  tebranish chastotasi kuzatildi. Shu bilan birgalikda  $2985,31 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2895,2998 \text{ cm}^{-1}$  va  $785,82 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $-\text{CH}_2$  guruhining valent assimetrik  $\nu_{as}$ , valent simmetrik  $\nu_s$  va deformatsion  $\delta$  tebranishlar chastotasi hosil bo'ldi.  $1765,11 \text{ cm}^{-1}$  va  $1511,24 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $-\text{C=O}$  hamda  $-\text{COO}^-$  guruhining valent assimetrik  $\nu_{as}$  tebranishi,  $825,93 \text{ cm}^{-1}$  sohada deformatsion  $\delta$  tebranish chastotasi hosil bo'ldi. Shuningdek,  $1231,58 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $-\text{COOC}$  guruhining valent  $\nu$  tebranish chastotalari kuzatildi (7-rasm).



**6-rasm. KFQning Raman spektri.**

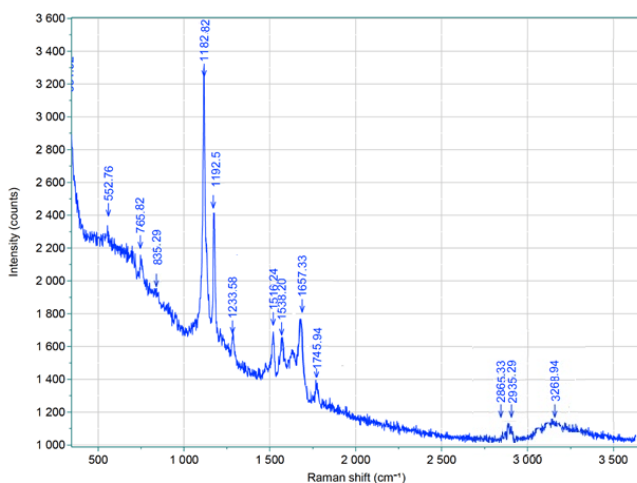


**7-rasm. KFQ ning Cu(II) bilan hosil qilgan kompleksining Raman spektri.**

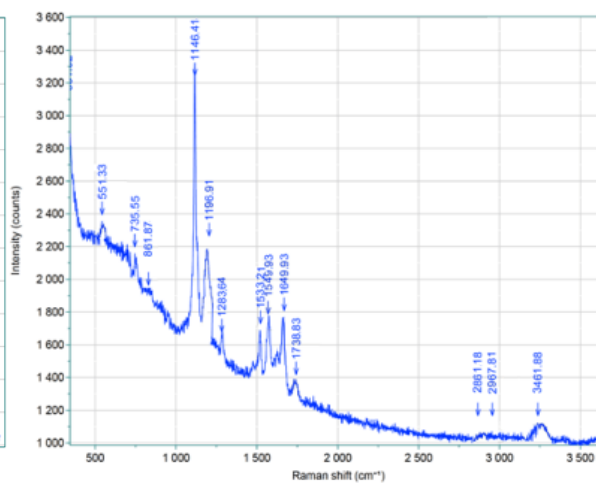
KFQning Zn(II) ni sorbsiyalash natijasida olingan kompleksining Raman spektri 7-rasmda keltirilgan, IQ-spektri natijalariga ko'ra,  $3268,94 \text{ cm}^{-1}$  va  $1192,50 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{NH}_2)$  guruhning valent simmetrik  $\nu_s$  va deformatsion  $\delta$  tebranishlari hamda  $1182,82 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $\nu(\text{C-N-})$  guruhining valent  $\nu$  tebranish chastotasi kuzatildi. Shu bilan birgalikda  $2935,29 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2865,33 \text{ cm}^{-1}$  va  $765,82 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{CH}_2)$  guruhining valent assimetrik  $\nu_{as}$ , valent simmetrik  $\nu_s$  va deformatsion  $\delta$

tebranishlar chastotasi hosil bo'ldi.  $1745,94 \text{ cm}^{-1}$  va  $1516,24 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{C}=\text{O})$  hamda  $\nu(\text{COO}^-)$  guruhining valent assimetrik  $\nu_{\text{as}}$  tebranish shu bilan bir qatorda  $835,29 \text{ cm}^{-1}$  sohada deformatsion  $\delta$  tebranish chastotasi hosil bo'ldi. Shuningdek,  $1233,58 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $\nu(\text{COOC})$  guruhining valent  $\nu$  tebranish chastotalari kuzatildi.

KFQ ligandining Ni(II) ni sorbsiyalash natijasida olingan kompleks Raman (HORIBA Scientific) spektri 13-rasmda keltirilgan, IQ-spektri natijalariga ko'ra  $3461,88 \text{ cm}^{-1}$  va  $1196,91 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{NH}_2)$  guruhning valent simmetrik  $\nu_s$  va deffarmatsion  $\delta$  tebranishlari hamda  $1146,41 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $\nu(\text{C-N-})$  guruhining valent  $\nu$  tebranish chastotasi kuzatildi.



**8-rasm. KFQ ning Zn(II) bilan hosil qilgan kompleksining Raman spektri.**



**9-rasm. KFQ ning Ni(II) bilan hosil qilgan kompleksining Raman spektri.**

**7-jadval**

**KFQ ligandi va uning Cu(II), Zn (II), Ni(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining Raman-spektrlaridagi yutilish chastotalari,  $\text{cm}^{-1}$**

Tebranish tasniflari	KFQ	KFQ+Cu(II)	KFQ+Zn(II)	KFQ+Ni(II)
$\nu(\text{NH})$	3128,42	3195,93	3268,94	3461,88
$\nu_s(\text{CH}_2)$	2945,46	2985,31	2935,29	2967,81
$\nu_{\text{as}}(\text{CH}_2)$	2828,42	2895,29	2865,33	2861,18
$\nu(\text{C}=\text{O})$	1725,93	1765,11	1745,94	1738,83
$\nu(-\text{COC}=\text{O})$	1282,58	1231,58	1233,58	1283,64
$\nu_{\text{as}}(-\text{COO}^-)$	1519,24	1511,24	1516,24	1533,21
$\nu(\text{C-N})$	1116,43	1116,43	1182,82	1146,41
$\delta(\text{NH})$	1176,01	1188,11	1192,50	1196,91
$\delta(\text{CH}_2)$	745,46	785,28	765,82	735,55
$\delta(-\text{COO}^-)$	828,42	825,93	835,29	861,87

Shu bilan birgalikda  $2967,81 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2861,18 \text{ cm}^{-1}$  va  $735,55 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{CH}_2)$  guruhining valent assimetrik  $\nu_{\text{as}}$ , valent simmetrik  $\nu_s$  va deformatsion  $\delta$  tebranishlar chastotasi hosil bo'ldi.  $1738,83 \text{ cm}^{-1}$  va  $1533,21 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{C}=\text{O})$  hamda  $\nu(\text{COO}^-)$  guruhining valent assimetrik  $\nu_{\text{as}}$  tebranish shu bilan bir qatorda

861,87  $\text{sm}^{-1}$  sohada deffarmatsion  $\delta$  tebranish chastotasi hosil bo'ldi. Shuningdek, 1283,64  $\text{sm}^{-1}$  sohada  $\nu(\text{COOC})$  guruhining valent  $\nu$  tebranish chastotalari kuzatildi.

7-jadvaldan ko'rinib turibdiki, KFQ polimer ligandidagi  $\nu(\text{NH})$  va  $\delta(\text{C=O})$  tebranish chastotalari nisbatan boshqa sohalarga siljigan. Bundan quyidagicha xulosa qilish mumkin, KFQ ligandidagi ikkilamchi amin va karbonil guruhlari metall ionining koordinatsiyalanishini ta'minlaydi va xelat xalqa hosil bo'ladi.

### 8-jadval

#### Sintez qilingan koordinatsion birikmalarining konsentratsion barqarorlik doimiyliglarini aniqlash natijalari

Sorbent		Metall ionlari		
		Cu (II)	Zn (II)	Ni (II)
KFQ	$\text{pH}_{\text{maqbul}}$	3,4-3,7	6,2-6,5	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{barqaror}}$	6,90	6,56	6,44
MFQ	$\text{pH}_{\text{maqbul}}$	3,8-4,1	6,5-6,7	4,5-4,9
	$\text{lgK}_{\text{barqaror}}$	8,96	8,71	8,59
KFV	$\text{pH}_{\text{maqbul}}$	4,2-4,7	6-6,5	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{barqaror}}$	7,55	7,42	7,14
TKFQ	$\text{pH}_{\text{maqbul}}$	4,3-4,9	6-6,5	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{barqaror}}$	7,24	7,10	6,99
MFV	$\text{pH}_{\text{maqbul}}$	2,5-3	6,5-7	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{barqaror}}$	9,64	9,46	9,38
TKFV	$\text{pH}_{\text{maqbul}}$	3,5-4	6,5-7	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{barqaror}}$	7,85	7,61	7,46

Sintez qilingan kompleks hosil qiluvchi polifunksional immobillangan ligandlarning ba'zi d-metallari bilan koordinatsion birikmalarining barqarorlik doimiyliglarini aniqlash uchun potensiometik titrlash usulidan foydalanildi. O'rganilgan metallar ionlarining xelatli immobillangan ligandlar bilan hosil qilgan koordinatsion birikmalarining hisoblangan barqarorlik doimiyliglari 8-jadvalda keltirilgan. Metallarning immobillangan ligandlar bilan kompleks hosil qilishining maqbul muhit ko'rsatkichi va konsentratsion barqarorlik doimiyliglari keltirilgan 8-jadvaldan ko'rinib turibdiki, metall ionlarining bir xil immobillangan ligandlar bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining barqarorligi berilgan metall komplekslari uchun  $\text{Ni(II)} < \text{Cu(II)} > \text{Zn(II)}$  Irving-Vilyams qatoriga mos keladi.

**KFV polimer ligandi reaksiyon qobilyatining kvant kimyoviy tahlili.** KFV molekulasi reaksiyon qobilyatini kvant-kimyoviy hisoblash dasturlari Avogadro, Hyper Chem 8.01, Asselrys MS Modeling 3.0.1 cheklangan Semi-empirical (UHF) usuli orqali, SCF-MO qo'llagan holda yarim empirik AM1, MNDO, PM3, RM1 va MINDO3 metodi bilan Intel Pro Pentium 1.40 GGs kompyuterida hisoblashlar olib borildi. Molekula geometriyasini optimallashtirish Polak-Ribiere (Conjugate gradient) algoritmini qo'llagan holda amalga oshirildi. Ushbu metodlar molekulaning umumiy energiyasini va molekulyar orbitallarning elektron zichliklarini, hamda o'rganilayotgan molekulaning geometrik optimizatsiyasini amalga oshirish imkonini yaratdi. Muhim hisoblanadigan elektron

xarakteristikalaridan biri bu Malliken bo‘yicha atomlardagi effektiv zaryadlar (CHARGES) va sistemaning to‘liq energiyasidir (TOTAL ENERGY) (9-jadval).

Kvant-kimyoviy beshta yarim empirik metodlar natijalariga ko‘ra xulosa qilib shuni aytish mumkinki, KFV molekulasida manfiy effektiv zaryadning yuqori qiymatlari C=O, C-O-C, triazin xalqadagi azot va ikkilamchi amin =N-H guruhlaridagi kislorod va azot atomlarida ekanligi ushbu atomlarning metall bilan koordinatsion bog‘ bilan bog‘lanib, to‘rt, besh va olti a‘zoli xelat turdagi komplekslarni hosil qilishi mumkinligidan dalolat beradi.

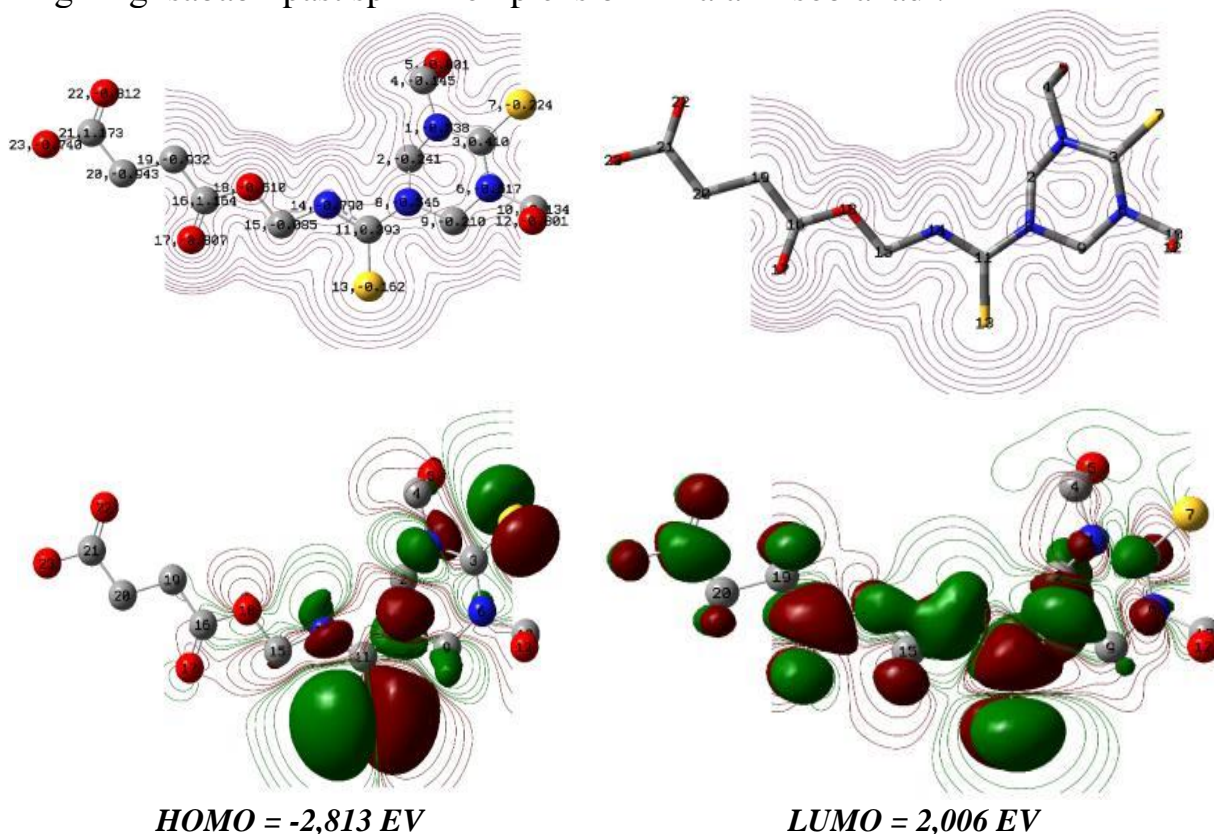
### 9-jadval

#### KFV polimer molekulasidagi donor atomlarning effektiv zaryadi qiymatlari

Atomlar	AM1, eV	MNDO, eV	PM3, eV	RM1, eV	MINDO3, eV
$\delta_q O^1_{(C-O)}$	-0,359	-0,345	-0,315	-0,370	-0,483
$\delta_q N^1_{(N)}$	-0,351	-0,487	-0,094	-0,534	-0,277
$\delta_q O^1_{(C=O)}$	-0,470	-0,458	-0,449	-0,508	-0,626
$\delta_q O^1_{(O-H)}$	-0,354	-0,350	-0,313	-0,360	-0,494
$\delta_q N^2_{(N)}$	-0,363	-0,491	-0,094	-0,532	-0,307
$\delta_q N^3_{(N)}$	-0,234	-0,447	-0,093	-0,465	-0,326
$\delta_q O^2_{(C=O)}$	-0,572	-0,532	-0,433	-0,600	-0,601
$\delta_q N^1_{(NH)}$	-0,360	-0,365	-0,020	-0,518	-0,239
$\delta_q O^1_{(C-O-C)}$	-0,309	-0,366	-0,292	-0,345	-0,570
$\delta_q O^3_{(C=O)}$	-0,381	-0,334	-0,599	-0,370	-0,633
$\delta_q O^2_{(O-H)}$	-0,351	-0,320	-0,404	-0,364	-0,492
$\delta_q O^3_{(O-H)}$	-0,318	-0,325	-0,342	-0,317	-0,476
$\delta_q O^4_{(C=O)}$	-0,307	-0,320	-0,332	-0,337	-0,540
$\delta_q O^2_{(C-O)}$	-0,317	-0,291	-0,380	-0,352	-0,531
E	-4291,3927 (kkal/mol)	-4292,0848 (kkal/mol)	-4313,8511 (kkal/mol)	- 3186,3911 (kkal/mol)	-4352,5971 (kkal/mol)

Olib borilgan tadqiqotlar natijasiga ko‘ra o‘rganilayotgan **TKFQ polimer ligandining** geometriyalari Avogadro dastur to‘plami yordamida hosil qilingan, so‘ngra GaussView 6.0.16 dasturiy ta‘minotidan foydalangan holda Molekula tuzilishlari optimizatsiyalari gaz fazasidagi izolyatsiyalangan molekular uchun Li - Yanga- Parra korrelyatsiya funksionalli (B3LYP) va 6- 311 G (d, p) bazislari bilan DFT metodida olib borildi. DFT (B3LYP) usulidan foydalanib GaussView 6.0.16 hisob-kitoblarning natijalari Malliken usuli va barcha atomlardagi zaryadlarni hisoblash uchun chegaraviy molekulyar orbital (FMO) yaqinlashuvidan foydalanildi. Avogadro dasturi yordamida vizualizatsiya qilindi. Ushbu usullar yordamida hisoblashdan olingan elektron zaryadlar natijalarini taqqoslash barcha metodlarda hisoblangan molekulalardagi manfiy zaryadning eng yuqori qiymatiga ega bo‘lgan donor atomlar koordinatsiyaga uchrashi mumkin deb xulosa qilindi.

TKFQ ligandining HOMO dagi elektron zichligi C=O, C=S, C-O-C va triazin xalqadagi azot guruhlaridagi kislorod va azot atomlarida joylashgan (10-rasm). Bu ligand uchun ham LUMO va HOMO holatlar energiyasi bir-biridan katta farq qiladi. Shu sababli KFQ ham kuchli maydon hosil qiladi va Pirsonning “qattiq va yumshoq kislotalar va asoslar” prinsipiga ko‘ra, -O-, -C=O, C=S guruhi va triazin halqasidagi azot atomlari spektator ligand sifatida raqobatlashadi. Natijada, oraliq kislotalar Cu(II), Ni(II), Zn(II) bilan triazin halqasidagi azot atomlari hamda -O-, C=S, va -C=O guruhi 2 ta to‘rt va 1 ta olti a‘zoli mustahkam xelat xalqali komplekslar hosil qiladi. Ushbu kompleks birikmalar metall ioni orbitallida bo‘linish energiyasi yuqori bo‘lganligi sababli past spinli kompleks birikmalar hisoblanadi.



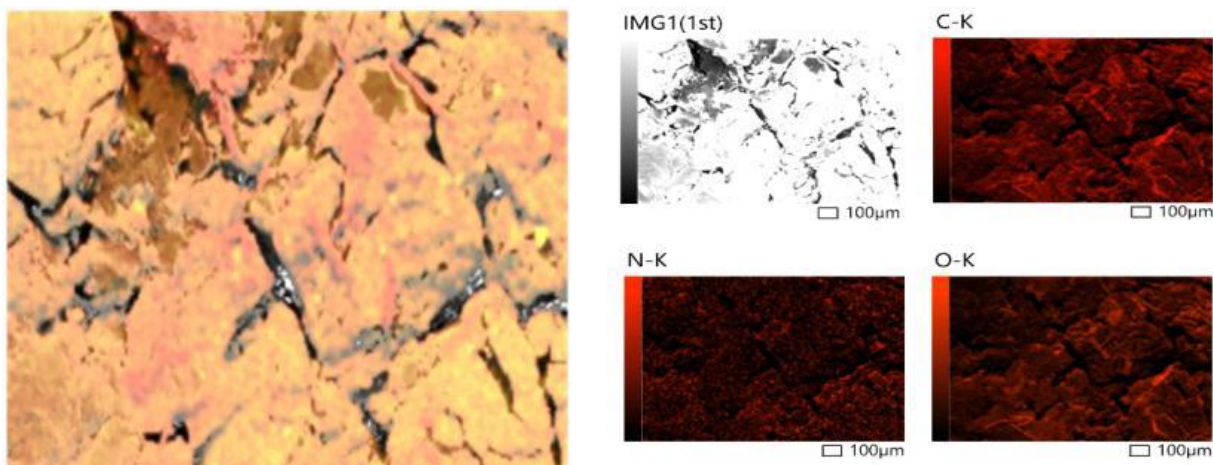
**10-rasm. TKFQ da zaryadning atomlarda taqsimlanishi va chegaraviy orbitallarning lokallashuvi.**

Raman va kvant-kimyoviy tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ning TKFQ ligandining bitta monomeriga nisbatan hosil qilgan kompleks birkmasining tuzilishini quyidagicha ifodalanishi mumkin: (11-rasm)

**MFV ligandning termik tahlili.** MFV ligandining differensial termik analiz (DTA) va termogravimetrik (TG) tasviridan olingan egri chiziq natijalari tahlil qilingan. DTA natijalariga ko‘ra, 130,92°C, 180,40°C, 272,43°C va 310,27°C haroratlarda endotermik shu bilan birgalikda 164,29°C, 235,82°C, 291,97°C va 355,73°C haroratlarda ekzotermik piklar hosil bo‘ldi. TG egri chizig‘i asosan 3 ta pik hosil qilib, massa yo‘qotiladigan harorat oraliq‘ida amalga oshdi. Birinchi massa yo‘qotish harorat 40,14-167,09°C da, 13,05 daqiqa davomida -0,932 mg massa yo‘qotildi, bu esa umumiy massaning 4,847% ni tashkil qiladi. Ikkinchi massa yo‘qotish harorat 166,01-355,49°C oraliq‘ida namuna massasining -12,471 mg

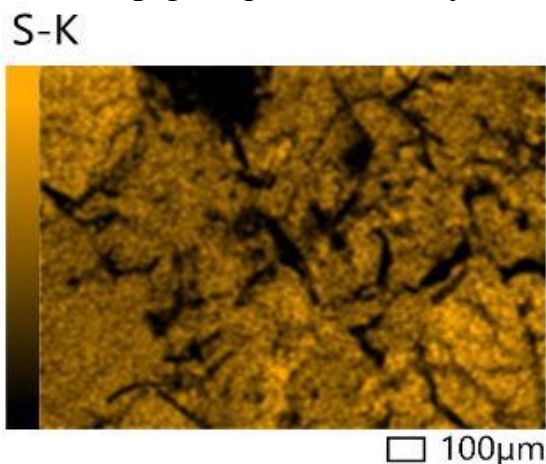


Olib borilgan tadqiqotlar natijasida olingan SEM analizi fotosuratlar kompleks hosil qiluvchi KFQ, KFL, KFV, TKFQ, TKFL va TKFV ligandlari mikro‘ovak tuzilishga ega ekanligini ko‘rsatadi. Bu polimer ligand juda yaxshi ya‘ni yuqori sorbsiya qobiliyatiga yoki turli metall ionlarini tutish qobiliyatiga ega.

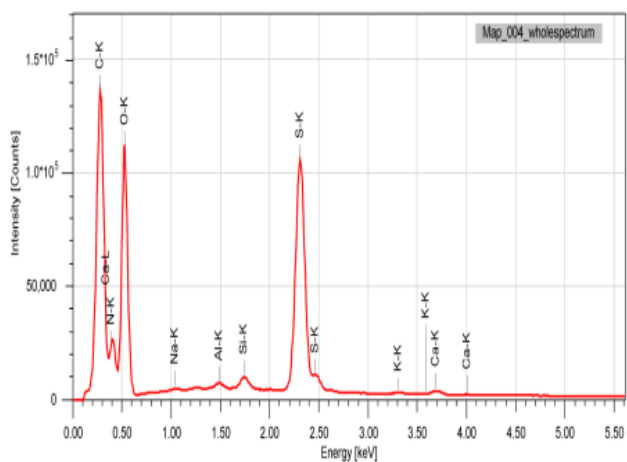


**15-rasm. TKFQ polimer ligandning SEM dagi tasviri**

**TKFV markali ligandning SEM dagi element analiz tahlili.** Olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, yangi tarkibli TKFV ligandning namunasini SEMda 1:100 va 1:1000-masshtab tasvirlarida reaksiyaga kirishmay qolgan dastlabki moddalarning qoldiqlari ko‘rinmaydi.



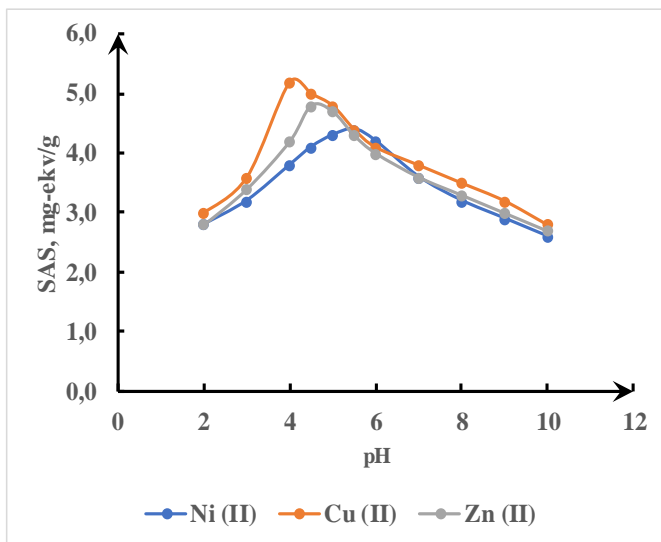
**16-rasm. TKFV markali kompleks hosil qiluvchi ligandning SEM dagi tasviri**



**17-rasm. TKFV markali kompleks hosil qiluvchi ligandning SEM dagi element analiz tasviri**

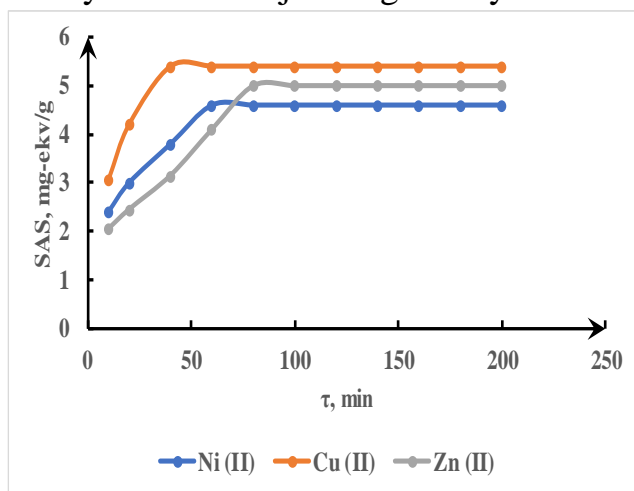
Tadqiqotlar davomida, reaksiya oxirigacha sodir bo‘lganligini hamda parallel ravishda borgan reaksiyada hosil bo‘lgan moddalarning element tarkibi haqida ma‘lumot olish imkonini berishi aniqlandi. Olingan natijalar 16-17-rasmlarda keltirilgan.

**Metallar sorbsiyasiga muhit pH kattaligining ta’siri.** Sintez qilingan kompleks hosil qiluvchi KFQ, MFQ, KFV, TKFQ, MFV va TKFV polimer ligandlarda Cu(II), Zn(II) hamda Ni(II) sorbsiyasining muhit pH kattaligiga bog‘liqligi o‘rganildi va olingan natijalar grafik ko‘rinishida tasvirlandi (24-rasmlar).



**18-rasm. KFQ ligandida Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlar sorbsiyasining muhit pH kattaligiga bog‘liqligi ( $C_{Me}=0,1$  n,  $m_{sorb}=0,1$  g,  $\tau=2$  s,  $V=10$  ml).**

muhitining pH kattaligi ortib borishi bilan, ya’ni pH =3 dan pH=6 gacha metallar ionlarining sorbsiyalanish darajasi maksimumdan o‘tadi. Muhit vodorod ko‘rsatkichining qiymati 6 dan ortib neytrallikdan ishqoriylikka o‘tgan sari sorbsiyalanish darajasining kamayishi kuzatiladi.



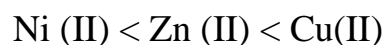
**19-rasm. KFQ da sorbsiyalangan metallar ionlari miqdorining vaqtga bog‘liqligi ( $C_{Me}=0,1$  n,  $m_{sorb}=0,1$  g, pH=6,  $V=10$  ml).**

o‘tkazildi, shuningdek aniqlash natijalari 19-rasmda grafik ko‘rinishida keltirilgan.

19-rasmdan ko‘rinib turibdiki, berilgan sharoitda muvozanatga erishishning maqbul vaqti o‘rganilgan ligandlarda o‘zaro o‘xshash, ya’ni Cu (II), Zn (II) va Ni (II) -40-100 minutni tashkil etadi. Ligand – eritma sistemasida muvozanat hosil bo‘lish vaqtini o‘rganishda adabiyotdagi ma’lumotlar asosida tadqiqotlar o‘tkazildi, shuningdek aniqlash natijalari 19-rasmda grafik ko‘rinishida keltirilgan.

Sintez qilingan ligandlarda metallar sorbsiyasining muhit pH kattaligiga bog‘liqligi tasvirlangan grafikdan metallar ionlarining ligandlarda sorbsiyasi kuchsiz kislotali muhitlarda nisbatan ko‘proq bo‘lishi ko‘rinib turibdi. KFQ ligandida metallar sorbsiyasini o‘rganish natijalariga ko‘ra, ligandning statik almashinish sig‘imi (mg-equiv/g) muqobil muhit pH kattaligida quyidagicha bo‘ldi: Cu (II) – 5,2 (pH =4); Ni (II) – 4,4 (pH =5,5); Zn (II) – 4,8 (pH =5,5); 18-rasmdagi grafikdan ko‘rinib turibdiki, eritma

Sorbsiyada muqobil pH kattaligi tegishli metallar asidokomplekslarining hosil bo‘lish pH kattaligiga mos keladi. Shunga ko‘ra, o‘rganilgan metallar ionlarining KFQ liganddida sorbsiyalanish darajasi quyidagi qatorda ortib boradi:



**Ligand – eritma sistemasida muvozanat hosil bo‘lish vaqti.** Ligand – eritma sistemasida muvozanat hosil bo‘lish vaqtini o‘rganishda adabiyotdagi ma’lumotlar asosida tadqiqotlar

Olingan sorbentlarning turli reaksiyon muhitlarda (ishqor, mineral kislotalar, qutbli organik erituvchilar) barqarorligini o'rganish statik sharoitda  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  haroratda o'tkazildi. Buning uchun 50 mg sorbent o'rganilayotgan 50 ml eritmaga 2 soat davomida solib aralastirib turildi. So'ngra sorbent eritmadan ajratildi va komponentlar konsentratsiyalari solishtirish usuli bilan aniqlandi.

**10-jadval.**

**MFQ sorbentidan ba'zi d-metallarning desorbsiyasi**

**( $m_{\text{sorb}}=0,03 \text{ g}$ ,  $\tau=1,5-2 \text{ c}$ )**

Kislota	Kislota konsentratsiyasi, mol/l	Kislota hajmi, ml	Desorbsiya darajasi, %		
			Cu	Zn	Ni
HCl	0,1	5	15	15	10
		10	40	40	50
		15	50	60	55
	0,3	5	20	20	15
		10	40	40	30
		15	60	60	55
	0,5	5	40	35	30
		10	80	80	75
		15	95	93	91

Desorbsiya sorbentdan qayta foydalanish imkonini beradi. Desorbsiya jarayoni uchun elyuent tanlash sorbentlarning turli reaksiyon muhitlarda barqarorligini o'rganishga asoslangan. Metall ionlarini miqdoriy desorbsiyalash konsentratlarni filtrda elyuyent sifatida qo'llanilgan 0,1-0,5 M li kuchli mineral kislotalar (HCl,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) va ularning 0,1 M tiokarbamid bilan 1:1 hajmiy nisbatdagi aralashmalaridan 5-15 ml hajmlarida yuvish orqali amalga oshirildi. Elyuat tarkibidagi o'rganilgan metall ionlarining miqdori spektrofotometrik usulda aniqlandi (10-jadval).

Ionlarni miqdoriy desorbsiyalash sorbsiyalangan ionlarni mineral kislotalar eritmalari bilan tezroq ajratib olish imkoniyatini beradi, natijada sorbentlar regeneratsiyasi amalga oshib, ulardan takroriy foydalanish imkoniyati ortadi. Olingan metallokomplekslarning o'rtacha konsentratsion barqarorlik doimiyliklariga ega ekanligi, ularning desorbsiyalanishini yanada osonlashtiradi va tezlashtiradi. 10-jadvalda MFQ sorbentida konsentrlangan kislotalarda ligandlarining Cu(II), Zn(II) va Ni(II) metall ionlarining desorbsiyasi tahlili natijalari ko'rsatilgan. Elyuyentning konsentratsiyasi va hajmining ortishi ionlar desorbsiya darajasining oshishiga olib kelgan.

Dissertatsiyaning «**Kompleks hosil qiluvchi immobillangan polimer ligandlar olishni iqtisodiy asoslash**» deb nomlangan to'rtinchi bobida ba'zi d-metallarni eritmalardan sorbsion ajratish uchun kompleks hosil qiluvchi immobillangan ligandlar asosida sorbentlar ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligini hisoblash natijalari hamda kompleks hosil qiluvchi KFQ sorbenti yordamida oqova suvlarini sorbsion tozalash sxemasi keltirilgan.

## XULOSA

1. Ikki asosli karbon kislotalar qaxrabo va vino kislotalarini karbamid, tiokarbamid hamda melamin formaldegid matritsaga kovalent immobillash asosida kompleks hosil qiluvchi KFQ, MFQ, KfV, MFV, TKFQ, hamda TKFV tarkibli immobillangan polimer ligandlar sintez qilindi, shuningdek, qaxrabo va vino kislotalarini polimer matritsalariga kovalent immobillash asosida polimer ligandlar sintez qilishning maqbul sharoitlari taklif etildi: harorat 120-130°C, reaksiya uchun sarflangan vaqt 2,5-3 soat va 0,1 n NaOH eritmasi uchun statik almashinish sig‘imi KFQ 5,0 mg-ekv/g, MFQ 7,0 mg-ekv/g, KfV 5,2 mg-ekv/g, TKFQ 5,1 mg-ekv/g, MFV 7,6 mg-ekv/g hamda TKFV 5,8 mg-ekv/g.

2. Ligandlar molekulasidagi donor atomlarning effektiv zaryadlari va elektron zichliklarining taqsimlanish tabiatini hisoblash usullari asosida eng faol reaksiya qobiliyatga ega donor markazni aniqlash uchun birikmalarning geometriyalari Hyper Chem 8.01 dasturiy ta‘minotidan foydalangan holda yarim empirik kvant-kimyoviy AM1, MNDO, PM3, RM1, MINDO3 usullari yordamida to‘liq optimallashtirildi. Hisoblash natijasida olingan elektron zaryadlar qiymatlarini taqqoslash asosida barcha hisoblangan molekulardagi manfiy zaryadning eng yuqori qiymatiga ega bo‘lgan koordinatsiya markazlari aniqlandi.

3. Sintez qilingan kompleks hosil qiluvchi ionitlarning kimyoviy barqarorligi kuchli kislotalar, ishqorlarning hamda oksidlovchilarning 10% li eritmalari kabi turli agressiv muhitlarda sinovdan o‘tkazildi hamda ushbu ionitlarning statik almashinish sig‘imining kamayishi 6 ta sorbsiya-desorbsiya siklida 6-7% ni tashkil etishi ko‘rsatildi. Olingan immobillangan ligantlardan MFQ, MFV va TKFV kuchli kislotali eritmalardan va oksidlovchi muhitida metall ionlarini sorbsiyalashda tavsiya etildi.

4. KFQ, MFQ, KfV, TKFQ, MFV va TKFV immobillangan polimer ligandlarning hosil qilgan metallokomplekslarining termik tahlil natijalari asosida polimer ligandlarning termik barqarorligi TKFQ < TKFV < MFV < KFQ < KfV < MFQ qatorida ortib borishi aniqlandi. Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlarining olingan polimer ligandlar bilan koordinatsion birikmalarining eritmadagi konsentratsion barqarorlik doimiyliklarini aniqlash natijalari metall ionlarining bir xil immobillangan ligandlar bilan hosil qilgan kompleks birikmalar barqarorligining ortib borishi Irving-Vilyams qatoriga mos keladigan Ni (II) < Zn (II) < Cu(II) qatori taklif etildi.

5. Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlarining immobillangan ligandlar bilan kompleks hosil qilib sorbsiyalanishi eritma muhiti pH kattaligining pH=3-6 intervalida maksimumdan o‘tishi aniqlandi. Berilgan ligandlarda Freyndlix modeli bo‘yicha Cu(II) ionlari sorbsiya izotermalarining doimiyliklari hisoblandi. Cu(II) ioni keltirilgan sorbentlarda erkin energiya va entalpiyaning kamayib, entropiyaning ortishi bilan o‘z-o‘zidan sorbsiyalanishi, ligand fazasida koordinatsion birikma hosil bo‘lishi bilan sistema entropiyasining ortishini ligand faol funksional guruhlarining solvat bulutlarining parchalanishi bilan asoslandi.

6. Sintez qilingan polimer ligandlar tarkibidagi karbonil, tiokarbonil, amino va azoguruhlar hisobiga ligandlarning spektrokimyoviy qatori bo‘yicha kuchli maydon

ligandlari bo'lib, Pirsonning "qattiq va yumshoq kislotalar va asoslar" prinsipiga ko'ra qattiq asos hisoblanishi va oraliq kislotalar bo'lgan Cu(II), Ni(II), Zn(II) ionlari bilan quyi spinli kompleks birikmalar hosil qilishi ko'rsatildi.

7. KFQ va KFV polimer ligandlarida ikki valentli metall ionlari triazin halqaning 2-holatidagi karbonil (TFQ da tiokarbonil), 3-N-metilol guruhdagi kislorod atomlari hisobiga 6 a'zoli hamda 5-N-oksimetilkarbamin guruhdagi karbonil (TFV ga tiokarbonil), aminoguruhlar, qaxrabo kislota qoldig'idagi karbonil guruhlar hisobiga 4 va 6 a'zoli 2 ta xelat halqa hosil qilib koordinatsiyalanishi kvant-kimyoviy hisoblash, IQ, Raman spektr tahlil natijalari asosida aniqlandi.

8. MFQ va MFV polimer ligandlarining Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlari bilan barqaror kompleks hosil qilishida ligand molekulasidagi oksimetilamin guruhining azot atomi hamda kislota qoldig'idagi karbonil guruhining kislorod atomlari bilan mustahkam 5 a'zoli xelat halqa hosil qilib koordinatsiyalanishi ko'rsatib berildi.

9. Olingan polimer ligandlar asosidagi sorbentlarda Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlari desorbsiyasi kuchli kislotali muhitlarda bosqich bilan ichki sferada ligand almashinish reaksiyasida koordinatsion bog'ning parchalanishi bilan sodir bo'lishi hamda tegishli atsidokomplekslar hosil bo'lishi aniqlandi. Shunga ko'ra, desorbsiya jarayonida xlorid va sulfat kislotalarning 0.1 N eritmalari hamda ularning 0.1 M tiokarbamid bilan 1:1 hajmiy nisbatdagi aralashmalaridan foydalanish tavsiya etildi.

10. O'tkazilgan tadqiqotlar natijasida, ikki asosli karbon kislotalarni immobillash asosida olingan polimer ligandlar "Petromaruz-Uzbekistan" MChJda sanoat oqava suvlarini va Xandiza kon boyitish fabrikasi yerosti shaxta suvlarini og'ir metallar ionlaridan tozalash uchun amaliyotda qo'llashga tavsiya etildi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ  
НАУЧНОГО СОВЕТА PhD.03/30.04.2022.К.78.05  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЁНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МУКУМОВА ГУЛЬВАР ДЖУМАЕВНА**

**СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСНЫХ  
СОЕДИНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ 3d-МЕТАЛЛОВ С ПОЛИМЕРНЫМИ  
ЛИГАНДАМИ НА ОСНОВЕ ИММОБИЛИЗАЦИИ ДВУХОСНОВНЫХ  
КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ**

**02.00.01-Неорганическая химия**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА НАУК (DSc)  
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Термез-2024**

Тема диссертации доктора химических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером В2024.3.DSc/K192.

Диссертация выполнена в Термезском государственном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу [www.tersu.uz](http://www.tersu.uz) и информационно-образовательном портале Ziyonet по адресу [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Научный консультант:**

**Тураев Хайит Худайназарович**  
доктор химических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Кадирова Шахноза Абдухалиловна**  
доктор химических наук, профессор

**Ибрагимов Азиз Бахтиярович**  
доктор химических наук, профессор

**Рахманбердиев Гапнар Рахманбердиевич**  
доктор химических наук, профессор

**Ведущая организация:**

**Самаркандский государственный университет**

Защита диссертации состоится 30 XI 2024 г. в 10<sup>00</sup> часов на заседании разового Ученого совета на основе Ученого совета PhD.03/30.04.2022.K.78.05 при Термезском государственном университете по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Центре информационных ресурсов Термезского государственного университета (зарегистрированный номер № 265). Адрес: 190111, город Термез, улица Баркамол авлода, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz).

Автореферат диссертации разослан 11 XI 2024 г.  
(протокол рассылки № 1 от 11 XI 2024 г.)



**З.З.Яхшиева**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученой  
степени, д.х.н., проф.

**Ю.А.Гелдиев**  
Ученый секретарь научного  
совета по присуждению ученой  
степени, д.ф.х.н.

**О.Н.Рузимуратов**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученой степени, д.х.н., проф.

## **ВВЕДЕНИЕ (Аннотация докторской диссертации)**

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В современном мире более 70 процентов используемой воды в промышленных предприятиях, загрязнены токсичными ионами металлов, а основными источниками этого являются тепловые электростанции на основе угля, гальваническая промышленность, нефтеперерабатывающие заводы, переработка отходов, сельское хозяйство, горнодобывающая промышленность, транспорт, пищевая и фармацевтическая промышленность, образующийся в таких отраслях, серьезные загрязнители, содержащие тяжелые металлы, органические и неорганические вещества, красители, пестициды сбрасываются непосредственно в сточные воды, реки, озера, пруды или канализацию. В качестве решения вышеперечисленных проблем сегодня широко используются комплексообразующие сорбенты-полимерные лиганды при первичной и вторичной очистке сточных вод на основе экономических эффективных технологий. Получение полимерных лигандов на основе природных материалов, некоторых отходов промышленности и сельского хозяйства из экономически дешевых, а также комплексообразующих соединений, содержащих серу, кислород, азот, а также их применение в различных отраслях промышленности имеет важное значение при осуществлении производственных процессов на основе современных безотходных технологий.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на синтез полимерных лигандов и сорбцию ими ионов металлов из сложных растворов. В связи с этим особое внимание уделяется синтезу комплексообразующих лигандов, содержащих азот, фосфор, серу, их физико-химические свойства, определение сорбционной способности лигандов в динамических и статических условиях, влияние различных факторов на сорбционно-десорбционные процессы, с помощью которых происходит очистка технологических растворов от ионов тяжелых и токсичных металлов, выделение металлов из сложных растворов, селективное выделение металлов в виде комплексных соединений, выделению и определению сорбционных способностей лигандов в различных агрессивных средах.

В нашей республике большое внимание уделяется внедрению научно обоснованной системы управления промышленными объектами и природоохранным мероприятиям посредством внедрения инновационных технологий. В «Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» определены приоритетные направления экономического развития на основе глубокой переработки местного сырья, дальнейшего ускорения производства готовой продукции с высокой добавленной стоимостью, развития качественно вопросы изменения новых видов продукции и технологий оговариваются отдельно<sup>1</sup>. В связи с этим в развитии ведущих отраслей народного хозяйства, в том числе химической промышленности, получение селективных сорбентов

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

- полимерных лигандов на основе направленного органического синтеза и исследование с их помощью комплексных соединений, образующихся при сорбции d-металлов, являются актуальными задачами и имеет большое значение.

Результаты данного диссертационного исследования служат в определенной степени реализации задач, определенных в нормативно-правовых документах, таких как, Постановления Президента Республики Узбекистан №ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №ПХ-3246 от 29 августа 2017 года «О мерах по совершенствованию экспортно-импортных деятельности организаций химической промышленности» № PQ-3479 от 17 января 2018 года «Меры по стабильному обеспечению отраслей экономики страны продукцией и сырьем, пользующимися повышенным спросом» и PQ-4265 от 3 апреля, 2019 г. «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности» и другие нормативные акты, связанные с этой деятельностью.

**Соответствие исследований приоритетам развития науки и техники республики.** Данные исследования проводились в соответствии с VII приоритетным направлением развития науки и технологий республики «Химические технологии и нанотехнологии».

### **Обзор зарубежных исследований по теме диссертации<sup>3</sup>.**

Синтез, строение и свойства комплексных соединений некоторых 3d-металлов с полимерными лигандами, полученных на основе иммобилизации двухосновных карбоновых кислот, получение сорбционных систем на основе иммобилизованных лигандов, а также применение этих сорбционных систем при сорбции ионов различных металлов. исследования реальных объектов проводятся в ведущих научных центрах мира, в том числе: Пенсильванском государственном университете, институте экосистемных наук и менеджмента и исследования материалов (США), Университете Торонто (Канада), Школе химии и химического машиностроения Университета Цзянсу (Китай), Инженерный институт окружающей среды Корейского университета (Южная Корея), Университет Южного Гуджарата имени Вира Нармада (Индия), Лейденский химический институт (Нидерланды), Бакинский государственный университет (Азербайджан), Ивановский государственный химико-технологический университет (Россия), Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси (Беларусь), Институт химии имени А.Б. Бектурова (Казахстан), Национальный университет Узбекистана, Институт общей и неорганической химии АН Узбекистана, Ташкентский научно-исследовательский химико-технологический институт (Узбекистан)).

В ходе исследований, проведенных по образованию комплексов с полимерными лигандами, полученными на основе иммобилизации

---

<sup>3</sup>Обзор международных научных исследований по теме диссертации подготовлен на материалах <http://www.scholar.google.com>, <http://www.sciencedirect.com> и других источников.

соединений, содержащих донорные атомы O, N, S некоторых ионов d-металлов в полимерных матрицах, определении их свойств и применении на реальных объектах, получен ряд результатов, в том числе исследован синтез некоторых ионов d- и f-металлов на основе 2-пропенилфенола и формальдегида и изучена их сорбция путем образования комплекса на карбоксилатных сорбентах (Бакинский государственный университет, Азербайджан), изучена сорбция ионов тяжелых металлов карбоксилатными производными хитозана (Школа химии и химического машиностроения Университета Цзянсу, Китай), сорбция ионов Cu(II), Ni(II), Zn(II), Cd(II) на получены сорбенты на основе иммобилизации таких лигандов, как салициловая кислота, 8-оксихинолин (Университет Вир Нармад Южного Гуджарата, Индия), получены сорбенты на основе модифицированного полиакрилонитрила и проведены с их использованием исследования по сорбции редких металлов (Университет Газиантеп, Турция), получены хелатирующие сорбенты с функциональной группой N-арил-3-аминопропиона и изучены комплексообразующие свойства сорбентов, полученных на основе ковалентной иммобилизации реагентов в хитозановую матрицу (первый президент России Б.Н. Ельцина, Россия), разработал сорбционно-спектрофотометрические и сорбционно-атомно-абсорбционные методы количественного определения ионов различных металлов в реальных объектах с использованием иммобилизованных азореагентов (Национальный университет Узбекистана, Узбекистан).

Целенаправленный синтез селективных сорбентов, основанный на иммобилизации комплексообразователей, содержащих кислород, азот, серу, в различных матрицах, изучении их физико-химических и аналитических свойств, природы заместителей в лигандах и комплексных соединениях, образующихся с ионами металлов, между кислотно-основными свойствами, моделируя процесс образования систем металл-сорбент, что позволяет селективно отделять ионы металлов из сложных растворов ведутся исследования по разработке сорбционных систем.

**Уровень изученности проблемы.** За рубежом проводились исследования по синтезу иммобилизованных полимерных лигандов и их координационных соединений, полученных при сорбции переходных металлов, D.K.Singh, Wang Jinnan, A.Wołowicz, S.Tong синтез сорбентов на основе различных аналитических комплексообразующих реагентов, M.H. Morcali, R.P.Kusy, M.Murakami, D.Mendil, P.P.Coetzee, а также ряд всемирно известных ученых СНГ, Н.Г. Полянский, Г.В. Мясоедова, Л.К. Неудачина, Л.А. Пимнева, А.В. Даванков, Ю.А. Кокотов, Н.Н. Басаргин, Д.В. Салихов, О.В. Кичигин, В.Ф.Борбат, изучали синтез комплекс- и хелатобразующих ионитов и сорбентов, методы их сорбции и разделения с переходными d-металлами, а также комплексные соединения образующиеся при сорбции.

В нашей стране исследованиями синтеза, структуры и свойств комплексных соединений занимались ученые такие как академики Н.А.Парпиев, Б.Т. Ибрагимов, профессоров: Х.Х.Хакимов, Х.Т.Шарипов, О.Ф.Ходжаев, Т.А.Азизов, А.А.Шабиладов, Б.Б.Умаров, Х.Х.Тураев,

Ш.А.Кадилова, З.Ч.Кадилова, Ш.Ш.Даминова, А.Б.Ибрагимов, Ж.М.Ашуров и Ш.А.Касимов.

Ими были проанализированы применение комплексообразующих сорбентов в анализе промежуточных металлов, строение и свойства образующихся в процессе сорбции координационных соединений. Однако координационные соединения, образующиеся при хелатировании полимерных лигандов с промежуточными ионами металлов, и их строение изучены недостаточно.

**Связь диссертационного исследования с научными планами высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.** Выполнена диссертационная работа по плану Ф-7-28 НИР Термезского государственного университета «Синтез бинарных экстрагентов на основе четвертичных соединений азота и фосфора и их координационных соединений с редкими металлами» (2012-2016 гг.) и ИТД-12 ОТ-Ф7-34. в рамках фундаментальных проектов по теме «Синтез комплексообразующих полифункциональных ионитов и теоретические основы разделения их некоторых d-металлов» (2017-2020).

**Целью исследования** является определение синтеза комплексных соединений некоторых 3d-металлов с полимерными лигандами, полученных на основе иммобилизации двухосновных карбоновых кислот в полимерную матрицу, их структуры и свойства.

**Задачи исследования:**

синтез полимерных лигандов на основе иммобилизации двухосновных карбоновых кислот - бутандиоксида и 2,3-дигидроксибутандикислот в карбаминоформальдегидных, тиомочевиноформальдегидных и меламиноформальдегидных матрицах;

определение оптимальных условий сорбции ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) в сорбентах на основе синтезированных полимерных лигандов;

анализ методами квантово-химического расчета координационных центров в комплексных соединениях, образующихся при сорбции ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) полимерными лигандами;

определение составно-структурных связей в синтезированных полимерных лигандах и полученных комплексных соединениях методами инфракрасной (ИК), рамановской спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), термогравиметрического (ТГА) и дифференциально-термического анализа (ДТА);

теоретическое обоснование влияния pH, температуры и концентрации ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) на комплексообразование в водных растворах;

определение констант концентрационной устойчивости комплексных соединений, образующихся при сорбции ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) полимерными лигандами;

определение влияния концентрации минеральных кислот в процессе десорбции на устойчивость комплексных соединений, образуемых ионами Cu(II), Zn(II) и Ni(II) с полимерными лигандами;

разработка рекомендаций по сорбентам на основе синтезированных полимерных лигандов для сорбционной очистки растворов промышленных сточных вод с образованием комплексных соединений из ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II).

**Объектом исследования** являются комплексные соединения ионов Cu (II), Zn (II) и Ni (II) с полимерными лигандами, полученные на основе иммобилизации двухосновных карбоновых кислот - бутандикислоты и 2,3-дигидроксибутандикислот в матрице мочевины, тиокарбамидформальдегида и меламинаформальдегида.

**Предметом исследования** является процесс комплексообразования полученных иммобилизованных лигандов в растворе, состав и строение синтезированных комплексных соединений, а также изучение их физико-химических свойств.

**Методы исследования.** В исследованиях использовали УФ-, ИК-, Рамановскую спектроскопию, термогравиметрический, дифференциально-термический анализ, сканирующую электронную микроскопию (морфология поверхности, элементный анализ), спектрофотометрическое, потенциометрическое титрование и методы квантово-химического расчета.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

получены 6 полимерных лигандов на основе иммобилизации бутандиоксида и 2,3-дигидроксибутандикислот в карбамидоформальдегидных, тиомочевиноформальдегидных, меламинаформальдегидных матрицах;

вычислена электронная структура молекул полимерных лигандов, иммобилизованных в полимерной матрице, на основе их геометрических параметров, на основе исследования зарядов наибольшие центры локализации координационной связи были определены квантово-химическими методами;

установлены состав, строение и свойств полученных иммобилизованных полимерных лигандов и комплексных соединений методами инфракрасной (ИК), Рамановской спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), термогравиметрического (ТГА) и дифференциально-термического анализа (ДТА);

доказана, что константы устойчивости комплексов, образуемых хлоридными, нитратными, сульфатными солями ионов Cu(II), Zn(II), Ni(II) с полимерными лигандами, возрастают в ряду Ni(II) < Zn(II) < Cu(II) по Ирвингу – Уильямсу;

определена устойчивость комплексных соединений ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II), образующихся с полимерными лигандами, в растворах минеральных кислот высокой концентрации (1-3 М) и оптимальные условия протекания процесса десорбции;

разработаны рекомендации по сорбционной очистке промышленных отработанных растворов на основе иммобилизованных полимерных лигандов с образованием комплексных соединений с ионами Cu (II), Zn (II) и Ni (II).

**Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

получено шесть типов новых иммобилизованных лигандов на основе мочевины, тиомочевины, меламинаформальдегида, янтарной и винной кислот, содержащих азот, кислород и серу;

определено влияние температуры, соотношения исходных веществ, продолжительности реакции на процесс сорбции иммобилизованных лигандов и указаны оптимальные условия получения иммобилизованных лигандов;

статическую и динамическую обменную емкость полученных иммобилизованных лигандов по отношению к ионам Cu(II), Zn(II) и Ni(II) определяли из индивидуальных и смешанных растворов;

методами ИК-спектроскопии, Рамановской спектроскопии и СЭМ-анализа определен состав и строение комплексных соединений, синтезированных на основе иммобилизованных лигандов, а методами дифференциально-термического анализа (ДТА) и термогравиметрического (ТГ) анализа их термическая стабильность;

Определены состав, структура и константы концентрационной устойчивости комплексных соединений, образующихся в процессе сорбции полученных полимерных сорбентов в водных растворах.

**Достоверность результатов исследования.** Состав и строение синтезированных соединений основаны на экспериментальных результатах, полученных с использованием современных методов, таких как элементный анализ, ИК-спектроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, сканирующая электронная микроскопия (фотография, элементный анализ), квантово-химический расчет.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования:**

Научная значимость результатов исследования объясняется разработкой методов получения новых комплексообразующих иммобилизованных лигандов, установлением оптимальных условий образования комплексообразующих соединений полученными лигандами с ионами Cu(II), Zn(II) и Ni(II), структура металлокомплексов, образующихся в ходе реакции, объясняется тем, что определена способность к комплексообразованию.

Практическая значимость результатов исследований обусловлена сорбционно-десорбционными методами на основе комплексообразования ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) в промышленных растворах с использованием полимерных лигандов и сорбентов на их основе, получаемых иммобилизацией бутандикислот и 2,3-дигидроксипутандикислот в матрицы мочевины, тиокарбамидформальдегида, меламинаформальдегида служит для разделения и очистки промышленных сточных вод.

**Внедрение результатов исследований:** на основе результатов, полученных при применении комплексообразующих полимерных матрице карбамида, тиомочевины, формальдегида содержащих азот, кислород и серу, иммобилизованы в матрицу некоторыми двухосновными карбоновыми кислотами на основе результатов, полученных при применении комплексообразующих полимерных лигандов и сорбентов:

Комплексообразующие полимерные лиганды, полученные иммобилизацией бутановой кислоты и 2,3-дигидроксибутандикислот в карбамидоформальдегидных, тиомочевиноформальдегидных, меламиноформальдегидных матрицах, использованы при сорбционной очистке сточных вод на зарубежном предприятии «Petromaruz-Uzbekistan». (Справка № ЭКО-306 от 27 августа 2024 года зарубежного предприятия «Petromaruz-Uzbekistan»). В результате это позволило использовать высокоэффективные сорбенты, полученные на основе местного сырья, импорт заменяемыми при очистке сточных вод;

Сорбенты, полученные на основе синтезированных комплексообразующих полимерных лигандов, использованы при сорбционном отделении ионов металлов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) из сточных вод на зарубежном предприятии «Petromaruz-Uzbekistan». (Справка № ЭКО-306 от 27 августа 2024 года зарубежного предприятия «Petromaruz-Uzbekistan»). В результате удалось выделить часть ионов 3d-металлов из многокомпонентных растворов;

сорбенты на основе полимерных лигандов, полученные иммобилизацией двухосновных карбоновых кислот в полимерные матрицы, внедрены в практику на зарубежном предприятии «Petromaruz-Uzbekistan» для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов. (Справка № ЭКО-306 от 27 августа 2024 года зарубежного предприятия «Petromaruz-Uzbekistan»). В результате это позволило эффективно очищать сточные воды от ионов тяжелых металлов до одной десятой допустимой концентрации.

**Утверждение результатов исследования:** Результаты исследования были представлены и обсуждены на 16 международных и 17 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования:** всего по теме диссертации опубликовано 45 научных работ, из них 14 статей опубликовано в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций ВАК Республики Узбекистан, в том числе 5 республиканских и 9 из них опубликованы в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составил 188 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность темы диссертации, ее важность и необходимость в решении проблемы, приводятся цели и задачи научно-исследовательской работы, объекты и предмет исследования, а также совместимость исследования. показаны приоритетные направления развития науки и техники в Республике Узбекистан, констатируется научная новизна и практическая значимость работы, сделаны выводы о перспективах внедрения результатов научно-исследовательской работы, а также предоставлена

информация о структуре диссертационной работы и публикации на основе научно-исследовательской работы.

В первой главе диссертации под названием **«Синтез комплексообразующих иммобилизованных лигандов и их координационных соединений с металлами»** дано базовое введение комплексообразующих полифункциональных лигандов их основные физико-химические синтезы ионов, содержащих кислород, азот, серу и сравнительный анализ литературы. Представлен анализ научных источников по сорбции некоторых ионов d-металлов из растворов с помощью лигандов методами комплексообразования и очистки сточных вод. Сравнительному анализу методов ковалентной иммобилизации лигандов в органических полимерных матрицах, показаны сорбенты на основе иммобилизованных лигандов, их специфичность и сравнительный анализ строения комплексных соединений, приведены обзоры литературы по сорбции ионов цветных и редких металлов из растворов с использованием сорбентов на основе комплексообразующих иммобилизованных лигандов, а также исследование координационных соединений, образующихся при сорбции. На основании критики анализа литературных данных определены цели и задачи диссертации.

Во второй главе диссертации под названием **«Получение иммобилизованных полимерных лигандов, синтез и исследование их комплексных соединений с некоторыми 3d-металлами»** дано научное обоснование объектов исследования и современных методов анализа. Освещен синтез полимерных лигандов на основе методов исследования и модификации карбамида, тиомочевины и меламинаформальдегидной смолы двумя основными органическими кислотами - бутандиоксидом и 2,3-дигидроксибутандикислотой. Приведены методы определения статической обменной емкости (СОЕ) полимерных сорбентов, полученных на основе иммобилизации, по отношению к ионам Cu(II), Ni(II), Zn(II), констант стабильности координационных соединений, образующихся в процессе сорбции в растворе, а также времени образования равновесия в системе лиганд – раствор.

Ковалентная иммобилизация янтарной и винной кислот на карбамидо-, тиомочевино-, меламинаформальдегидных матрицах, их состав и физико-химические свойства, эксплуатационные характеристики, а также поиск конкретных объектов, практически применяемых для очистки сточных вод, на предприятиях содержащих ионы металлов химической промышленности имеют важное научное и практическое значение. Соответственно были получены следующие сорбенты (табл. 1).

**Синтез иммобилизованного лиганда КФЯ.** 1,2 г (0,02 моль) мочевины растворяли в 4 мл (0,05 моля) формалина в трехгорлой колбе, снабженной обратным холодильником и автоматической мешалкой для синтеза полимерных лигандов, содержащих азот и кислород и рН=8-9. Добавляли раствор гидроксида аммония до завершения. Температуру нагревали до 70-80 °С до образования вязкой массы. К полученной вязкой смеси по каплям добавляли 1,18 г (0,01 моль) раствора янтарной кислоты в 5

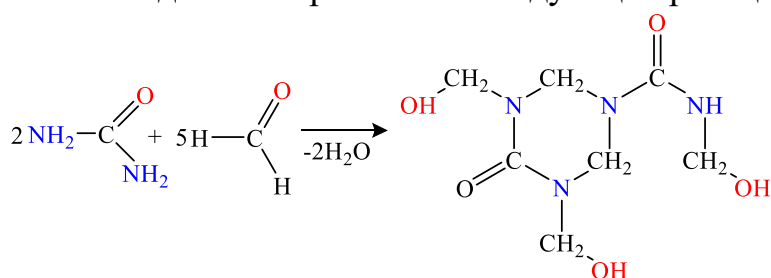
мл гидроксида аммония и перемешивали. При повышении температуры до 110-130 °С образовывалась твердая или клейкая масса.

**Таблица 1.**

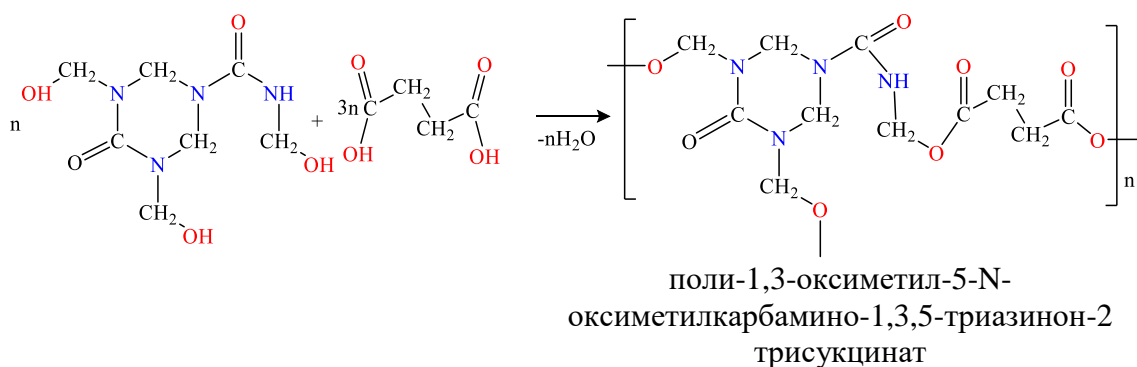
**Полимерные лиганды, полученные иммобилизацией бутандиовой и 2,3-дигидроксипутандиовой кислот в мочевино-, тиомочевино-, меламиноформальдегидных матрицах**

№	Название двухосновной кислоты	Матрица	Название полимерного лиганда	Сорбент	СОЕ по иону Cu <sup>2+</sup> , мг-экв/г
1	Бутандикислота	Карбамид-формальдегид	поли-1,3-диоксиметил-5-N-оксиметилкарбамино-1,3,5-триазинон-2 трисулцинат	КФЯ	5,6
2	2,3-дигидрокси-бутандикислота	Тиокарбамид-формальдегид	поли-1,3-диоксиметил-5-N-оксиметилтио-карбамино-1,3,5-триазинтион-2 тритартрат	ТКФВ	8,2
3	Бутандикислота	Меламин-формальдегид	поли-2,4,6-триоксиметил-аминотриазин-1,3,5-трисулцинат	МФЯ	7,6
4	2,3-дигидрокси-бутандикислота	Карбамид-формальдегид	поли-1,3-диоксиметил-5-N-оксиметилкарбамино-1,3,5-триазинон-2 тритартрат	КФВ	5,8
5	Бутандикислота	Тиокарбамид-формальдегид	поли-1,3-диоксиметил-5-N-оксиметилтио-карбамино-1,3,5-триазинтион-2 трисулцинат	ТКФЯ	5,7
6	2,3-дигидрокси-бутандикислота	Меламин-формальдегид	поли-2,4,6-триоксиметил-аминотриазин-1,3,5-тритартрат	МФВ	6,4

Полученную смолистую массу поместили в фарфоровую посуду и высушили в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 20 часов. После измельчения высушенного полимера низкомолекулярные вещества промывали сначала 5%-ным раствором щелочи натрия, а затем несколько раз дистиллированной водой до нейтральной реакции. В результате образовалась белая зернистая масса, состоящая из мелких пор. Выход продукта составил 90%. Полученный лиганд синтезировали по следующей реакции:



1,3-дигидроксиметил-5-N-оксиметилкарбамино-1,3,5-триазинон-2



### Схема 1. Реакция синтеза иммобилизованного лиганда КФЯ

**Синтез хелатного сорбента на основе меламина, формалина и янтарной кислоты.** 2,52 г (0,02 моля) меламина растворяли в 5 мл (0,06 моля) формалина и добавляли раствор  $\text{NH}_4\text{OH}$  до  $\text{pH}=8$ . Температуру нагревали до 80-90 °С до образования вязкой массы. К полученной вязкой смеси по каплям добавляли 3,54 г (0,03 моль) раствора янтарной кислоты в 5 мл  $\text{NH}_4\text{OH}$  и перемешивали. При повышении температуры до 100-120 °С образовывалась твердая или клейкая масса. Полученную смолистую массу поместили в фарфоровую посуду и высушили в сушильном шкафу при температуре 95 °С в течение 20 часов. После измельчения высушенного полимера низкомолекулярные вещества промывали сначала 5% раствором  $\text{NaOH}$ , а затем несколько раз дистиллированной водой до нейтральной реакции. В результате образовалась белая зернистая масса, состоящая из мелких пор. Выход продукта составил 93%. Получен лиганд типа реакции поликонденсации, целью которого является систематизация свойств лигандов и обеспечение их эффективной работы.

Проведены исследования влияния оптимальных температур на процесс поликонденсации меламина, формалина и янтарной кислоты (МФЯ). Процесс поликонденсации изучали при температурах 100, 110, 120 и 130 °С. При этом была определена зависимость реакции от времени, удельного объема сорбента в воде и значения статической обменной емкости (СОЕ) для раствора 0,1 Н  $\text{NaOH}$  (табл.2).

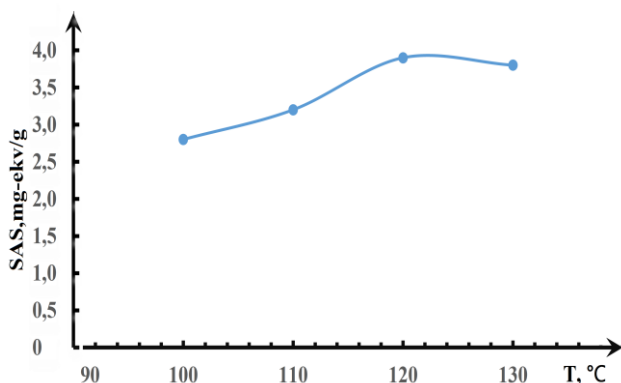
**Таблица 2.**

#### Влияние температуры реакции поликонденсации на свойства полимерного лиганда

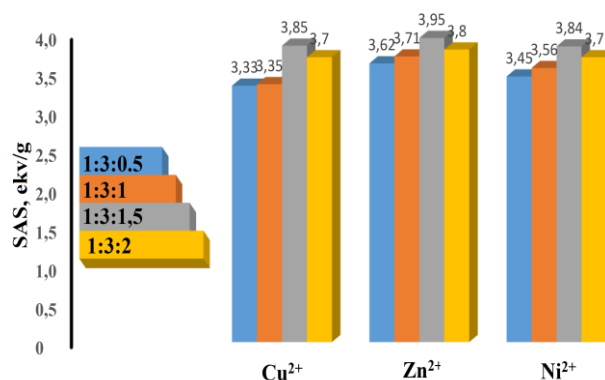
№	Температура реакции T, °С	Время реакции $\tau$ , час.	Удельный объем сорбента, растворенного в водной форме Н, мл/г	СОЕ, мг-экв/г 0,1 Н раствора $\text{NaOH}$
1.	100	5-6,5	1,7	2,8
2.	110	4,5-5	1,5	3,2
3.	120	2,5-3	1,2	3,9
4.	130	1,5-2	1,1	3,8

Результаты, представленные в таблице 2 и на рисунке 1, показывают, что продолжительность реакции поликонденсации при температуре 100 °С

составляет 5-6,5 часов, а обменная емкость ионита - 2,8 мг-экв/г. Это связано с низкой активностью реагентов при определенной температуре.



**Рис.1. График зависимости СОЕ синтезированного полимерного лиганда МФЯ от температуры.**



**Рис. 2. Диаграмма зависимости СОЕ полимерного лиганда МФЯ от мольного отношения исходного вещества.**

При повышении температуры реакции до 130 °С реакция поликонденсации протекает быстро, время реакции уменьшается до 1,5-2 часов, при этом уменьшаются величина обменной емкости и уровень набухания ионита. По-видимому, структура ионита, образующегося при определенной температуре, более плотная, в результате чего подвижность ионогенных групп затрудняется.

В качестве оптимальной температуры поликонденсации была принята 120 °С, время реакции составило 2,5-3 часа, реакция была однородной, а обменная емкость для 0,1 н. раствора NaOH составила 3,9 мг-экв/г.

При получении полимерного лиганда изучены структура и свойства исходных веществ, влияние соотношения исходных веществ. Реакцию поликонденсации проводили при мольном соотношении меламина, формалина и янтарной кислоты от 1:3:0,5 до 1:3:2 соответственно. Результаты исследования влияния количества янтарной кислоты на характеристики ионного обмена МФЯ представлены в таблице 3.

**Таблица 3.**

**Зависимость сорбционных свойств ионита от соотношения исходных веществ**

Соотношение меламина, формалина и янтарной кислоты, в молях	Выход реакции, %	Статическая обменная емкость, мг-экв/г, 0,1 Н растворов:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1:3:0.5	91	5,33	5,62	5,45
1:3:1	92	7,6	7,2	6,8
1:3:1,5	93	4,85	4,95	4,84
1:3:2	85	3,7	3,8	3,7

Согласно результатам, представленным в таблице 3. и рисунке 2. ионообменники с лучшими характеристиками были получены при

соотношении меламина, формалина и янтарной кислоты 1:3:1,5 соответственно. Статическая обменная емкость ионов металлов в 0,1N растворе Cu(II) 3,85 мг-экв/г, Zn(II) 3,95 мг-экв/г и Ni(II) 3,84 мг-экв/г организован.

**Синтез лиганда КФВ.** Для синтеза полимерных лигандов, содержащих азот и кислород, 1,2 г (0,02 моля) мочевины растворяли в 4 мл (0,05 моля) формалина в трехгорлой колбе, снабженной обратным холодильником и автоматической мешалкой, при pH = 8 -9 Добавляли раствор гидроксида аммония до завершения. Температуру нагревали до 70-80 °С, до образования вязкой массы. К полученной вязкой смеси по каплям добавляли раствор 1,5 г (0,01 моль) винной кислоты в 5 мл гидроксида аммония и перемешивали. При повышении температуры до 110-140 °С образовывалась твердая или клейкая масса. Полученную смолистую массу поместили в фарфоровую посуду и высушили в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 20 часов. После измельчения высушенного полимера низкомолекулярные вещества промывали сначала 5%-ным раствором щелочи натрия, а затем несколько раз дистиллированной водой до нейтральной реакции. В результате образовалась белая зернистая масса, состоящая из мелких пор. Выход продукта составил 90%.

**Синтез лиганда ТКФЯ.** 1,52 г (0,02 моля) тиомочевины растворяли в 4 мл (0,05 моля) формалина в трехгорлой колбе, снабженной обратным холодильником и автоматической мешалкой для синтеза полимерных лигандов, содержащих азот и кислород, и pH=8. -9 Добавляли раствор гидроксида аммония до завершения. Температуру нагревали до 70-80 °С до образования вязкой массы. К полученной вязкой смеси по каплям добавляли 1,18 г (0,01 моль) раствора янтарной кислоты в 5 мл гидроксида аммония, перемешивали. При повышении температуры до 110-140 °С образовывалась твердая или клейкая масса. Полученную смолистую массу поместили в фарфоровую посуду и высушили в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течение 20 часов. После измельчения высушенного полимера низкомолекулярные вещества промывали сначала 5%-ным раствором щелочи натрия, а затем несколько раз дистиллированной водой до нейтральной реакции. В результате образовалась белая зернистая масса, состоящая из мелких пор. Выход продукта составил 91%.

**Синтез иммобилизованного лиганда МФВ.** Получен полимерный лиганд типа реакции поликонденсации, целью которого является систематизация свойств лигандов и обеспечение их эффективных свойств. Для определения влияния строения и свойств исходных материалов на структуру и свойства полимерного лиганда, а также выбора вариантов синтеза ионита с высокоэффективными свойствами, изучено влияние соотношения исходных веществ и подготовка ионита. При взаимодействии меламина с формалином и винной кислотой он является не только конденсирующим агентом, но и сшивающим агентом, и от его концентрации зависят основные сорбционные и физико-химические свойства полученного ионита. Были синтезированы различные образцы ионита для его получения, в котором меламина, формалин

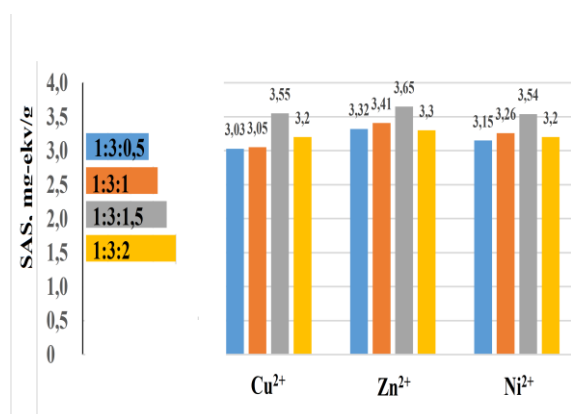
и винная кислота были сшиты в различных мольных соотношениях. Реакцию поликонденсации проводили при мольном соотношении реагентов: меламина, формалина и винной кислоты от 1:3:0,5 до 1:3:2 соответственно. Результаты исследования влияния количества винной кислоты на свойства ионообменного МФВ представлены в таблице 4.

**Таблица 4.**  
**Зависимость сорбционных свойств ионита от соотношения реагентов**

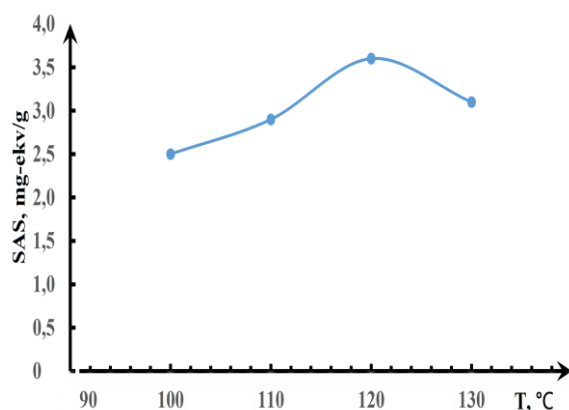
Соотношение меламина, формалина и винной кислоты, в молях	Продукт реакции, %	Статическая обменная емкость, мг-экв/г, 0,1 N растворов:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1:3:0,5	89	3,03	3,32	3,15
1:3:1,0	90	3,05	3,41	3,26
1:3:1,5	91	3,55	3,65	3,54
1:3:2	87	3,2	3,3	3,2

Согласно результатам, представленным в таблице 4. и рисунке 7. ионообменники с лучшими характеристиками были получены при соотношении меламина, формалина и винной кислоты 1:3:1,5 соответственно. Статическая обменная емкость ионов металлов в 0,1N растворе составляет Cu(II) 3,55 мг-экв/г, Zn(II) 3,65 мг-экв/г и Ni(II) 3,54 мг-экв/г.

Результаты, представленные на рисунке 8, показывают, что в качестве оптимальной температуры для поликонденсации принята 120 °С, время реакции составляет 2,5-3 часа, реакция однородна, а обменная емкость для 0,1 N раствора NaOH равна 3,6 мг-экв/г.



**Рис. 3. Диаграмма зависимости СОЕ полимерного лиганда МФВ от мольного соотношения исходных веществ.**



**Рис. 4. График зависимости СОЕ полимерного лиганда МФВ от температуры.**

**Синтез лиганда ТКФВ.** Были проведены исследования по изучению влияния переменной температуры на реакцию поликонденсации тиомочевины, формалина и винной кислоты. Процесс реакции поликонденсации изучали при температурах 110, 120, 130 и 140 °С. В ходе исследований определяли зависимость течения реакции от времени, удельный

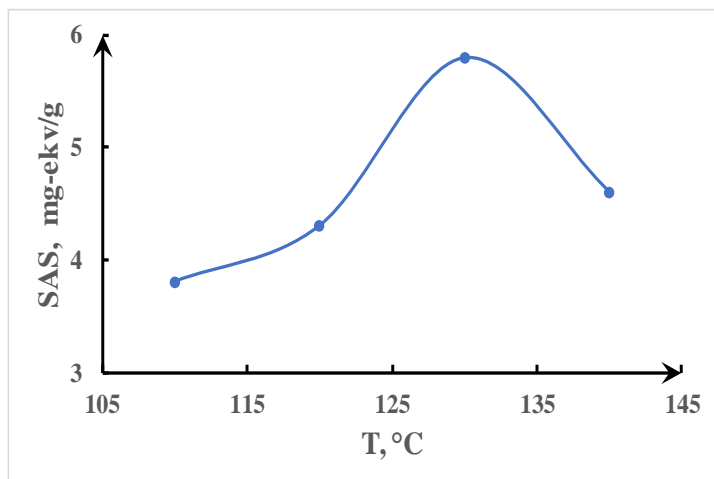
объем лиганда в воде и значение статической обменной емкости (СОЕ) для 0,1 н раствора NaOH. Данные представлены в таблице 4.

Результаты, представленные в таблице 5 и на рисунке 4, показывают, что продолжительность реакции поликонденсации при температуре 110 °С составляет 5-6,5 часов, а статическая обменная емкость лиганда определена как 3,8 мг-экв/г для ТКФВ. Это связано с низкой активностью реагентов, получаемых при реакции при определенной температуре.

**Таблица 5**

**Влияние температуры на реакцию поликонденсации и ионообменные свойства**

№	Температура реакции T, °С	Время реакции t, час.	Удельный объем лиганда в воде Форма Н, мл/г	СОЕ, мг-экв/г 0,1 N раствора NaOH
1.	110	5-6,5	1,8	3,8
2.	120	4,5-5	1,6	4,3
3.	130	2,5-3	1,3	5,8
4.	140	1,5-2	1,2	4,6



**Рис. 5. График зависимости статической обменной емкости синтезированных лигандов ТКФВ от температуры.**

Результаты, представленные в таблице 5 и рисунке 5, показывают, что при температуре 110 °С продолжительность реакции поликонденсации составляет 5-6,5 часа, а статическая обменная ёмкость лиганда составляет 3,8 мг-экв/г для ТКФВ. Это связано с низкой активностью реагентов, получаемых для реакции при определенной температур. При повышении температуры реакции до 140°С скорость реакции поликонденсации увеличивается, вместе с тем

реакцию, уменьшается до 1,5-2 ч. Параллельно уменьшается величина статической обменной емкости, а также степень набухания ионообменника. Из этого был сделан вывод, что при определенной температуре структура образующегося ионообменника становится плотнее, вследствие чего затрудняется подвижность ионогенных групп. В результате проведенных исследований получена оптимальная температура реакции поликонденсации 130 °С, время реакции 2,5-3 часа и установлено, что обменная емкость для 0,1 N раствора NaOH имеет значение 5,8 мг. -экв/г. Определена статическая обменная емкость ионов металлов в 0,1н растворе, полученные результаты приведены в таблице 6.

Определение сорбционной емкости ионов металлов проводили для всех сорбентов в статических условиях  $pH_{Cu(II)}=4,2$   $pH_{Zn(II)}=6,0-6,5$ , а  $pH_{Ni(II)}=5,3$ . Использовали соли металлов (сульфаты, хлориды, нитраты). В качестве среды раствора использовался универсальный буферный раствор. Для сорбции брали 40,00 мг сорбента и оставляли в 10,00 мл дистиллированной воды на 1 час. Затем к исследуемому раствору (10,00 мл) добавляли высушенный сорбент и перемешивали на термостатируемой водяной бане в течение 4,5 часов. Затем сорбент отделяли от раствора и измеряли значение pH фильтрата.

**Таблица 6**

**Статическая обменная емкость синтезированных полимерных лигандов по ионам металлов**

№	Лиганды	Статическая обменная емкость, мг-экв/г, 0,1 н растворы:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1	КФЯ	5,6	5,2	4,8
2	МФЯ	7,6	7,2	6,8
3	КФВ	5,8	6,0	6,4
4	ТКФЯ	5,7	5,9	6,3
5	ТКФВ	8,2	7,8	7,4
6	МФВ	6,4	6,0	5,6
7	КБ-4*	2,1-1,8	-	2,6-3
8	Purolite-C104*	4,7	4,3	4,1

\* КБ-4 и Purolite-C104 промышленные сорбенты.

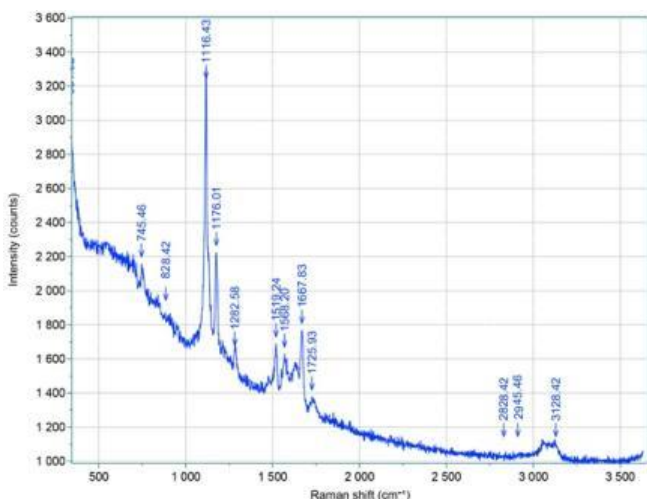
В УФ-спектрофотометре ЕМС-31РС-UV в 25% растворе аммиака можно найти Cu(II) ( $\lambda_{max_{Cu(II)}}=610$  nm), Zn(II) ( $\lambda_{max_{Zn(II)}}=538$  nm) и Ni(II) ( $\lambda_{max_{Ni(II)}}=445$  nm) с использованием диметилглиоксима, а также концентрации компонентов определяли спектрофотометрическим методом по разнице оптических плотностей исходных и постсорбционных растворов при  $\ell=1,0$  см. На основании результатов вышеупомянутого исследования статическая обменная емкость сорбентов, полученных на основе новых иммобилизованных лигандов КФЯ, МФЯ, КФВ, ТКФЯ, МФВ и ТКФВ, увеличивается в следующем ряду:



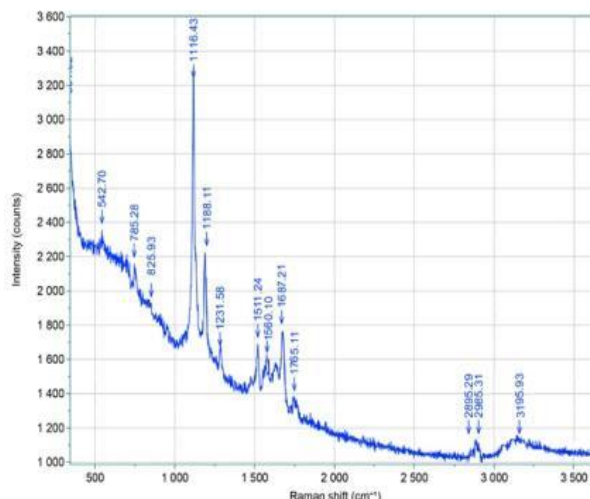
В третьей главе диссертации под названием «Исследование состава, строения и сорбционных свойств полученных иммобилизованных полимерных лигандов и их комплексных соединений с некоторыми 3d-металлами» синтезированные ионы и их физико-химические свойства были проанализированы с использованием современных методов исследования, таких как ИК-спектроскопия, сканирующей электронной микроскопии, термогравиметрии, дифференциальный термический анализ, комплексонометрия, спектрофотометрический анализ и кондуктометрия.

**Рамановский спектроскопический анализ иммобилизованного лиганда КФЯ и металлокомплексов, образованных ионами Cu(II), Zn(II) и Ni(II).** В Рамановском спектре лиганда КФЯ наблюдались валентные, симметричные  $\nu_s$  и деформационные  $\delta$ -колебания группы  $\nu(NH_2)$  в областях

3128,42  $\text{cm}^{-1}$  и 1176,01  $\text{cm}^{-1}$ , а также частота валентных  $\delta$ -колебаний группы  $\nu(\text{C-N})$  в области 1116,43  $\text{cm}^{-1}$ . При этом в областях 2945,46  $\text{cm}^{-1}$ , 2828,42  $\text{cm}^{-1}$  и 745,46  $\text{cm}^{-1}$  образовывались валентно-асимметричные  $\nu_{\text{as}}$ , валентно-симметричные  $\nu_{\text{s}}$  и деформационные  $\delta$ -частоты колебаний  $\text{CH}_2$ -группы. В областях 1725,93  $\text{cm}^{-1}$  и 1519,24  $\text{cm}^{-1}$  сформировалось валентное асимметричное колебание групп  $\nu(\text{C=O})$  и  $\nu(\text{COO-})$ , а также частота деформационного  $\delta$ -колебания в области 828,42  $\text{cm}^{-1}$ . Также наблюдались частоты валентных  $\nu$ -колебаний группы  $\nu(\text{COOC})$  в районе 1282,58  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 6).



**Рис.6. Рамановский спектр лиганда КФЯ.**

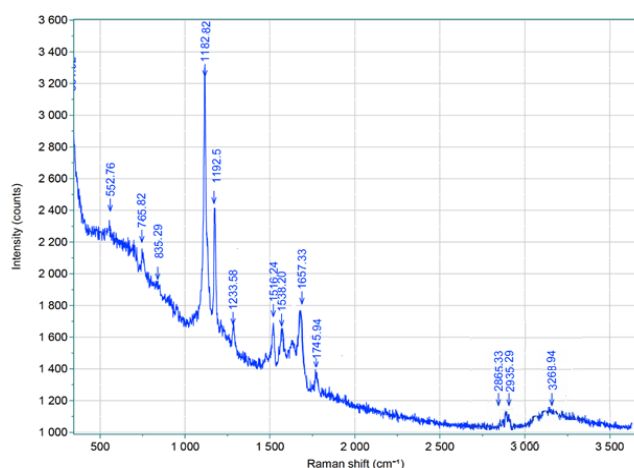


**Рис. 7. Рамановский спектр рассеяния света комплекса Cu(II) с лигандом КФЯ.**

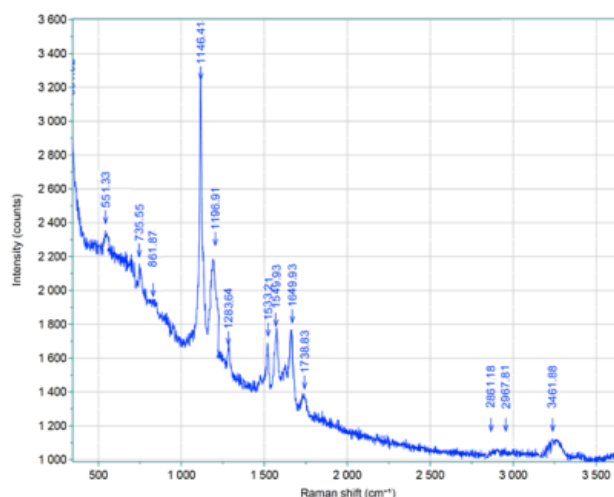
Спектр комбинационного рассеяния света, полученный в результате сорбции Cu(II) лиганда КФЯ, представлен на рисунке 7. По результатам ИК спектра валентно-симметричная  $\nu_{\text{s}}$  группы  $\nu(\text{NH}_2)$  при 3195,93  $\text{cm}^{-1}$  и 1188,11  $\text{cm}^{-1}$ , а деформационные  $\delta$ -колебания и частота валентных  $\nu$ -колебаний группы  $\nu(\text{C-N})$  наблюдались в области 1116,43  $\text{cm}^{-1}$ . Вместе с этим сформировались частоты валентно-асимметричных  $\nu_{\text{as}}$ , валентно-симметричных  $\nu_{\text{s}}$  и деформационных  $\delta$ -колебаний группы  $\nu(\text{CH}_2)$  2985,31  $\text{cm}^{-1}$ , 2895,2998  $\text{cm}^{-1}$  и 785,82  $\text{cm}^{-1}$ . В областях 1765,11  $\text{cm}^{-1}$  и 1511,24  $\text{cm}^{-1}$  сформировалось валентное асимметричное колебание групп  $\nu(\text{C=O})$  и  $\nu(\text{COO-})$ , а также частота деформационных колебаний  $\delta$  в области 825,93  $\text{cm}^{-1}$ . Также наблюдались частоты валентных  $\nu$ -колебаний группы  $\nu(\text{COOC})$  в районе 1231,58  $\text{cm}^{-1}$  (рис. 7).

Комплексный рамановский спектр (HORIBA Scientific), полученный в результате сорбции Zn(II) лиганда КФЯ, показан на рисунке 8. По результатам ИК спектра валентность группы  $\nu(\text{NH}_2)$  в полях. 3268,94  $\text{cm}^{-1}$  и 1192,50  $\text{cm}^{-1}$  симметричные  $\nu_{\text{s}}$  и деформационные  $\delta$ -колебания и частота валентных  $\nu$ -колебаний группы  $\nu(\text{C-N})$  наблюдались в районе 1182,82  $\text{cm}^{-1}$ . Вместе с этим сформировались частоты валентно-асимметричных  $\nu_{\text{as}}$ , валентно-симметричных  $\nu_{\text{s}}$  и деформационных  $\delta$ -колебаний группы  $\nu(\text{CH}_2)$  2935,29  $\text{cm}^{-1}$ , 2865,33  $\text{cm}^{-1}$  и 765,82  $\text{cm}^{-1}$ . В областях 1745,94  $\text{cm}^{-1}$  и 1516,24  $\text{cm}^{-1}$  сформировалось валентное асимметричное колебание групп  $\nu(\text{C=O})$  и  $\nu(\text{COO-})$ , а также частота деформационного  $\delta$ -колебания в районе 835,29  $\text{cm}^{-1}$ .

Также наблюдались частоты валентных  $\nu$  колебаний группы  $\nu(\text{COOC})$  в районе  $1233,58 \text{ см}^{-1}$ .



**Рис. 8. Рамановская спектр комплекса Zn(II) с лигандом КФЯ.**



**Рис. 9. Рамановская спектр комплекса Ni(II) с лигандом КФЯ.**

Рамановский спектр комплекса, полученный в результате сорбции Ni(II) лиганда КФЯ, представлен на рисунке 8, по результатам ИК спектра валентно-симметричная  $\nu_s$  группы  $\nu(\text{NH}_2)$  при  $3461,88 \text{ см}^{-1}$ . и  $1196,91 \text{ см}^{-1}$ , а деформационные  $\delta$ -колебания и частота валентных  $\nu$ -колебаний группы  $\nu(\text{C-N-})$  наблюдались в области  $1146,41 \text{ см}^{-1}$ . Вместе с этим сформировались частоты валентно-асимметричных  $\nu_{as}$ , валентно-симметричных  $\nu_s$  и деформационных  $\delta$ -колебаний группы  $\nu(\text{CH}_2)$  в полях  $2967,81 \text{ см}^{-1}$ ,  $2861,18 \text{ см}^{-1}$  и  $735,55 \text{ см}^{-1}$ . В областях  $1738,83 \text{ см}^{-1}$  и  $1533,21 \text{ см}^{-1}$  сформировалось валентное асимметричное колебание групп  $\nu(\text{C=O})$  и  $\nu(\text{COO-})$ , частота деформационных колебаний  $\delta$  в области  $861,87 \text{ см}^{-1}$ . Также наблюдались частоты валентных  $\nu$  колебаний группы  $\nu(\text{COOC})$  в области  $1283,64 \text{ см}^{-1}$ .

**Таблица 7**  
**Частоты поглощения в Рамановских спектрах лиганда КФЯ и его комплексных соединений, образованных ионами Cu(II), Zn(II), Ni(II),  $\text{см}^{-1}$**

Классификации вибрации	КФЯ	КФЯ+Cu(II)	КФЯ+Zn(II)	КФЯ+Ni(II)
$\nu(\text{NH})$	3128,42	3195,93	3268,94	3461,88
$\nu_s(\text{CH}_2)$	2945,46	2985,31	2935,29	2967,81
$\nu_{as}(\text{CH}_2)$	2828,42	2895,29	2865,33	2861,18
$\nu(\text{C=O})$	1725,93	1765,11	1745,94	1738,83
$\nu(-\text{COC=O})$	1282,58	1231,58	1233,58	1283,64
$\nu_{as}(-\text{COO}^-)$	1519,24	1511,24	1516,24	1533,21
$\nu(\text{C-N})$	1116,43	1116,43	1182,82	1146,41
$\delta(\text{NH})$	1176,01	1188,11	1192,50	1196,91
$\delta(\text{CH}_2)$	745,46	785,28	765,82	735,55
$\delta(-\text{COO}^-)$	828,42	825,93	835,29	861,87

Как видно из таблицы 7. частота колебаний  $\nu(\text{NH})$  и частота колебаний  $\delta(\text{C}=\text{O})$  в лиганде КФЯ относительно сдвинуты в другие области. Можно сделать вывод, что вторичные аминные и карбонильные группы в лиганде КФЯ обеспечивают координацию иона металла и образование хелатной группы.

Таблица 8

**Результаты определения констант концентрационной устойчивости синтезированных координационных соединений**

Сорбент		Ионы металлов		
		Cu (II)	Zn (II)	Ni (II)
КФЯ	$\text{pH}_{\text{опт.}}$	3,4-3,7	6,2-6,5	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{уст.}}$	6,90	6,56	64,44
МФЯ	$\text{pH}_{\text{опт.}}$	3,8-4,1	6,5-6,7	4,5-4,9
	$\text{lgK}_{\text{уст.}}$	8,96	8,71	8,59
КФV	$\text{pH}_{\text{опт.}}$	4,2-4,7	6-6,5	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{уст.}}$	7,55	7,42	7,14
ТКФЯ	$\text{pH}_{\text{опт.}}$	4,3-4,9	6-6,5	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{уст.}}$	7,24	7,10	6,99
МФV	$\text{pH}_{\text{опт.}}$	2,5-3	6,5-7	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{уст.}}$	9,64	9,46	9,38
ТКФV	$\text{pH}_{\text{опт.}}$	3,5-4	6,5-7	4,2-4,5
	$\text{lgK}_{\text{уст.}}$	7,85	7,61	7,46

Методом потенциометрического титрования определены константы устойчивости координационных соединений синтезированных комплексообразующих полифункциональных иммобилизованных лигандов с некоторыми d-металлами. Расчетные константы стабильности координационных соединений, образованных ионами изученных металлов с хелатирующими иммобилизованными лигандами, приведены в таблице 8. Как видно из таблицы 8, в которой приведены оптимальный показатель среды образования комплексов металлов с иммобилизованными лигандами и константы стабильности концентрации, стабильность комплексных соединений, образованных ионами металлов с идентичными иммобилизованными лигандами, соответствует ряду Ирвинга-Вильямса  $\text{Ni(II)} < \text{Cu(II)} > \text{Zn(II)}$  для заданных комплексов металлов.

**Квантово-химический анализ реакционной способности лиганда КФВ.** Квантово-химический расчет реакционной способности молекулы лиганда КФВ с использованием программы Avogadro, Hyper Chem 8.01, Asselrys MS Modeling 3.0.1 с использованием ограниченного полуэмпирического (UHF) метода, полуэмпирического AM1, MNDO, PM3, RM1 с использованием, SCF-MO и MINDO3 вычисления проводились на компьютере Intel Pro Pentium 1,40 ГГц. Оптимизацию молекулярной геометрии проводили с использованием алгоритма Полака-Рибьера (Сопряженный градиент). Эти методы позволили определить полную энергию молекулы и электронную плотность молекулярных орбиталей, а также провести геометрическую оптимизацию исследуемой молекулы.

Одними из важных электронных характеристик являются эффективные заряды Малликена на атомах (CHARGES) и полная энергия системы (TOTAL ENERGY) (табл. 9).

Таблица 9

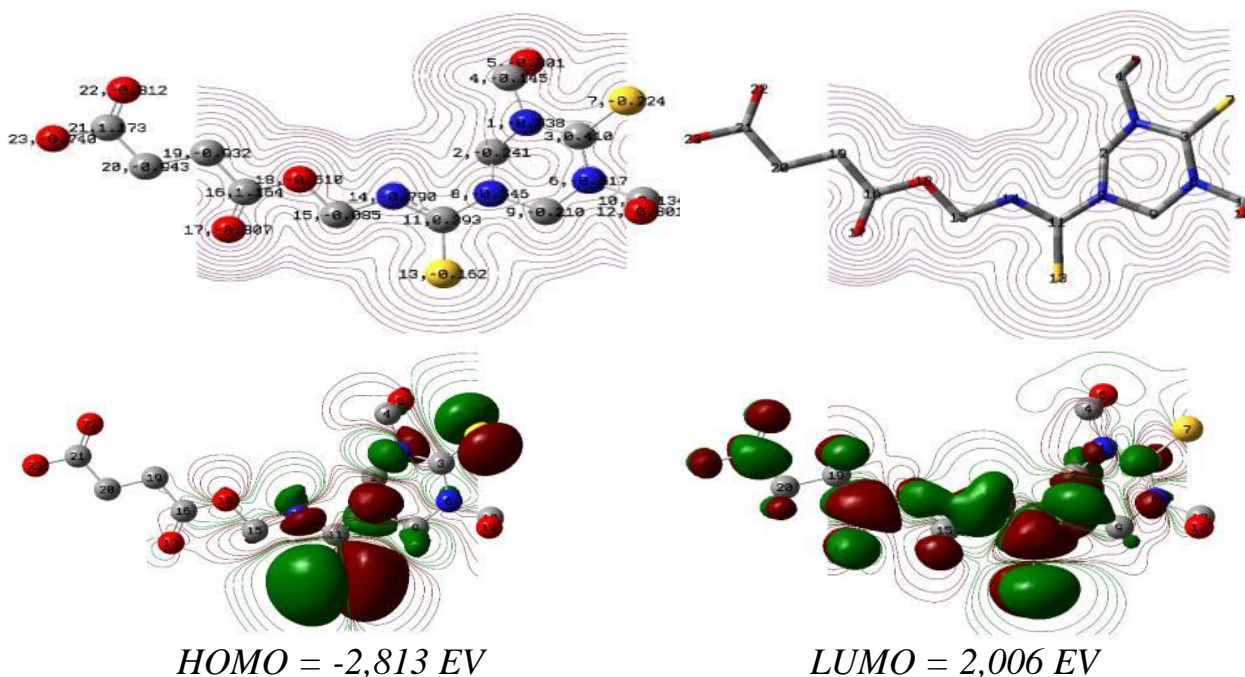
**Значения эффективного заряда донорных атомов в молекуле лиганда КФВ**

Атомы	AM1, eV	MNDO, eV	PM3, eV	RM1, eV	MINDO3, eV
$\delta_q O^1_{(C-O)}$	-0,359		-0,315	-0,370	-0,483
$\delta_q N^1_{(N)}$	-0,351	-0,487	-0,094	-0,534	-0,277
$\delta_q O^1_{(C=O)}$	-0,470	-0,458	-0,449	-0,508	-0,626
$\delta_q O^1_{(O-H)}$	-0,354	-0,350	-0,313	-0,360	-0,494
$\delta_q N^2_{(N)}$	-0,363	-0,491	-0,094	-0,532	-0,307
$\delta_q N^3_{(N)}$	-0,234	-0,447	-0,093	-0,465	-0,326
$\delta_q O^2_{(C=O)}$	-0,572	-0,532	-0,433	-0,600	-0,601
$\delta_q N^1_{(NH)}$	-0,360	-0,365	-0,020	-0,518	-0,239
$\delta_q O^1_{(C-O-C)}$	-0,309	-0,366	-0,292	-0,345	-0,570
$\delta_q O^3_{(C=O)}$	-0,381	-0,334	-0,599	-0,370	-0,633
$\delta_q O^2_{(O-H)}$	-0,351	-0,320	-0,404	-0,364	-0,492
$\delta_q O^3_{(O-H)}$	-0,318	-0,325	-0,342	-0,317	-0,476
$\delta_q O^4_{(C=O)}$	-0,307	-0,320	-0,332	-0,337	-0,540
$\delta_q O^2_{(C-O)}$	-0,317	-0,291	-0,380	-0,352	-0,531
<b>E</b>	-4291,3927 (kcal/mol)	-4292,0848 (kcal/mol)	-4313,8511 (kcal/mol)	- 3186,3911 (kcal/mol)	-4352,5971 (kcal/mol)

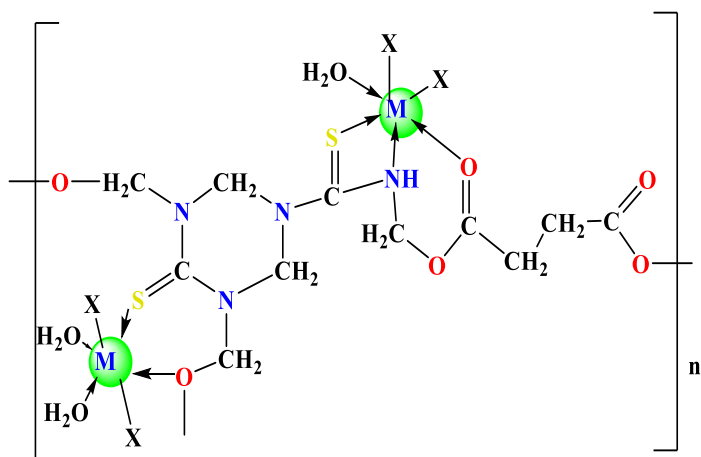
По результатам пяти полуэмпирических квантово-химических методов можно сделать вывод, что высокие значения отрицательного эффективного заряда в молекуле КФВ приходится на атомы кислорода и азота в C=O, C-O-C, азоте триазинового кольца и вторичные аминные группы NH указывают на то, что он может образовывать четырех-, пяти- и шестичленные хелатные комплексы.

По результатам исследований были созданы геометрии исследуемого полимерного лиганда ТКФЯ с использованием пакета программ Avogadro, а затем проведена оптимизация молекулярных структур с помощью программы GaussView 6.0.16. Корреляция Ли-Янга-Парра для изолированных молекул в газовой фазе. Результаты расчетов gaussview 6.0.16 с использованием метода DFT (B3LYP) были получены с использованием метода Малликена и приближение граничной молекулярной орбитали (FMO) для расчета зарядов во всех атомах. Визуализировано с помощью программы Avogadro. Сравнение результатов электронных зарядов, полученных в результате вычислений с использованием этих методов, показало, что донорные атомы с наивысшим значением отрицательного заряда в молекулах, рассчитанных во всех методах, могут подвергаться координации. Электронная плотность в НОМО лиганда

ТКФЯ расположена на атомах кислорода и азота групп C=O, C=S, C-O-C и азота в триазиновом кольце.



**Рис.10. Распределение заряда в атомах и локализация граничных орбиталей в ТКФЯ.**



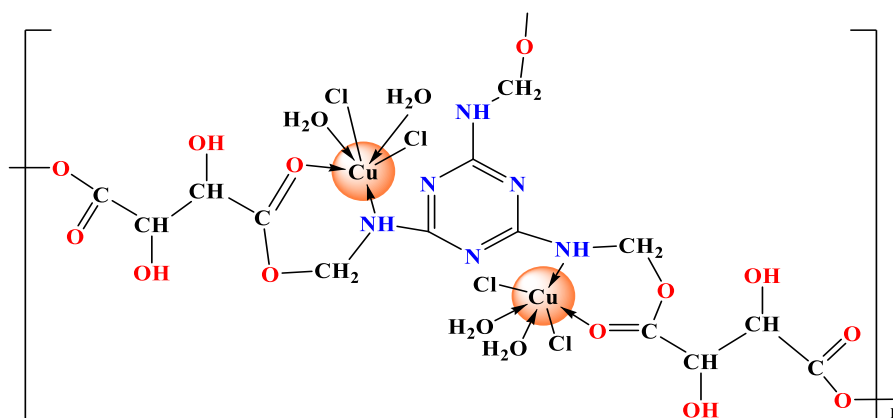
M- Cu(II), Zn(II) и Ni(II). X- Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

**Рис.11.Строение комплексных соединений полученных на основе ТКФЯ:**

Энергии состояний LUMO и HOMO у этого лиганда также сильно различаются. Следовательно, КФЯ также создает сильное поле, и согласно принципу Пирсона «жестких и мягких кислот и оснований», группы -O-, -C=O, C=S и атомы азота в триазиновом кольце конкурируют как лиганды-спектраторы. В результате с промежуточными кислотами Cu(II), Ni(II), Zn(II) атомы азота в триазиновом кольце и группы -O-, C=S и -C=O образуют 2 четырехчленных и

1 шестичленный твердый хелато-кольцевые комплексы. Эти комплексные соединения являются низкоспиновыми комплексными, из-за высокой энергии расщепления на орбитали иона металла.

По результатам рамановских и квантово-химических исследований структура комплекса Cu(II), Zn(II) и Ni(II) по отношению к одному мономеру лиганда ТКФЯ может быть выражена на рис.11.

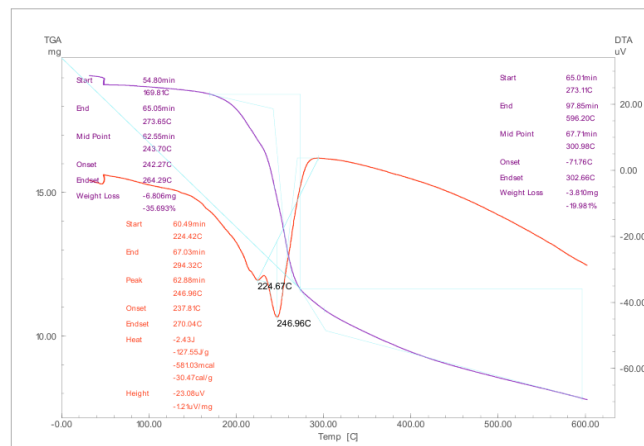


**Рисунок 12. Структура металлокомплекса иммобилизованного лиганда МФВ с ионом Cu (II).**

**Термический анализ лиганда МФВ.** Были проанализированы результаты кривых дифференциального термического анализа (ДТА) и термогравиметрической (ТГ) визуализации лиганда МФВ. Согласно результатам ДТА, при температурах были сформированы эндотермические пики при 130,92 °С, 180,40 °С, 272,43 °С и 310,27 °С, а также экзотермические пики 164,29 °С, 235,82 °С, 291,97 °С и 355,73 °С. Кривая ТГ в основном имела 3 пика и проходила в диапазоне температур потери массы. Первая температура потери массы составила 40,14-167,09 °С, за 13,05 минут потеряно -0,932 мг массы, что составляет 4,847% от общей массы. Вторая температура потери массы колебалась от 166,01 до 355,49 °С и потребовала 18,88 минут для уменьшения массы образца на -12,471 мг. Это составляло 64,859% от общей массы. Третья потеря массы произошла в диапазоне температур 355,49-481,36 °С. В данном случае -1,976 мг от общей массы составляет 10,277%. Полное разложение сорбента МФВ заняло 45,98 минут. По результатам, представленным на рисунке 13, был сделан вывод, что при разложении сорбента МФВ из различных функциональных групп образуются такие соединения, как H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CO и CO<sub>2</sub>.

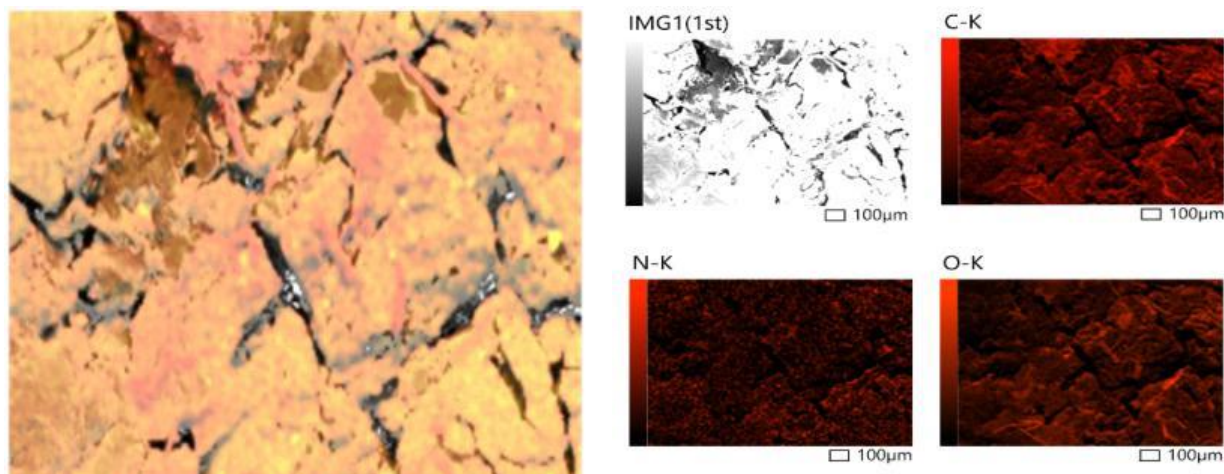


**Рис. 13. График термического анализа лиганда МФВ.**



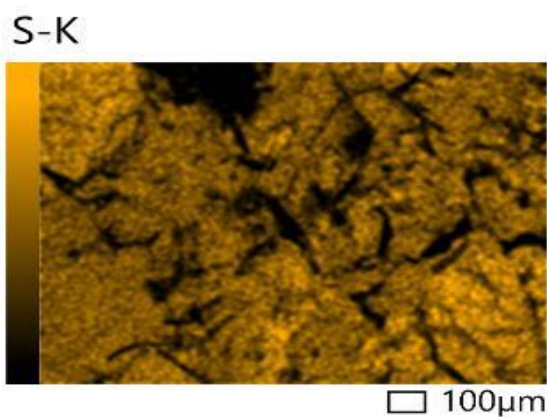
**Рис. 14. График термического анализа металлокомплекса, образованного МФВ с Zn(II).**

Фотографии СЭМ-анализа, полученные в результате проведенных исследований, показывают, что образующие комплекс лиганды КФЯ, МФЯ, КФВ, ТКФЯ, МФВ и ТКФВ имеют микропористую структуру. Этот полимерный лиганд очень хорош, то есть обладает высокой сорбционной способностью или способностью удерживать различные ионы металлов.

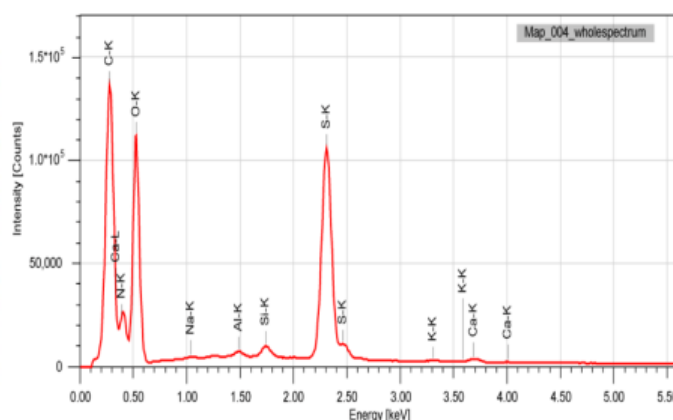


**Рис.15. СЭМ-изображение комплексобразующего лиганда ТКФЯ**

Согласно исследованиям СЭМ-элементного анализа, образец лиганда ТКФВ с новым составом не показывает остатков непрореагировавших исходных веществ на изображениях в масштабе 1:100 и 1:1000. В ходе исследований было установлено, что реакция прошла до конца, и удалось получить информацию о составе элементов веществ, образующихся в параллельной реакции. Полученные результаты представлены на рисунках 16-17.



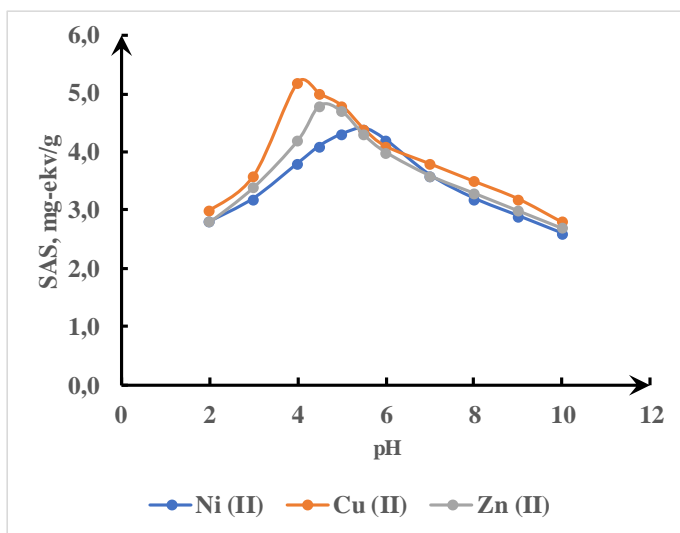
**Рис.16. СЭМ-изображение комплексобразующего лиганда ТКФВ**



**Рис.17. Изображение элементного анализа комплексобразующего лиганда ТКФВ в СЭМ.**

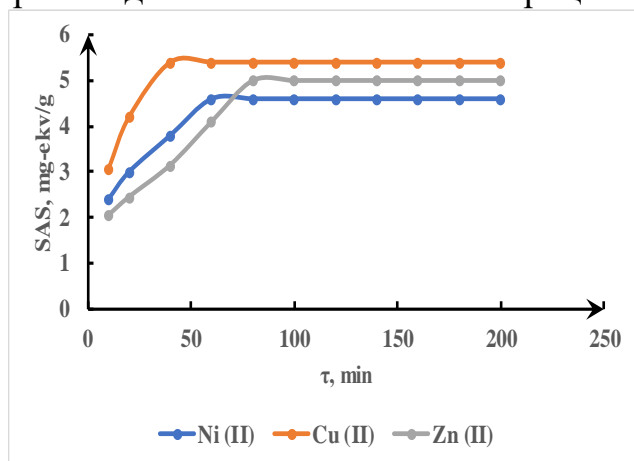
**Влияние pH окружающей среды на сорбцию металлов.** Изучена зависимость сорбции Cu(II), Zn(II) и Ni(II) синтезированных комплексобразующих лигандов КФЯ, МФЯ, КФВ, ТКФЯ, МФВ и ТКФВ от pH среды и полученные результаты отображены графически (рис.24).

Из графика изображающего, зависимость сорбции металлов в синтезируемых лигандах от величины pH среды, видно, что сорбция ионов



**Рис. 18. Зависимость сорбции ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) на лиганде КФЯ от pH среды ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г,  $t=2$  с,  $V=10$  мл ).**

нейтральной к щелочной при значении водородного показателя более -6 происходит снижение степени сорбции.



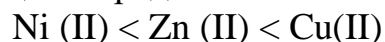
**Рис.19. Зависимость количества ионов металлов, сорбированных в КФЯ, от времени ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г,  $pH=6$ ,  $V=10$  мл).**

результаты определения представлены в виде графика на рисунке 19. Как видно из рисунка -19, оптимальное время достижения равновесия в данных условиях у исследованных лигандов одинаково для Cu(II), Zn(II) и Ni(II) составляет -40-100 минут.

Исследование устойчивости полученных сорбентов в различных реакционных средах (щелочи, минеральные кислоты, полярные органические растворители) проводили в статических условиях при температуре  $25\pm 2^\circ C$ . Для этого к 50 мл исследуемого раствора добавляли 50 мг сорбента и перемешивали в течение 2 часов. Затем сорбент отделяли от раствора и определяли концентрации компонентов методом сравнения.

металлов в лигандах относительно выше в слабокислых средах. По результатам исследования сорбции металлов в лиганде КФЯ статическая обменная емкость лиганда (мг-экв/г) при значении оптимальной pH среды составила: Cu(II) – 5,2 (pH = 4); Ni (II) – 4,4 (pH = 5,5); Zn (II) – 4,8 (pH = 5,5); Как видно из графика на рисунке- 18, по мере увеличения pH среды, от pH = 3 до pH = 6, уровень сорбции ионов металлов максимально превышено. По мере перехода среды от

Оптимальное значение pH при сорбции соответствует значению pH образования ацидокомплексов соответствующих металлов. Соответственно, степень сорбции ионов исследуемых металлов на лиганде КФЯ возрастает в следующем порядке:



**Время установления равновесия в системе лиганд-раствор.** С целью изучения времени установления равновесия в системе лиганд-раствор были проведены исследования на основе литературных данных, а

Таблица 10.

## Десорбция некоторых d-металлов из сорбенте МФЯ.

 $(m_{\text{сорб}}=0,03 \text{ г}, t=1,5-2 \text{ ч})$ 

Кислота	Концентрация кислоты, моль/л	Объем кислоты, мл	Степень десорбции, %		
			Cu	Zn	Ni
HCl	0,1	5	15	15	10
		10	40	40	50
		15	50	60	55
	0,3	5	20	20	15
		10	40	40	30
		15	60	60	55
	0,5	5	40	35	30
		10	80	80	75
		15	95	93	91

Десорбция позволяет повторно использовать сорбент. Выбор элюента для процесса десорбции основан на изучении устойчивости сорбентов в различных реакционных средах. Количественную десорбцию ионов металлов осуществляли промывкой концентратов в объемах 5-15 мл 0,1-0,5 М сильной минеральной кислотой (HCl), используемой в качестве элюента на фильтре. Количество исследуемых ионов металлов в элюате определяли спектрофотометрическим методом.

Количественная десорбция ионов обеспечивает возможность более быстрого разделения сорбированных ионов растворами минеральных кислот, в результате чего осуществляется регенерация сорбентов и увеличивается возможность их повторного использования. Тот факт, что полученные металлокомплексы имеют средние константы концентрационной устойчивости, облегчает и ускоряет их десорбцию. В табл.10 представлены результаты анализа десорбции некоторых d-металлов в концентрированных кислотах на сорбенте МФЯ. Увеличение концентрации и объема элюента приводило к увеличению скорости десорбции ионов.

В четвертой главе диссертации «**Экономическое обоснование получения комплексообразующих иммобилизованных полимерных лигандов**» приведены результаты расчета экономической эффективности производства сорбентов на основе комплексообразующих иммобилизованных лигандов для сорбционного выделения некоторых d-металлов из растворов и Представлена схема очистки сточных вод с использованием комплексообразующей схемы сорбционной очистки сорбента КФЯ.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе ковалентной иммобилизации двухосновных карбоновых кислот янтарной и винной кислот в карбамидную, тиомочевинную и меламиноформальдегидную матрицу синтезированы иммобилизованные полимерные лиганды, состоящие из КФЯ, МФЯ, КФВ, МФВ, ТКФЯ и ТКФВ. Предложен синтез полимерных лигандов на основе ковалентной иммобилизации: температура 120-130 ° С, время, затрачиваемое на реакцию

2,5-3 ч, и статическая обменная емкость для 0,1 Н раствора NaOH КФЯ 5,0 мг-экв/г, МФЯ 7,0 мг-экв/г, КФВ 5,2 мг-экв/г, ТКФЯ 5,1 мг-экв/г, МФВ 7,6 мг-экв/г и ТКФВ 5,8 мг-экв/г.

2. На основе методов расчета характера распределения эффективных зарядов и электронных плотностей атомов-доноров в молекуле лигандов была проведена полная оптимизация геометрии соединений с использованием полуэмпирических квантово-химических методов AM1, MNDO, PM3, RM1, MINDO3 с использованием программного обеспечения Hyper Chem 8.01. На основе сравнения значений электронного заряда, полученных в результате расчета, были определены координационные центры с наибольшим значением отрицательного заряда во всех рассчитанных молекулах.

3. Химическая стабильность синтезированных комплексообразующих ионитов была проверена в различных агрессивных средах, таких как 10% растворы сильных кислот, щелочей и окислителей и было показано, что снижение статической обменной емкости этих ионитов составляет 6-7% в 6 циклах сорбции-десорбции. Из полученных иммобилизованных лигандов МФХ, МФВ и ТКФВ были рекомендованы при сорбции ионов металлов из сильноокислых растворов в окислительной среде.

4. По результатам термического анализа металлокомплексов, образованных иммобилизованными полимерными лигандами КФЯ, МФЯ, КФВ, ТКФЯ, МФВ и ТКФВ, установлено, что термостабильность полимерных лигандов возрастает в ряду ТКФЯ < ТКФВ < МФВ < КФЯ < КФВ < МФЯ. Результаты определения концентрационных констант устойчивости координационных соединений ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) с полученными полимерными лигандами в растворе показывают, что устойчивость комплексных соединений, образованных ионами металлов с одинаковыми иммобилизованными лигандами увеличивается, предложено ряд Ni (II) < Zn (II) < Cu(II) что соответствует ряду Ирвинга-Вильямса.

5. Установлено, что сорбция ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II), образующих комплекс с иммобилизованными лигандами, проходит максимум в диапазоне pH=3-6. Константы изотерм сорбции ионов Cu(II) в данных лигандах рассчитаны по модели Фрейндлиха. В сорбентах, содержащих ион Cu(II), происходит уменьшение свободной энергии и энтальпии, самосорбция с увеличением энтропии, образование координационного соединения в лигандной фазе, повышение энтропии системы обусловлено распадом сольватных облаков активных функциональных групп лиганда. .

6. Благодаря наличию карбонильных, тиокарбонильных, амино- и азогрупп в составе синтезированных полимерных лигандов они по спектрохимическому ряду лигандов являются сильнополевыми лигандами и согласно принципу Пирсона «жестких и мягких кислот и оснований» считаются жесткие основания и являются промежуточными кислотами. Показано, что они образует низкоспиновые комплексные соединения с ионами Cu(II), Ni(II), Zn(II).

7. В полимерных лигандах КФЯ и КФВ ионы двухвалентных металлов представляют собой карбонил во 2-м положении триазинового кольца

(тиокарбонил в ТФЯ), 6-членный за счет атомов кислорода в 3-N-метилольной группе и карбонил в 5-N-оксиметилкарбаминовой группе (тиокарбонил в ТФВ), аминогруппы, карбонил в остатке янтарной кислоты. 2 члена по 4 и 6 человек за счет групп координация с образованием хелатного кольца была определена на основе результатов квантово-химических вычислений, ИК-спектрального анализа комбинационного рассеяния.

8. Показано, что при образовании стабильного комплекса полимерных лигандов МФЯ и МФВ с ионами Cu(II), Zn(II) и Ni(II) оксиметиламиновая группа в молекуле лиганда координируется с атомом азота, а также с атомами кислорода карбонильной группы в кислотном остатке, образуя прочное 5-членное хелатное кольцо.

9. Установлено, что в сорбентах на основе полученных полимерных лигандов десорбция ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) происходит со стадией в сильно кислых средах с распадом координационной связи в реакции замещения лигандов во внутренней сфере с образованием соответствующих ацидокомплексов. Соответственно, в процессе десорбции было рекомендовано использовать 0,1 Н растворы соляной и серной кислот и их смеси с 0,1 М тиомочевины в объемном соотношении 1:1.

10. В результате проведенных исследований полимерные лиганды, полученные на основе иммобилизации двухосновных карбоновых кислот, рекомендованы к применению на практике для очистки промышленных сточных вод ООО “Петромаруз-Узбекистан” и подземных шахтных вод Хандизинского обогатительного комбината от ионов тяжелых металлов.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL BASED ON SCIENTIFIC COUNCIL  
PhD.03/30.04.2022.K.78.05. FOR AWARDED ACADEMIC DEGREES AT  
TERMEZ STATE UNIVERSITY**

---

**TERMEZ STATE UNIVERSITY**

**MUKUMOVA GULVAR**

**SYNTHESIS, STRUCTURE AND PROPERTIES OF COMPLEX  
COMPOUNDS OF SOME 3D-METALS WITH POLYMER LIGANDS  
BASED ON THE IMMOBILIZATION OF DIBASIC CARBOXYLIC ACIDS**

**02.00.01-Inorganic Chemistry**

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF DOCTOR OF SCIENCE (DSc)  
IN CHEMICAL SCIENCES**

**Termez-2024**

**The topic of the dissertation of Doctor of Chemical Sciences (DSc) is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.3.DSc/K192.**

The dissertation was completed at Termez State University.

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the web page at [www.tersu.uz](http://www.tersu.uz) and the information and educational portal Ziyonet at [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Supervisor:**

**Turaev Khait Khudainazarovich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Official opponents:**

**Kadirova Shahnoza Abdukhalilovna**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Ibragimov Aziz Bakhtiyarovich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Rakhmanberdiyev Gappar Rakhmanberdievich**  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Leading organization:**

**Samarkand State University**

The defense of the dissertation will take place on “30” XI 2024 at “10<sup>00</sup>” hours at a meeting of the Academic Council based on the Academic Council PhD.03/30.04.2022.K.78.05 at Termez State University at the address: 190111, Surkhandarya region, Termez, Barkamol avlod street, 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz).

The dissertation is registered in the Information Resource Center of Termez State University under No. 265, which can be found in the IRC (190111, Surkhandarya region, Termez, Barkamol Avlod Street, 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz)).

The dissertation abstract was sent out on “11” XI 2024.

(mailing protocol No. 1 dated “11” XI 2024).



**Z.Yaxshiyeva**

Chairman of the scientific council for  
the awarding of Scientific Degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Y.Geldiyev**

Scientific Secretary of the Scientific Council  
Awarding the Scientific Degrees,  
Doctor of Philosophy in Chemical Sciences

**O.Ruzimuradov**

Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for Awarding the Scientific Degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor.

## **INTRODUCTION (Abstract of a doctoral dissertation)**

**The aim of the study** is to synthesize complex compounds of some 3d-metals with polymeric ligands obtained by immobilization of dibasic carboxylic acids, to determine their structure and properties.

**Object of study:** polymeric ligands obtained on the basis of immobilization of dibasic carboxylic acids and their coordination compounds with Cu(II), Zn(II) and Ni(II) ions were selected.

### **The scientific novelty of the study is as follows:**

6 polymer ligands were obtained based on the immobilization of butane dioxide and 2,3-dihydroxybutane diacids in urea-formaldehyde, thiourea-formaldehyde, melamine-formaldehyde matrices;

complex compounds of Cu(II), Zn(II), Ni(II) ions with the obtained polymer ligands were synthesized by the sorption method;

the electronic structure of the polymer ligand molecules immobilized in the polymer matrix was calculated based on their geometric parameters, energy characteristics and charge of the largest centers of localization of the coordination bond with quantum-chemical research methods;

the composition, structure and properties of the obtained immobilized polymer ligands and complex compounds were established based on the methods of infrared (IR), Raman spectroscopy, scanning electron microscopy (SEM), thermogravimetric (TGA) and differential thermal analysis (DTA);

it has been proven that the stability constants of complexes formed by chloride, nitrate, sulfate salts of Cu(II), Zn(II), Ni(II) ions with polymeric ligands increase in the series Ni(II) < Zn(II) < Cu(II) according to Irving-Williams;

the stability of complex compounds of Cu(II), Zn(II) and Ni(II) ions formed with polymeric ligands in solutions of high concentration mineral acids (1-3 M) and the optimal conditions for the desorption process have been determined;

recommendations have been developed for sorption purification of industrial wastewater solutions with the formation of complex compounds from Cu(II), Zn(II) and Ni(II) ions using the obtained sorbents based on immobilized polymeric ligands

**Implementation of research results:** based on the results obtained when using complexing polymer ligands and sorbents based on urea, thiourea, formaldehyde, containing nitrogen, oxygen and sulfur, some dibasic carboxylic acids immobilized in the matrix:

Complexing polymer ligands obtained by immobilization of butanoic acid and 2,3-dihydroxybutanediacids in urea-formaldehyde, thiourea-formaldehyde, melamine-formaldehyde matrices were used in the sorption treatment of wastewater at the foreign enterprise "Petromaruz-Uzbekistan". (Certificate No. ECO-306 dated August 27, 2024 Foreign Enterprise Petromaruz-Uzbekistan). As a result, this made it possible to use highly effective sorbents obtained on the basis of local raw materials, replacing impurities in wastewater treatment;

Sorbents obtained on the basis of synthesized complexing polymeric ligands were used in the sorption separation of Cu(II), Zn(II) and Ni(II) metal ions from wastewater at the foreign enterprise Petromaruz-Uzbekistan. (Reference No. ECO-306 dated August 27, 2024 Foreign Enterprise Petromaruz-Uzbekistan). As a result,

it was possible to isolate some of the 3d-metal ions from multicomponent solutions; sorbents based on polymeric ligands obtained by immobilization of dibasic carboxylic acids in polymer matrices were put into practice at the foreign enterprise Petromaruz-Uzbekistan for the purification of industrial wastewater from heavy metal ions. (Reference No. ECO-306 dated August 27, 2024 Foreign Enterprise Petromaruz-Uzbekistan). As a result, this made it possible to effectively purify wastewater from heavy metal ions down to one tenth of the permissible concentration.

**Structure and volume of the dissertation.** The content of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and annexes. The volume of the thesis is presented on 188 pages.

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**  
**Список опубликованных работ**  
**List of publications**  
**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Мукумова Г.Ж., Тўраев Х.Х., Қосимов Ш.А., Каримова Н.Ж. KFQ (карбамид, формалин ва қаҳрабо кислота асосида олинган) сорбентининг реакцион қобилиятини квант кимёвий таҳлиллари // ФарДУ Илмий ахборотномаси. – 2024. – № 4. –20–26 б. (02.00.00, №17).

2. Muqumova G.J., Turayev X.X., Kasimov Sh.A. SEM analysis and thermal properties of synthesised sorbent based on urea, formaldehyde, citric acid // Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. – 2024. – Vol. 9, Issue 1. ОАК Rayosatining 2021 yil 31 martdagi 295/6-son qarori.

3. Мукумова Г.Ж., Тўраев Х.Х., Қосимов Ш.А., Муминова Ш.Н., Искандарова Ж.Ю., Каримова Н.Ж. KFL сорбенти ва унинг Cu(II), Zn(II) ионлари билан комплексларининг спектроскопик таҳлиллари // СамДУ Илмий ахборотномаси. – 2024. – № 3 (145/1). –92–96 б. (02.00.00, №9).

4. Мукумова Г.Ж., Тўраев Х.Х., Муминова Ш.Н., Қосимов Ш.А. Синтез и свойства хелатообразующего сорбента на основе тиокарбамида, формалина и лимонной кислоты // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. – 2024. – № 8 (122). – С. 49–52. (02.00.00, №2).

5. Muqumova G.J., Turayev X.X., Kasimov Sh.A., Muminova Sh.N., Karimova N.J. Spectroscopic analysis of a sorbent based on urea, formalin, and succinic acid and its complexes with ions of Cu(II), Zn(II), Ni(II) // Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology. – 2024. – Vol. 9, Issue 1. – P. 131–137. ОАК Rayosatining 2021 yil 31 martdagi 295/6-son qarori.

6. Mo'minova Sh.N., Turayev X.X., Muqumova G.J., Kasimov Sh.A., Qobilova M.Q. Melamin, формалин ва қаҳрабо кислота асосида хелат ҳосил қилувчи сорбентлар синтези ва тадқиқоти // ҚарДУ хабарлари журнали. –2024. № (1)2. -87–91-б. ОАК Rayosatining 2022-yil 31-martdagi 314/9.2-son qarori.

7. Kasimov S.A., Turaev H.K., Jalilov A.T., Alikulov R.V., Mukumova G.Z. IR spectroscopic and thermal characteristics of the covalent immobilized sulfur-containing ligand and its coordination compounds with copper (II) // ISJ Theoretical & Applied Science, -2021. -№09 (101), -p. 234-238. №23. SJIF. 2021 IF-7,18

8. Muminova Sh.N., Turayev Kh.Kh., Mukumova G.J., Kasimov Sh.A. Synthesis and research of chelate producing sorbents based on melamine, formaline and dicarboxylic acids // The multidisciplinary journal of science and technology. – 2023. – Vol. 3, Issue 3. –p. 264-268. №23. SJIF. 2023 IF-5,38

9. Мукумова Г.Ж., Хидирова Г.Г., Ботиров А.Х., Уразова У.Ф. Синтез и исследование координационного соединения сукцината кобальта никеля с карбамидом // Universum: химия и биология. – 2022. – № 5 (95). – С. 51–54. (02.00.00, №2).

10. Мукумова Г.Ж., Тўраев Х.Х., Хидирова Г.Г., Мадиев А.М. Синтез и исследование координационного соединения сукцината меди и цинка с монометилкарбамидом // *Theoretical & Applied Science*. – 2022. – № 05, Том 109. – С. 146–151. №23. SJIF. 2022 IF-6,29

11. Мукумова Г.Ж., Аллабердиев Ф.Х., Каримов А.Д., Зарипова Р.Ш. Синтез и свойства координационных соединений Cu(II), Co(II), Ni(II), Zn(II) ацетамида // *Universum: химия и биология*. – 2019. – Вып. 6(60). – С. 54–57. (02.00.00, №2).

12. Мукумова Г.Ж., Чориева Н.Б., Зарипова Р.Ш., Абдувалиева М.Ж., Аллабердиев Ф.Х. Исследование координационных соединений Fe(II), Co(II), Ni(II) и Cu(II) сукцинатов с формамидом // *Universum: химия и биология*. – 2018. – Вып. 5(47). – С. 21–24. (02.00.00, №2).

13. Narmanova F.S., Turayev Kh.Kh., Kasimov Sh.A., Muqumova G.J., Bozorov L.U., Normamatov A.S., Ruzmetov A.Kh., Ibragimov A.B., Ibragimov B.T., Ashurov J.M. Synthesis, structure, Hirshfeld surface analysis, and molecular docking studies of the Cu(II) complex with 3-nitro-4-aminobenzoic acid // *Structural Chemistry*. – 2024. – Vol. 35. – P. 1641–1648. <https://doi.org/10.1007/s11224-024-02320-6>. №3. Scopus. 2023. SJR-0,321.

14. Мукумова Г.Ж., Жумаева З.Э., Қосимов Ш.А. Синтез и исследование координационного соединения сукцината никеля с никотинамидом // *Universum: химия и биология*. – 2021. – № 11 (89). – С. 11–15. (02.00.00, №2).

## **II bo‘lim (II часть; part II)**

15. Мукумова Г.Ж., Тўраев Х.Х., Қосимов С.А., Каримова Н.Ж. Карбамид, формалин ва қаҳрабо кислота асосида хелат ҳосил қилувчи сорбентининг синтези ва тадқиқоти // *Саноатда рақамли технологиялар*. – 2024. – Т.2, -№ 1. 153-159-б.

16. Мо‘minova Sh.N., Muqumova G.J., Қосимов Ш.А., Хўбақова Ф. MFQ сорбенти ва Cu(II), Zn(II), Ni(II) ионлари билан ҳосил қилган металлокомплексларининг спектроскопик таҳлили // *Саноатда рақамли технологиялар*. – 2024. -Том 2, -№ 1. 159-166-б.

17. Мукумова Г.Ж., Тўраев Х.Х. Координационные соединения Co (II) и Zn (II) ацетамида // “Educftnioal Research in Universal Sciences” International Conference On Teaching, Education And New Learning Technologies. – Tashkent, Uzbekistan, 14-yanvar 2023 y. – ISSN 2181-3515. – p. 683-685.

18. Мукумова Г.Ж., Ботиров А.Ф., Хидирова Г.Г., Абдуллаева Н.С. Комплексные соединения сукцината меди и цинка с нитрокарбамидом // *Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муаммолари: материалы Республиканской научно-практической конференции*. – Термез, 2022. – С. 127-128.

19. Muqumova G.J., Turayev Kh.Kh., Kasimov Sh.A., Karimova N.J. Karbamid, formaldegid matritsaga vino kislotani immobillash asosida olingan polimer ligandning termik xossalari // *Ta’limni modernizatsiyalash sharoitida kimyo va uni o‘qitishdagi dolzarb masalalar: yutuqlar, muammo va yechimlar: Respublika*

konferensiyasi materiallari. – Toshkent: Nizomiy nomidagi Toshkent davlat universiteti, 2024.

20. Muqumova G.J., Karimova N.J., Abdullaeva N.S. 8-oksixinolinning tuzilishi, xossalari va ba'zi metallar bilan hosil qilgan kompleks birikmalari // Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari: Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Termiz, 2022. – 19-21 may. – 42-43 bet.

21. Muqumova G.J., Karimova N.J., Alimnazarov B.X. Rux metalining 4-xlorofenoksisirka kislota ishtirokidagi aralash ligandli koordinatsion bosma birikmasi rentgen tuzilish tahlili // Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari: Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. – Termiz, 2022. – 19-21 may. – 88-89 bet.

22. Mo'minova Sh.N., Turayev X.X., Muqumova G.J., Kasimov Sh.A. Melamin, formalin va vino kislota asosida xelat hosil qiluvchi sorbentlar sintezi va tadqiqoti // Актуальные проблемы создания и использование высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана: Materiallar xalqaro ilmiy-texnik konferensiyasi. – 2023. – 15-17 bet.

23. Karimova N.J., Muqumova G.J., Iskandarova J.Uy., Primqulova M.O. 3-Nitroftal kislotasining  $Mn^{2+}$  bilan hosil qilgan aralash ligandli kompleks birikmasining IQ-spektr tahlili // Ta'limni modernizatsiyalash sharoitida kimyo va uni o'qitishdagi dolzarb masalalar: yutuqlar, muammo va yechimlar: Respublika konferensiyasi. – Nizomiy nomidagi Toshkent davlat universiteti, 2024 yil 17-sentyabr.

24. Muqumova G.J., Xidirova G.G., Botirov A.X., Karimova N.J. Ni(II)ning nikotinamid bilan koordinatsion birikmasining IQ-spektiri // Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari: Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. – Termiz, 2022 yil 19-21 may. – 113-114 betlar.

25. Nazarov Yu.E., Turayev X.X., Muqumova G.J., Djalilov A.T. Karbofenazoksin sintezi va IQ-spekt tahlili // Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari: Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. – Termiz, 2022 yil 19-21 may. – 479-481 betlar.

26. Мукумова Г.Ж., Тураев Х.Х. Свойства координационные соединения сукцината Ni(II) и Zn(II) с нитрокарбамида // Международной научно-теоретической конференции “Актуальные вопросы естественных наук”. – Нукус, 2022 год, 12 мая. – С. 196-197.

27. Muqumova G.J., Karimova N.J., Abdullaeva N.S. Zn(II) va Ni(II) suksinatlarini koordinatsion birikmalarining derivatografik analizi. // Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoiti kimyo texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar va ularni bartaraf etish yo'llari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. – Namangan, -2022 yil 3-4 iyun. 340-342 betlar.

28. Muqumova G.J., Karimova N.J., Abdullaeva N.S. Синтез и исследование координационного соединения сукцината меда и цинка с монометилкарбамидом // Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoiti kimyo texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar va ularni bartaraf

etish yo‘llari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya –Namangan, - 2022 yil 3-4 iyun. 342-344 betlar.

29. Muqumova G.J., G.E. Rashidova, N.Karimova,N.S.Abdullaeva. Zn(II) suksinatining nikotinamid bilan koordinatsion birikmasining IQ-spektri tahlili // Kimyo texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar va ularni bartaraf etish yo‘llari” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani –Namangan, - 2022 yil 18-19 noyabr. 6-8 betlar.

30. Muqumova G.J., Sh.N.Mo‘minova, D.X.Saidov, G.E. Rashidova, A.E.Toshtemirov, A.N.Botirov. Cu (II),Zn(II) va Ni(II) kompleks birikmalarining termik analizi natijalari // Kimyo texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar va ularni bartaraf etish yo‘llari” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Namangan, - 2022 yil 18-19 noyabr. 4-6 betlar.

31. Muqumova G.J., Mo‘minova, Sh.N., Abdullaeva N.S., O‘razova O‘F. “Kompleks birikmalar” mavzusini o‘qitishda pedagogik texnologiyalarning ahamiyati // Kimyo texnologiya sohasida Fan va ta’limni rivojlantirish tendensiyalari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiya –Toshkent, -2022 yil 24-25 noyabr. 179-181 betlar.

32. Мукумова Г.Ж., Каримова Н.Ж., Абдуллаева Н.С., Ботиров А.Х.,Урозова У.Ф. Синтез и исследование координационного соединения сукцината кобальта и никеля с карбамидом // «Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari» mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. –Buxoro. 2022 yil 22-23 dekabr. 605-607 с.

33. Мукумова Г.Ж., Зарипова Р.Ш., Мўминова Ш.Н., Рашидова Г.Э., Каримова Н.Ж., Абдуллаева Н.С. Дериватографический исследование координационного соединения сукцината меди и цинка с монометилкарбамидом // Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari» mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. –Buxoro. 2022 yil 22-23 dekabr. 215-217 с.

34. Мукумова Г.Ж., Ибодуллоева М.И., Мўминова Ш.Н., Рашидова Г.Э., Каримова Н.Ж., Абдуллаева Н.С. // Синтез и исследование координационного соединения сукцината меди и цинка с монометилкарбамидом // Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi –Buxoro. 2022 yil 22-23 dekabr. 125-127 с.

35. Мукумова Г.Ж., Тураев Х.Х., Искандарова Ж.Ю. ИК-спектры поглощения формамида и его комплексных соединений. // “Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi Bugungi holati,muammolari va istiqbollari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. Termiz-2023. 167 bet

36. Muqumova G.J., Zaripova R.Sh., Iskandarova J.Yu., Botirov A. Nikotinamid va uning Ni(II) suksinati bilan koordinatsion birikmasining IQ-spektri // “Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi Bugungi holati, muammolari va istiqbollari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi –Termiz, -2023. 124-125 betlar.

37. Mo‘minova Sh.N.,Turayev X.X., Muqumova G.J.,Kasimov Sh.A., Iskandarova J. // Melamin, formalin va qahrabo kislota asosida xelat hosil qiluvchi sorbentining reaksiyon qoboliatini kvant kimyoviy tahlili “Ta’lim,fan va ishlab

chiqarishning dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi – Namangan. 2023 yil 7-8 noyabr.

38. Mukumova G. J., Turaev Kh. Kh., Kasimov Sh.A., Karimova N.J. Zn(II) ionining immobillangan ligand bilan hosil qilgan kompleksining IQ-spektroskopik tahlili // “Kimyo va biokimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani. –Termiz, 2024 yil 10-11 oktyabr.

39. Muqumova G.J., Zaripova R.Sh., Mo‘minova Sh.N., Iskandarova J.Yu. Ba’zi 3d-metallar suksinatlarining koordinatsion birikmalarining termik analizi // “O‘zbekiston Milliy universitetining 105 yilligiga bag‘ishlangan Analitik kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi xalqaro professor-o‘qituvchilar va yosh olimlar ishtirokidagi ilmiy-amaliy konferensiyasi. Toshkent-2023. 175-177 betlar.

40. Muqumova G.J., Turayev X.X, Karimova N.J., Abdullayeva N.S. Zn<sup>2+</sup> ning 8-oksixonolinning bilan aralashligandli kompleksi sintezi va tadqiqoti : “O‘zbekiston Milliy universitetining 105 yilligiga bag‘ishlangan Analitik kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi xalqaro professor-o‘qituvchilar va yosh olimlar ishtirokidagi ilmiy-amaliy konferensiyasi. Toshkent-2023. 207-209 betlar.

41. Мукумова Г.Ж., Тураев Х.Х., Искандарова Ж.Ю., Урозова У.Ф. Синтез и исследование координационного соединения сукцината кобальта, никеля, меди и цинка с нитрокарбамидом. // Материали международной научной конференций по теме “Инновационные решения актуальных проблем химической и горнодобывающей промышленности” Нукус-2023, 113-118 с.

42. Muqumova G.J. Mo‘minova Sh.N., Karimova N.J. , Azimqulova R.D. Karbamid, formalin va limon kislotasi asosida kompleks hosil qiluvchi sorbentlar sintezi va tadqiqoti. // “Innovator ayollar- 2024” xalqaro ilmiy forum va “Ilmda gender tenglik sari” davra suhbatlari BMT tomonidan 2015-yilda e’lon qilingan “15-fevral-Fanda ayollar va qizlarning xalqaro kuni”ni nishonlash doirasida tashkil etilgan “Women in STEM” Xalqaro festival. Toshkent, 2024 yil ,13-15 fevral, 189-190 betlar.

43. Muqumova G.J., Mo‘minova Sh.N., Karimova N.J., Zaripova R.Sh., Iskandarova J.Yu. Karbamid, formalin va limon kislotasi asosida kompleks hosil qiluvchi sorbentning xossalari. // Tabiiy fanlar sohasidagi dolzarb muammolar va innovatsion texnologiyalar” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Toshkent-2024 4-5 aprel, 59-60 betlar.

44. Muqumova G.J., Turayev X.X., Kasimov Sh.A ., Mo‘minova Sh.N., Karimova N.J., Ro‘ziboyeva G.S., Iskandarova J.Yu. KFQ sorbenti va uning Cu(II) ioni bilan kompleksining termik tahlillari. // “Aniq va Tabiiy fanlarning rivojlanish istiqbollari” Respublika ilmiy-amaliy anjumani. 2024-yil 7-may 109-111 betlar.

45. Muqumova G.J., Turayev X.X., Kasimov Sh. A ., Mo‘minova Sh.N., Karimova N.J., Iskandarova J.Yu. KFL sorbenti sintezi va uning ayrim metall ionlari bilan sorbsiyasi. // “Kimyo ta’limi, fan va ishlab chiqarish integratsiyalari” mavzusidagi I-xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. -Qo‘qon, 2024-yil 22-may, 190-192 betlar.

46. Muqumova G.J., Karimova N.J. 3 va 4-nitroftal kislotalarining fizik-kimyoviy xossalari hamda birikmalarining ishlstilish sohalari, amaliy ahamiyati.

“Kimyo ta’limi, fan va ishlab chiqarish integratsiyalari” mavzusidagi I-xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. -Qo‘qon. 2024-yil 22-may, 136-137 betlar.

47. Muqumova G.J., Turayev X.X., Kasimov Sh. A., Zaripova R.Sh., Shodiyeva Z.Z., Xo‘shboqova F.N. KFV sorbentining Ni(II) ioni bilan kompleksining IQ-spektroskopik tahlili // “Kimyo ta’limi, fan va ishlab chiqarish integratsiyalari” mavzusidagi I-xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. -Qo‘qon, 2024-yil 22-may, 152-154 betlar.

48. Muqumova G.J., Turayev X.X., Kasimov Sh.A., Karimova N.J., Shodiyeva Z.Z., Xo‘shboqova F.N. Tarkibida azot va kislorod bo‘lgan kompleks hosil qiluvchi sorbentlarning sintez va tadqiqoti // “Tibbiyot sohasida tibbiy ,biokimyo va Biofizikada istiqbolli tadqiqotlar” xalqaro ilmiy-amaliy anjuman ilmiy –Buxoro. 2024-yil 20-may 179-181 betlar.

49. Muqumova G., Turayev Kh., Kasimov Sh., Karimova N. Properties of polymer ligands based on urea, formaldehyde, and citric acid “Forum Proceedings // International Scientific Research Forum in honor of 90th anniversary of Al-Farabi Kazakh National University” 26-28 September, 2024. –p. 128.

Avtoreferatning o‘zbek, rus va ingliz (rezyume) tillaridagi nusxalari  
«Surxondaryo ilm va fan» jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.

Bosishga ruxsat etildi 11.11.2024 yil.  
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60Ч84 1/16.  
“Times New Roman” garniturası. Ofset bosma usuli.  
Shartli b.t. 4,1. Adadi 80 nusxa. Buyurtma № 259.

---

Termiz davlat universiteti nashr-matbaa markazida chop etildi.  
Manzil: Termiz shahri, Barkamol avlod ko‘chasi, 43-uy.

