

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01. RAQAMLI ILMY KENGASH**

---

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI**

**MO‘MINOVA SHAHNOZA NORMAXAMMADOVNA**

**KO‘P ASOSLI KARBON KISLOTALAR ASOSIDA KARBOKSILLI  
KATIONITLAR OLIH VA ULARNING TADQIQOTI**

**02.00.14 - Organik moddalar va ular asosida materiallar texnologiyasi**

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTASIYASI AVTOREFERATI**

**Termiz– 2025**

UO‘T: 544.726:543.544: 546.9; 66.091.2;

**Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati  
mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
химия наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on  
chemistry sciences**

**Mo‘minova Shahnoza Normahamadovna**

Ко‘р asosli karbon kislotalar asosida karboksilli kationitlar  
olish va ularning tadqiqoti..... 5

**Моминова Шахноза Нормахаматовна**

Получение катионов карбоновых кислот на основе  
многоосновных карбоновых кислот и их исследование..... 21

**Mo‘minova Shahnoza Normakhamadovna**

Production of carboxylic cations based on polybasic carboxylic acids  
and their research..... 41

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 45

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01. RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI**

**MO‘MINOVA SHAHNOZA NORMAHAMADOVNA**

**KO‘P ASOSLI KARBON KISLOTALAR ASOSIDA KARBOKSILLI  
KATIONITLAR OLIH VA ULARNING TADQIQOTI**

**02.00.14 - Organik moddalar va ular asosida materiallar texnologiyasi**

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTASIYASI AVTOREFERATI**

**Termiz– 2025**

**Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/K810 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 rahbar:**

**Muqumova Gulvar Jumayevna**  
kimyo fanlari doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Aliqulov Rustam Valiyevich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Shukurov Dilmurod Xursandovich**  
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**Urganch davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Termiz davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01. raqamli Ilmiy kengashning «5» 04 2025-yil soat 13:00 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](mailto:termizdu@umail.uz)).

Dissertatsiya bilan Termiz davlat universitetining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№281 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](mailto:termizdu@umail.uz)

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «18» 03 kuni tarqatildi.  
(2025-yil «18» 03 dagi 2 raqamli reyestr bayonnomasi).



**I.A.Umbarov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash raisi, t.f.d., prof.

**Sh. A. Kasimov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash kotibi, k.f.d., prof.

**R. V. Aliqulov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi, k.f.d., prof.

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Bugungi kunda dunyoda issiqlik va atom elektrostansiyalari, kimyoviy ishlab chiqarish, radiotexnika va elektrotexnika sanoatida, mashinasozlik, IES, AES, oziq-ovqat va farmatsevtika sanoati jadal rivojlanishi bilan sanoat chiqindi suvlarini og‘ir metallar ionlaridan tozalash uchun qo‘llaniladigan ionitlarga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Shunga ko‘ra, tarkibida azot, oltingugurt bo‘lgan ligandlarni organik polimer va mineral matritsalariga immobillash asosida tanlovchan kompleks hosil qiluvchi kationitlar olishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda tarkibida azot, oltingugurt, kislorod bo‘lgan kompleks hosil qiluvchi kationitlar sintezi, ularni zamonaviy chiqindisiz texnologiyalar asosidagi ishlab chiqarish va sanoatning turli tarmoqlarida qo‘llash jarayonlarining tadqiqotiga yo‘naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, tarkibida azot oltingugurt va kislorod bo‘lgan kompleks hosil qiluvchi kationitlar sintezi, ularning fizik-kimyoviy xossalari, dinamik hamda statik sharoitda kationitlarning sorbsion sig‘imini, sorbsiya-desorbsiya jarayonlariga turli omillar ta‘sirini aniqlash, ular yordamida texnologik eritmalar va oqova suvlar tarkibidan og‘ir hamda zaharli metall ionlaridan tozalash, murakkab eritmalaridan metallarni ajratib olish, metallarni kompleks birikmalar ko‘rinishida tanlovchan ajratish, kationitlarning turli agressiv muhitlardagi sorbsion qobiliyatlarini aniqlashga alohida e‘tibor berilmoqda.

Mamlakatimizda kimyo sanoati mahsulotlarini ishlab chiqarishga, xususan, kationitlar yordamida oqova suvlarni og‘ir va zaharli metallardan tozalash uchun qo‘llaniladigan kationitlarni ishlab chiqarish va qo‘llash bo‘yicha keng ko‘lamli tadbirlar amalga oshirilmoqda. “Yangi O‘zbekistonning 2022–2026-yillardagi taraqqiyot strategiyasi”da<sup>1</sup> iqtisodiyotni rivojlantirish ustuvor yo‘nalishlari belgilangan hamda mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida, yuqori qo‘shilgan qiymatli tayyor mahsulot turlarini ko‘paytirish, sifat jihatdan yangi mahsulot va texnologiya turlarini o‘zlashtirish masalalari alohida belgilab qo‘yilgan. Bu borada milliy iqtisodiyotning yetakchi tarmoqlarini, jumladan, kimyo sanoatini rivojlantirishda, yo‘naltirilgan organik sintez asosida tanlab ta‘sir etuvchan, arzon, kationitlar olish hamda ular yordamida oqova suvlarni og‘ir va zaharli metallar ionlaridan tozalashni tadqiq etish muhim ahamiyatga ega.

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

---

<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

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.

**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, A. Maher, M. Sadeghi, A. Moheblar nanofiltratsiya membranasi texnologiyasidan foydalangan holda ichimlik suvidan og'ir metallarni ajratib olishni, V.I. Vasileva, E.A. Goleva, V.F. Selemenevlar kompleks hosil qiluvchi turli analitik reagentlar asosidagi polimer ligandlar sintezini, A. Dabrowski, Z. Hubicki, P. Podkorscielny, E. Robens suv va sanoat oqava suvlaridan og'ir metall ionlarini ajratish usullarini hamda sorbsiyada hosil bo'lgan kompleks birikmalarini, V.I. Vernadskiy nomidagi geokimyo va analitik kimyo instituti olimlari N.G. Polyanskiy, G.V. Myasoyedova, Ural federal universiteti olimi L.K. Neudachina, Tyumen davlat arxitektura-qurilish universiteti professori L.A. Pimneva polimer ligandlarni tadqiq qilishning termik usullarini o'rganishga doir tadqiqotlar olib bormoqdalar. Xorijda kationitlar 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 kationitlar sintezini, M.H. Morcali, R.P. Kusy, M. Murakami, D. Mendil, P.P. Coetzee tomonidan tabiiy obyektlardan metallarni kationitlar yordamida sorbsion ajratish usullarini va sorbsiyada hosil bo'lgan kompleks birikmalari tadqiq etilgan.

Respublikamizda kompleks hosil qiluvchi polimer ligandlar sintezi va ularning metallokomplekslari tadqiqoti sohasidagi ishlarni amalga oshirish va rivojlantirish bilan olimlarimizdan Musayev U.N., Asqarov M.A., Djalilov A.T., Babayev T.M., Sharipov X.T., Ibragimov B.T., Muxamediyev M.G., Turayev X.X., Gafurova D.A., Bekchanov D.J. kabilar shug'ullanganlar. Ular tomonidan kompleks hosil qiluvchi kationitlarning o'tish metallar analizida qo'llanilishi, sorbsiya jarayonida hosil bo'lgan koordinatsion birikmalarining tuzilishi va xossalari tahlil qilingan. 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 OT-F7-34 «Kompleks hosil qiluvchi polifunksional ionitlar sintezi va ular yordamida ba'zi d-metallarni ajratishning nazariy asoslari» (2017-2020 yy.) mavzusidagi fundamental loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** ko'p asosli karbon kislotalar asosida karboksilli kationitlar olish va ularni ba'zi d-metallar ionlari sorbsiyasida qo'llashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

tarkibida azot, oltingugurt va kislorod bo'lgan kompleks hosil qiluvchi yangi polifunksional kationitlarni sintez qilish va sintez sharoitini aniqlash;

sintez qilingan kationitlarning elektron tuzilishi, energetik, geometrik parametrlarini, shuningdek, reaksiya qobiliyatini kvant-kimyoviy usullar yordamida hisoblash;

sintez qilingan kationitlarning tarkibi va tuzilishini fizik-kimyoviy tahlil usullari yordamida aniqlash;

sintez qilingan kationitlarda Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlari sorbsiyasining tadqiqoti;

tarkibida azot, oltingugurt va kislorod bo'lgan kompleks hosil qiluvchi yangi polifunksional kationitlarni olish texnologiyasini ishlab chiqish va texnik-iqtisodiy asoslash.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida melamin-formalin-limon-vino kislota, karbamid-formalin-limon-vino kislota va tiokarbamid-formalin-limon-vino kislota asosida sintez qilingan kompleks hosil qiluvchi polifunksional kationitlari olingan.

**Tadqiqotning predmetini** kompleks hosil qiluvchi polifunksional kationitlarni olish jarayonlari, texnologiyasi, olingan kationitlarning sorbsion sig'imi, ba'zi metall ionlari sorbsiyasi va ularga turli omillar ta'siri, desorbsiya jarayonlari tashkil qilgan.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida IQ-, Raman spektroskopiya, differensial skanerlovchi kalorimetriya, skanerlovchi elektron mikroskopiya, spektrofotometriya, Avogadro, Hyper Chem 8.01, GaussView 6.0.16 dasturiy ta'minotlarida kvant-kimyoviy hisoblash kabi zamonaviy eksperimental tadqiqot usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

melamin-formalin, karbamid-formalin, tiokarbamid-formalin matritsalariga – limon va vino kislotalarni modifikatsiyalash asosida tarkibida azot, oltingugurt shuningdek, kislorod bo'lgan kompleks hosil qiluvchi yangi 6 ta polifunksional kationitlar olingan;

olingan polimer kationitlar monomer zvenosining elektron tuzilishi kvant-kimyoviy usullarda hisoblangan, ularning geometrik, energetik parametrlari, hamda atomlarda zaryad taqsimoti asosida koordinatsion bog'ning eng katta lokallanish markazlari aniqlangan;

sintez qilingan polimer kationitlarning tarkibi va tuzilishi zamonaviy fizik-kimyoviy usullari yordamida aniqlangan;

sintez qilingan polimer kationitlarning Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlariga nisbatan statik almashinish sig'imlari aniqlangan hamda ushbu metallarning olingan kationitlarda sorbsiyalanish qatori tuzilgan;

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

tarkibida azot, oltingugurt va kislorod bo'lgan kompleks hosil qiluvchi yangi polifunksional kationitlar olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

melamin-formalin, karbamid-formalin, tiokarbamid-formalin smolalarni ko‘p asosli kislotalar bilan kimyoviy modifikatsiyalash asosida kompleks hosil qiluvchi kationitlar olishning maqbul sharoitlari aniqlangan;

olingan kompleks hosil qiluvchi kationitlarning kislotali (sulfat, xlorid, nitrat) va ishqoriy agressiv muhitlarda barqarorligi aniqlangan;

kompleks hosil qiluvchi kationitlarning turli metall ionlariga nisbatan sorbsion qobiliyatiga sorbsiya davomiyligi, harorat va eritma muhitining ta’siri aniqlangan;

melamin-formalin, karbamid-formalin, tiokarbamid-formalin smolani kimyoviy modifikatsiyalash asosida kompleks hosil qiluvchi kationitlar olish texnologik sxemasi ishlab chiqilgan va texnik-iqtisodiy asoslangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Sintez qilingan birikmalarning tarkibi va tuzilishi IQ-, Raman spektroskopiya, differensial skanerlovchi kalorimetriya, skanerlovchi elektron mikroskopiya (fotosurati, element tahlili), spektrometriya, Avogadro, Hyper Chem 8.01, GaussView 6.0.16 dasturiy ta’minotlarida kvant-kimyoviy hisoblash kabi zamonaviy usullar yordamida eksperimental natijalar olinganligi bilan asoslangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, karbamid-formalin, tiokarbamid-formalin, melamin-formalinlarni limon kislota va vino kislota bilan modifikatsiyalash asosida tarkibida azot, oltingugurt hamda kislorod bo‘lgan kompleks hosil qiluvchi yangi polifunksional kationitlar olish texnologiyasining ilmiy asosi yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati sorbsion qobiliyati yuqori bo‘lgan limon va vino kislotani karbamid-formaldegid, tiokarbamid-formaldegid, melamin-formaldegid asosida olingan kompleks hosil qiluvchi polimer kationitlar kationitlar respublikamiz gidrometallurgiya korxonalari chiqindi eritmalari tarkibidagi juda kam miqdordagi nodir va rangli metallarni ajratib olish hamda sanoat oqova suvlarini tozalashga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Tarkibida azot, oltingugurt va kislorod bo‘lgan kompleks hosil qiluvchi polifunksional kationitlarni olish texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Limon va vino kislotani karbamid-formaldegid, tiokarbamid-formaldegid, melamin-formaldegid asosida olingan kompleks hosil qiluvchi polimer kationitlar «Petromaruz-Uzbekistan» xorijiy korxonasida oqava suvlarni sorbsion tozalashda qo‘llanilgan («Petromaruz-Uzbekistan» xorijiy korxonasining 2024-yil 25-apreldagi EKO-1 son ma’lumotnomasi). Natijada, oqova suvlarni tozalashda import o‘rnini bosuvchi, yuqori samarali, mahalliy xomashyolar asosida olingan kationitlardan foydalanish imkonini bergan;

sintez qilingan kompleks hosil qiluvchi polimer kationitlar «Petromaruz-Uzbekistan» xorijiy korxonasida oqova suvlardan Cu(II), Zn(II) va Ni(II) metall ionlarini sorbsion ajratishda qo‘llanilgan («Petromaruz-Uzbekistan» xorijiy korxonasining 2024 yil 25 apreldagi EKO-1 son ma’lumotnomasi). Natijada, ko‘p komponentli eritmalardan ayrim 3d-metall ionlarini ajratish imkonini bergan;

ko'p asosli karbon kislotalar asosidagi polimer kationitlar sanoat oqova suvlarini og'ir metallar ionlaridan tozalashda «Petromaruz-Uzbekistan» xorijiy korxonasida amaliyotga joriy etilgan («Petromaruz-Uzbekistan» xorijiy korxonasining 2024-yil 25-apreldagi EKO-1 son ma'lumotnomasi). Natijada, oqova suvlarni og'ir metallar ionlaridan ruxsat etilgan konsentratsiyasining o'ndan bir ulushigacha samarali tozalash imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 14 ta, jumladan, 11 ta xalqaro va 3 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 7 ta ilmiy ishlar, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 3 ta maqola respublika va 4 ta maqola xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 120 betni tashkil etgan.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi, zaruriyati asoslangan, maqsad va vazifalar, tadqiqot obyektlari va predmetlari berilgan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, uning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etish istiqbollari bo'yicha xulosa qilingan hamda chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Kompleks hosil qiluvchi kationitlar, ularni olishning zamonaviy usullari va rivojlanish istiqbollari**» deb nomlangan birinchi bobida asosan melamin, formalin smolasi asosida tarkibida azot, kislorod bo'lgan kationitlar sinteziga doir ilmiy-tadqiqot ishlari hamda ishlab chiqarishda asosan analitik aktiv va funksional aktiv guruhlarni turli materiallarga kimyoviy birlashtirish yo'li bilan olingan anion almashinuvchi hamda kompleks birikmalar hosil qiluvchi kationitlardan ko'proq foydalanilganligiga doir adabiyotlar tahlili keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Melamin, formalin va limon kislotalar asosida xelat hosil qiluvchi kationitlar sintezi va tadqiqoti**» deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot uchun olingan moddalar xususiyatlari, tadqiqot usullari hamda melamin, formalin, dikarbon kislota va oksidikarbon kislotasining polikondensatsiya reaksiyasi asosida kompleks hosil qiluvchi smolasini modifikatsiyalash asosida ionitlar sintezi yoritilgan.

**Melamin, formalin va limon kislotasi asosidagi kompleks hosil qiluvchi kationitlar sintezi.** Melamin, formalmaldegid, 2-gidroksi-1,2,3,-propantrikarbon kislotasi asosidagi kompleks hosil qiluvchi kationitni sintez qilish uchun tadqiqot ishini bajarishda reaktivlarning "toza" va "kimyoviy toza" markalaridan foydalanildi. Tajribani bajarishda reaktivlarning eritmalarini aniq ma'lum hajmdagi erituvchilarda eritib tayyorlangan.

Ushbu kationitni sintez qilishda qaytar sovutgich va avtomatik aralashtirgich bilan jihozlangan uch og'izli kolbaga 2.49 g (0,02 mol) melamin 5 ml (0,05 mol) formalin eritmasida eritib olindi so'ngra ammoniy gidroksid eritmasidan tomizib H=8-9 ga yetkazildi. 70-80 °C haroratda cho'ziluvchan massa hosil bo'lganda jarayon to'xtatildi. Hosil bo'lgan smolasimon aralashmaga 5 ml ammoniy gidroksidagi eritmasida 5,72 g (0,03mol) 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislotani eritib aralashtirib olindi. Temperatura 110-120 °C ga yetganda qattiq massa hosil bo'lgani kuzatildi. So'ngra massa chinni kosachaga olindi. Sintez qilingan mahsulot quritish shkafida 20 soat mobaynida 100 °C da quritib olindi. Mahsulot maydalanib, tarkibidagi qo'shimchalardan tozalash uchun dastlab NaOH ning 5 % li eritmasi bilan keyin, neytral holga kelguncha distillan suv yordamida qayta qayta yuvib olindi. Jarayon so'ngida mayda g'ovaklardan iborat bo'lgan oq rangli mahsulot hosil bo'ldi. Reaksiya unumi 92 %

Namlikni aniqlash. Massasi ma'lum bo'lgan tigelga sintez qilingan kationitdan ( $3,5 \pm 0,5$ ) g tarozida tortib olindi, hamda 10 soat davomida quritish shkafida 60 °C±2 haroratda quritishga qo'yildi. Tigelni sovutish uchun 45 minut davomida eksikatorga qo'yilib massasi o'lchandi. So'ngra o'lchashlar haroratni yuqori ko'tarib har bir soat davomida o'tkazildi, o'lchashlarni o'lchovlar o'rtasidagi farq 0,0005 g dan kam bo'lgan holda jarayon to'xtatildi.

1-jadvalda keltirilgan sochma og'irlikni aniqlashda kationitdan 4 marta o'lchab o'rtacha arifmetik miqdor qiymati olindi.

Kationitning statik almashinuv sig'imini aniqlash GOST 20255.1-89 bo'yicha aniqlandi.

Melamin, formalin va limon kislotasi polikondensatsiyasi jarayoniga maqbul harorat ta'sirini o'rganish bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. Polikondensatsiya reaksiya jarayoni: 100, 110, 120 va 130 °C haroratlarda o'rganildi. Shu bilan bir qatorda, reaksiyaning vaqtga bog'liqligi, kationitning suvdagi solishtirma hajmi va 0,1 n NaOH eritmasi uchun statik almashinish sig'imi (SAS) qiymati aniqlandi.

### 1-jadval

#### Polikondensatsiya jarayonida haroratining ion almashinuvchi xossalari ta'siri

№	Reaksiya harorati T, °C	Reaksiya vaqti τ, soat	Maxsus hajm suvda bo'kkan kationit H shakli, ml/g	SAS, 0,1 n NaOH eritmasi mg-ekv/g bo'yicha
1.	100	5-6,5	1,6	2,9
2.	110	4,5-5	1,4	3,2
3.	120	2,5-3	1,1	4,0
4.	130	1,5-2	1,0	3,9

1-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, 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 MFL kationiti uchun 4,0 mg-ekv/g qiymatiga ega ekanligi aniqlandi. 2-jadvalga ko'ra kationitning hosil bo'lish reaksiyasida reaksiyaga kirishuvchi boshlang'ich moddalarning: melamin, formaldegid va limon kislotaning mos ravishda 1:3:0,5

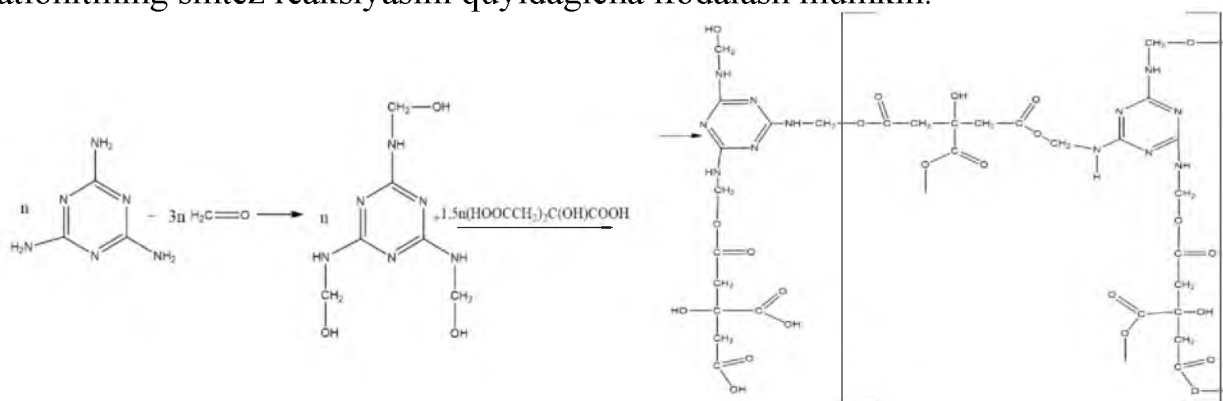
dan 1:3:2 gacha bo'lgan mol nisbatida olinib, polikondensatlanish reaksiyasi yordamida amalga oshirildi.

## 2-jadval.

### Kationitning sorbsion xossalari moddalar almashinuvi nisbatiga bog'liqligi

Melamin, formalin va limon kislotasi	Olingan miqdor, g/ml	0,1n eritmalarining statik almashinish sig'imi, mg-ekv/g		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
1:3:1	0,82	4,3	4,1	3,9
1:3:1,5	0,85	4,6	4,3	4,4
1:3:2	0,87	3,6	3,3	4,1

O'tkazilgan tadqiqotlar natijalari va adabiyot ma'lumotlariga ko'ra MFL kationitining sintez reaksiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:



**Karbamid, formalin va limon kislotasi asosidagi xelat hosil qiluvchi kationit sintezi.** Ushbu kationitni sintez qilishda qaytar sovutgich va avtomatik aralashtirgich bilan jihozlangan uch og'izli kolbaga 1,3 g(0,02 mol) melamin 4 ml(0,05 mol) formalin eritmasida eritib olindi, so'ngra ammoniy gidroksid eritmasidan tomizib pH=8-9 ga yetkazildi. 70-80 °C haroratda cho'ziluvchan massa hosil bo'lganda jarayon to'xtatildi Hosil bo'lgan smolasimon aralashmaga 1.90 g(0,03mol) 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislotani 5 ml ammoniy gidroksidagi eritmasida - eritib qo'shildi. Temperatura 110-120 °C ga yetganda qattiq massa hosil bo'lganini kuzatildi. So'ngra massa chinni kosachaga solinib,sintez qilingan mahsulot quritish shkafida 20 soat mobaynida 100 °C da quritib olindi. Mahsulot maydalanib, tarkibidagi qo'shimchalardan tozalash uchun dastlab NaOH ning 5 % li eritmasi bilan keyin, neytral holga kelguncha distillan suv yordamida qayta qayta yuvib olindi. Jarayon so'ngida mayda g'ovaklardan iborat bo'lgan oq rangli mahsulot hosil bo'ldi. Reaksiya unumi 91 %

Olingan kationitning namligini GOST 10898.1-84 bo'yicha, massa zichligini GOST 10898.2-84 bo'yicha, gidratlangan holatda kationitning zichligini GOST 10898.3-84 bo'yicha, shishgan kationitning solishtirma hajmini GOST 10898.4-84 bo'yicha va statik almashinuv quvvatini GOST 20255.1-89 bo'yicha aniqlandi.

Polikondensatsiya reaksiya tipida kationit (ion almashirgich) olingan bo'lib, u kationitlar xususiyatlarini sistemaga solish va ularga effektiv ish faoliyatini ta'minlashga qaratilgan. 3-jadval ma'lumotlariga ko'ra karbamid, formalin va limon kislotasi (KFL) polikondensatsiyasi reaksiyasiga muqobil 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, kationitning suvdagi solishtirma hajmi va 0,1 n NaOH eritmasi uchun statik almashinish sig‘imi (SAS) qiymati aniqlandi.

### 3-jadval.

#### Polikondensatsiya reaksiyasiga haroratining ta’siri

№	Reaksiya harorati T, °C	Reaksiya vaqti τ, soat	Maxsus hajm suvda bo‘kkan kationiti H shakli, ml/g	SAS, 0,1 n NaOH eritmasi mg-ekv/g bo‘yicha
1.	110	5-6,5	1,8	4,8
2.	120	4,5-5	1,6	5,2
3.	130	2,5-3	1,3	7,0
4.	140	1,5-2	1,2	5,8

Bundan tashqari ushbu jadval natijalar shuni ko‘rsatadiki, 110 °C haroratda polikondensatsiya reaksiyasining davomiyligi 5-6,5 soat, kationitning statik almashinish sig‘imi KFL uchun 4,8 mg-ekv/g ekanligi aniqlandi. Bu ma’lum bir haroratda reaksiya uchun olingan reaktivlarning past faolligi bilan bog‘liq. Reaksiya harorati 140 °C gacha ko‘tarilganda polikondensatsiyalanish reaksiyasi tezligi ortdi 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 muqobil harorat 130 °C olindi, reaksiya vaqti 2,5-3 soat va 0,1 n NaOH eritmasi uchun almashinish sig‘imi 7,0 mg-ekv/g qiymatiga ega ekanligi aniqlandi.

Karbamid va formaldegid limon kislota bilan o‘zaro ta’sir qilganda, nafaqat kondensatsiya qiluvchi, balki o‘zaro bog‘lovchi vositadir hamda olingan kationitning asosiy sorbsion va fizik-kimyoviy xossalari uning konsentratsiyasiga bog‘liq. Har xil mol nisbatda olingan karbamid, formaldegid va limon kislotalarning o‘zaro ta’sirlashishidan hosil bo‘ladigan kationitni olish uchun kationitning har xil namunalari sintez qilindi. Polikondensatsiya reaksiyasi jarayonida boshlang‘ich reagentlarning ya’ni karbamid, formalin va limon kislota mos ravishda 2:5:0,5 mol nisbatdan 2:5:1,5 mol nisbatlargacha bo‘lgan oraliqda sintezi amalga oshirildi. Limon kislota miqdorining kationitning xususiyatlariga ta’sirini o‘rganish natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

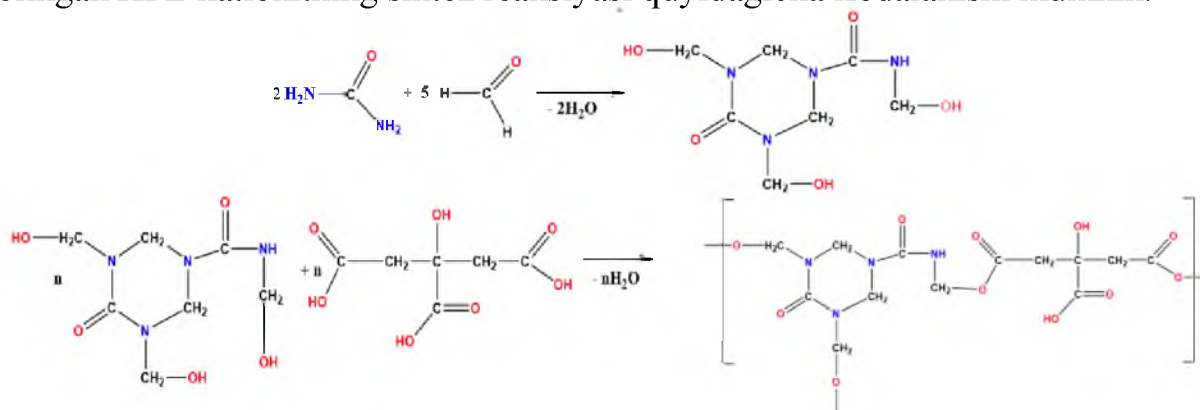
### 4-jadval.

#### Kationitning sorbsion xossalarning reaktivlar mol nisbatlariga bog‘liqligi

Karbamid, formal’degid va limon kislota	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>
2:5:0,5	90	5,33	5,62	5,45
2:5:1,0	91	7,6	7,2	6,8
2:5:1,5	90	4,85	4,95	4,84

4-jadvalda keltirilgan ma’lumot natijalarga ko‘ra mos ravishda boshlang‘ich reagentlar karbamid, formaldegid va limon kislotalarining 2:5:1,0 mol nisbatlarida

sorbsion xususiyati eng yaxshi bo'lgan kationit olindi. Metall ionlarining 0,1n eritmali bo'yicha statik almashinish sig'imi Cu(II) 7,6 mg-ekv/g, Zn(II) 7,2mg-ekv/g va Ni(II) 6,8mg-ekv/g ni tashkil etdi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, olingan KFL kationitning sintez reaksiyasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:



**Tiokarbamid, formalin, 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislota kislotalari asosidagi kationitning sintezi.** Ushbu kationitni sintez qilishda qaytar sovutgich va avtomatik aralashtirgich bilan jihozlangan uch og'izli kolbaga 1,52 g(0,02 mol) tiokarbamid 4 ml(0,05 mol) formalin eritmasida eritib olindi so'ngra ammoniy gidroksid eritmasidan tomizib pH=8-9 ga yetkazildi. 70-80 °C haroratda cho'ziluvchan massa hosil bo'lganda jarayon to'xtatildi. Hosil bo'lgan smolasimon aralashmaga 5 ml ammoniy gidroksid eritmasida 1,92 g(0,01mol) 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislotalari eritib aralashtirib olindi. Temperatura 110-140 °C ga yetganda qattiq massa hosil bo'lgani kuzatildi. So'ngra hosil bo'lgan massa chinni kosachaga olindi. Sintez qilingan mahsulot quritish shkafida 20 soat mobaynida 100 °C da quritib olindi. Mahsulot maydalanib, tarkibidagi qo'shimchalardan tozalash uchun dastlab NaOH ning 5 % li eritmasi bilan keyin, neytral holga kelguncha distillangan suv yordamida qayta qayta yuvib olindi. Jarayon so'ngida mayda g'ovaklardan iborat bo'lgan oq rangli mahsulot hosil bo'ldi. Reaksiya unumi 90 %.

**5-jadval.**

**Kationit xossalari va polikondensatsiya reaksiyasiga haroratning ta'siri**

No	Reaksiya harorati T, °C	Reaksiya vaqti τ, soat	Maxsus hajm suvda bo'kkan kationiti H shakli, ml/g	SAS, 0,1 n NaOH eritmasi mg-ekv/g bo'yicha
1.	110	5-6,5	1,9	5,4
2.	120	4,5-5	1,7	6,2
3.	130	2,5-3	1,4	7,6
4.	140	1,5-2	1,3	5,8

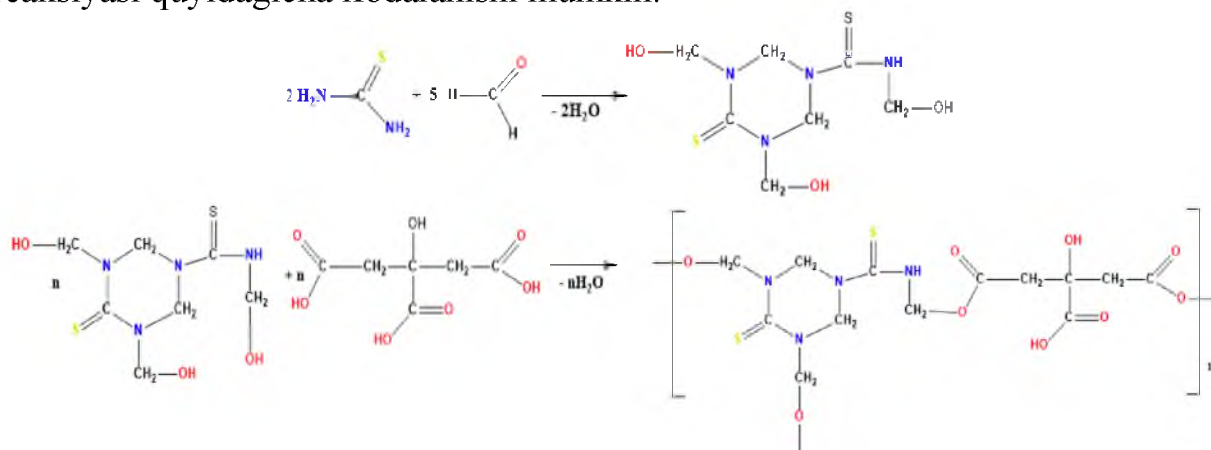
Hosil qilingan kationitning namligini GOST 10898.1–84 bo'yicha, massa zichligini GOST 10898.2–84 bo'yicha, gidratlangan holatda kationitning zichligini GOST 10898.3–84 bo'yicha, shishgan kationitning solishtirma hajmini GOST 10898.4-84 bo'yicha va statik almashinuv quvvatini GOST 20255.1-89 bo'yicha aniqlandi.

Polikondensatsiya reaksiya tipidagi kationit (ion almashirgich) olingan bo'lib, u kationitlar xususiyatlarini sistemaga solishga va ularga effektiv ish faoliyatini ta'minlashga qaratilgan. Tiokarbamid, formalin va 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislota kislota asosida olingan kationit (TKFL) polikondensatsiya reaksiyasiga optimal harorat ta'sirini o'rganildi. Ushbu jarayon: 110, 120, 130 va 140°C haroratlarda olib borildi. Natijalar 5-jadvalda keltirilgan. Yuqoridagi keltirilgan natijalardan shunday xulosa qilish mumkinki, 110°C haroratda polikondensatsiya reaksiyasi 110°C 5-6,5 soat mobaynida davom etdi, bunda TKFL kationitining statik almashinish sig'imi 5,4 mg-ekv/g tashkil qildi.

Olib borilgan izlanishlar natijasida polikondensatlanish reaksiyasi uchun maqbul harorat 130°C olindi, reaksiyaning tugash vaqti 2,5-3 soat va 0,1 n NaOH eritmasi uchun almashinish sig'imi 7,6 mg-ekv/g qiymatiga ega ekanligi aniqlandi.

Boshlang'ich moddalarning tuzilishi va xossalarning ion almashinuvchining 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 o'rganildi.

Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, olingan TKFL kationitining sintez reaksiyasi quyidagicha ifodalanishi mumkin:



Turli xil mol nisbatda olingan tiokarbamid, formalin va 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislota o'zaro bog'langan kationit sintezi uchun ion almashinuvchining turli nisbatdagi namunalari olindi. 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislota miqdorining ion almashinuvchi TKFL xususiyatlariga ta'sirini o'rganish natijalari 6-jadvalda keltirilgan.

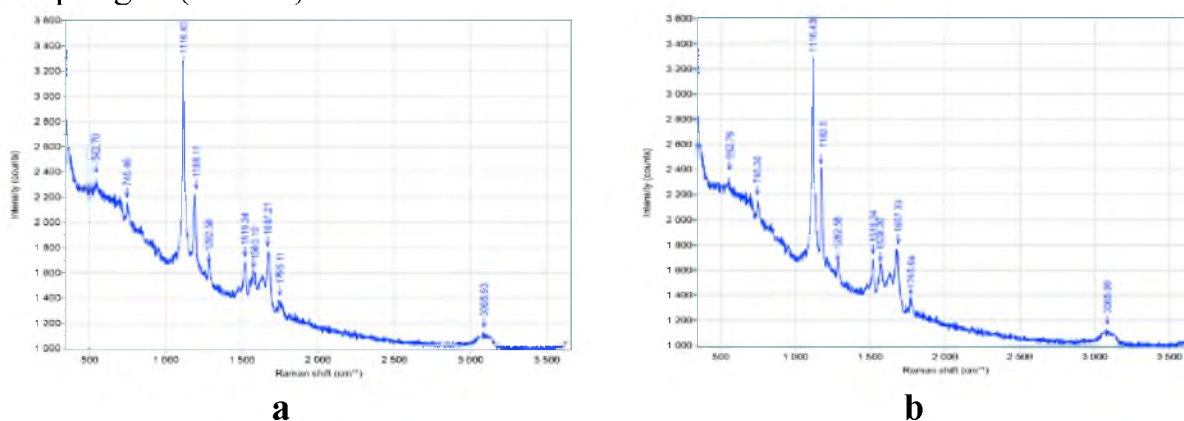
**6-jadval.**

**Kationitning sorbsion xossalarning reaktivlar nisbatlariga bog'liqligi**

Tiokarbamid, formal'degid va limon kislota	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>
2:5:0,5	91	6,30	5,62	6,45
2:5:1,0	92	8,20	7,80	7,40
2:5:1,5	90	5,85	5,90	5,84

Dissertatsiyaning «Sintez qilingan kationitlar va ularning hosil qilgan metallokomplekslarining tarkibi, tuzilishi, fizik-kimyoviy xossalari hamda sorbsion xossalari tadqiqoti» deb nomlangan uchinchi bobida sintez qilingan kationitlar va ular hosil qilgan komplekslarining Raman spektri, IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya, termogravimetrik va differensial termik analiz, kvant kimyoviy tahlili hamda konduktometriya kabi zamonaviy tadqiqot usullaridan foydalanib ularning fizik-kimyoviy xossalari tahlil etilgan.

MFL kationitining Cu(II), Zn(II) va Ni(II) ionlari bilan birikib hosil qilgan kompleks birikmalarining Raman spektri tasvirlari keltirilgan hamda natijalari tahlil qilingan (1-rasm).



**1-rasm. MFL kationitining (a) Cu(II) va (b) Zn(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleksining Raman spektri**

Tahlil natijalarida MFL+Me(II) uchun nur yutish sohalaridagi siljishlar oʻrganilgan. Melamin, formalin, 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagi kationitning Cu<sup>2+</sup> ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasining Raman (HORIBA Scientific) spektri tahlili 1.a-rasmda keltirilgan boʻlib, unga koʻra tarkibidagi -OH yoʻqolgan, oʻrniga Me-O bogʻi hosil boʻlgan va bu bogʻining  $\nu(\text{Cu-O})$  542,70  $\text{cm}^{-1}$  sohada,  $\nu_{\text{as}}(-\text{COO}^-)$  tebranish chastotasi 1765,11  $\text{cm}^{-1}$  sohada,  $\delta(\text{NH})$  tebranish chastotasi 1560,00  $\text{cm}^{-1}$  sohada,  $\nu(-\text{NH})$  tebranish chastotasi esa 3095,93  $\text{cm}^{-1}$  sohada, -C=O bogʻining tebranishi 1687,21  $\text{cm}^{-1}$  sohada va efir bogʻining  $\nu_s$  toʻlqinlari 1188,11  $\text{cm}^{-1}$  sohada hosil boʻldi shu bilan birgalikda melamin, formalin 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagi kationitdagi ayni shu bogʻlarning tebranish chastotalari oʻzgarganligi aniqlandi.

Olingan MFL kationiti Zn<sup>2+</sup> ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasining Raman (HORIBA Scientific) spektrlarini quyidagicha izohlash mumkin. Keltirilgan maʼlumotlarga koʻra Melamin, formalin 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagi kationit Zn(II) ni sorbsiyasi orqali olingan kompleksning Raman (HORIBA Scientific) spektri natijalariga qaraganda tarkibidagi -OH toʻlqinlari oʻrniga Me-O bogʻi hosil boʻlgan va bu bogʻining  $\nu(\text{Zn-O})$  552,76  $\text{cm}^{-1}$  sohada,  $\nu_{\text{as}}(-\text{COO}^-)$  tebranish chastotasi 1765,11  $\text{cm}^{-1}$  sohada,  $\delta(\text{NH})$  tebranish chastotasi 1560,00  $\text{cm}^{-1}$  sohada,  $\nu(-\text{NH})$  tebranish chastotasi esa 3095,93  $\text{cm}^{-1}$  sohada, -C=O bogʻining tabranishi 1687,21  $\text{cm}^{-1}$  sohada va efir bogʻining  $\nu_s$  tebranishi 1188,11  $\text{cm}^{-1}$  sohada hosil boʻldi shu bilan birgalikda

melamin, formalin 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagi kationitdagi ayni shu bogʻlarning tebranish chastotalari oʻzgarganligi aniqlandi (1.b-rasm).

MFL kationiti  $Ni^{2+}$  ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasining Raman (HORIBA Scientific) spektri 1.c-rasmda keltirilgan, kanaliz natijalariga koʻra Melamin, formalin 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagikationit  $Ni(II)$  ni sorbsiyalash natijasida olingan kompleksning Raman (HORIBA Scientific) spektri natijalariga qaraganda tarkibidagi -OH tebranish chastotalari yoʻqolib, oʻrniga Me-O bogʻi hosil boʻlgan va bu bogʻining  $\nu(Ni-O)$   $551,33\text{ sm}^{-1}$  sohada va shu bilan birgalikda melamin, formalin 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagi kationitda ayni shu bogʻlarning tebranish chastotalari oʻzarganligi aniqlandi.

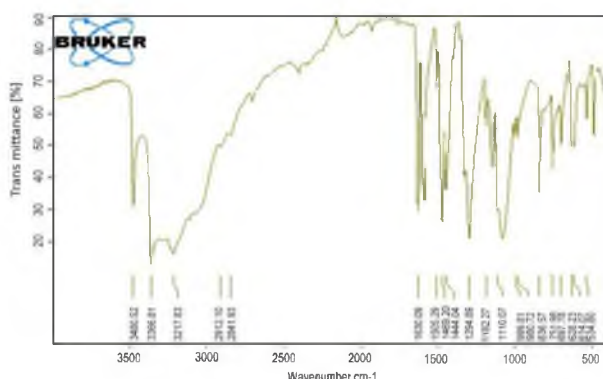
MFL kationitining MFL+Me(II) kompleks birikmalarining Raman spektridagi tebranish chastotalari tahlili 7-jadvalda keltirilgan.

**7-jadval.**

**MFL kationitining MFL+Me(II) kompleks birikmalarining Raman spektridagi tebranish chastotalari,  $\text{sm}^{-1}$**

Tebranish tasniflari	MFL	MFL+Cu(II)	MFL+Zn(II)	MFL+Ni(II)
$\nu(OH)$	3128,42	542,70	552,76	551,33
$\nu(NH)$	3055,95	3095,93	3065,96	3067,81
$\nu(C=O)$	1667,83	1687,21	1657,33	1649,93
$\delta(NH)$	1568,20	1560,00	1538,20	1549,93
$\nu_{as}(-COO-)$	1725,93	1765,11	1745,94	1738,83
$\nu_{as}(-C-O-C-)$	1176,01	1188,11	1182,50	1196,91

**Melamin, formalin, limon kislotasi asosidagi va melamin, formalin, vino kislotasi asosidagi kationitlarining reaksiyon qobiliyatini kvant kimyoviy tahlili.** MFL kationitining reaksiyon qobiliyatini kvant kimyoviy tahlili olib borildi. Toʻrt tanlangan kvant-kimyoviy hisoblashlar natijalariga koʻra xulosa qilib shuni aytish mumkinki, melamin, formaldegid 2-gidroksi 1,2,3-propantrikarbon kislota

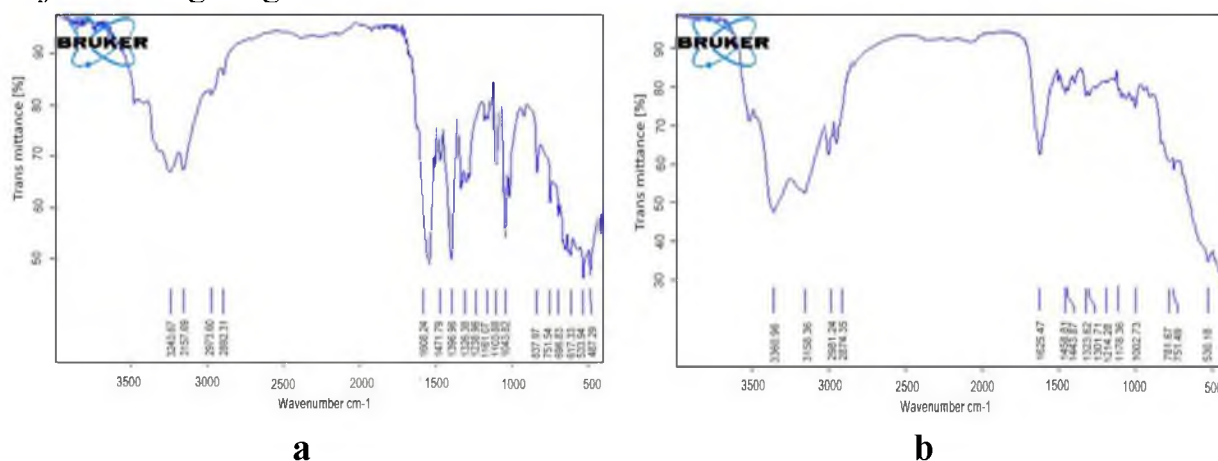


**2-rasm. KFL kationitining IQ-spektri.**

KFL kationitning IQ spektrida  $3480,52\text{ sm}^{-1}$  sohada  $\nu(OH)$  guruhining  $\nu_s$ ,  $3366,81\text{ sm}^{-1}$  sohada  $-COOH$  guruhi tarkibidagi  $\nu(OH)$  guruhining  $\nu$  va  $1444,04\text{ sm}^{-1}$  sohada  $\delta$  tebranish chastotasi hosil boʻldi.  $3217,83\text{ sm}^{-1}$  va  $1182,27\text{ sm}^{-1}$  sohalarda

$\nu$  ( $\text{NH}_2$ ) guruhining  $\nu_s$  va  $\delta$  tebranishlari hamda  $1110,07 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $\nu(\text{C-N})$  guruhining  $\nu$  tebranish chastotasi kuzatildi. Shu bilan birgalikda  $2912,10 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2841,93 \text{ cm}^{-1}$  va  $751,98 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{CH}_2)$  guruhining  $\nu_{as}$ ,  $\nu_s$  va  $\delta$  tebranishlar chastotasi hosil bo'ldi.  $1630,09 \text{ cm}^{-1}$  va  $1294,89 \text{ cm}^{-1}$  sohalarda  $\nu(\text{C=O})$  hamda  $\nu(\text{COO}^-)$  guruhining  $\nu_{as}$  tebranish shu bilan bir qatorda  $836,57 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $\delta$  tebranish chastotasi hosil bo'ldi. Shuningdek,  $1182,27 \text{ cm}^{-1}$  sohada  $\nu(\text{COOC})$  guruhining valent tebranishlar ( $\nu$ ) tebranish chastotalari kuzatildi (2-rasm).

KFL kationitining  $\text{Cu(II)}$ ,  $\text{Zn(II)}$  va  $\text{Ni(II)}$  ionlari bilan birikib hosil qilgan kompleks birikmalarining IQ spektri tasvirlari keltirilgan hamda natijalari tahlil qilingan (3-rasm). Tahlil natijalarida KFL+Me(II) uchun nur yutish sohasidagi siljishlar o'rganilgan.



**3-rasm. KFL kationitining (a)  $\text{Cu(II)}$  va (b)  $\text{Zn(II)}$  ionlari bilan hosil qilgan kompleksining IQ-spektri.**

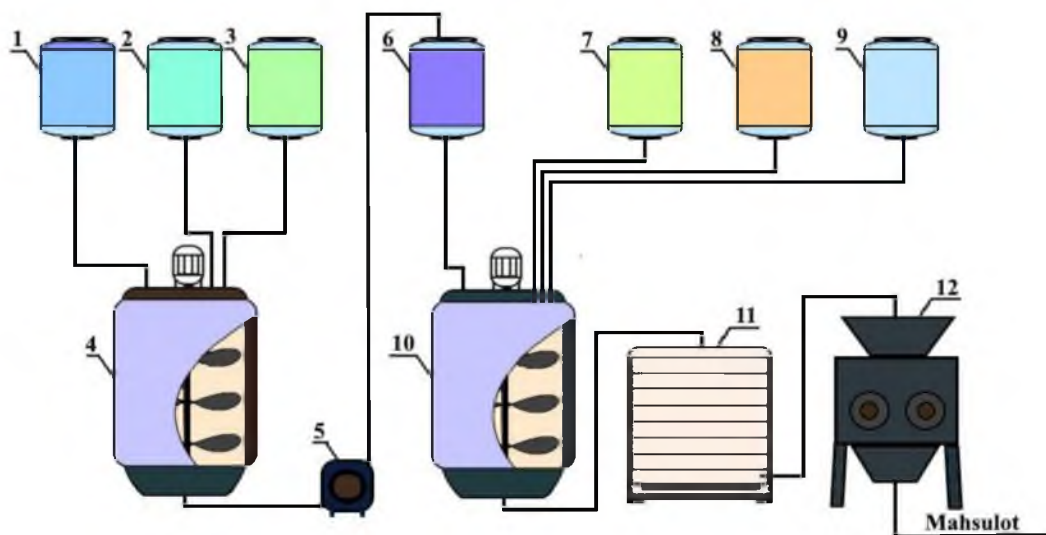
**8-jadval**

**Karbamid, formalin, limon kislotasi asosidagi kationit va uning mis (II), rux (II), nikel (II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining IQ-spektrlaridagi yutilish chastotalari,  $\text{cm}^{-1}$**

Tebranish tasniflari	KFL	KFL+Cu(II)	KFL+Zn(II)	KFL+Ni(II)
$\nu(\text{OH})$	3480,52	3243,67	3360,96	3478,42
$\nu(\text{OH})$	3366,81	-	-	-
$\nu(\text{NH})$	3217,83	3157,69	3158,36	3355,40
$\nu_s(\text{CH}_2)$	2912,10	2973,60	2981,24	2860,48
$\nu_{as}(\text{CH}_2)$	2841,93	2892,31	2874,35	2748,45
$\nu(\text{C=O})$	1630,09	1608,24	1625,47	1628,40
$\nu(-\text{COC=O})$	1182,27	1238,96	1214,28	1292,36
$\nu_{as}(-\text{COO}^-)$	1294,89	1326,38	1301,71	1324,96
$\nu(\text{C-N})$	1110,07	1103,82	1002,73	1110,56
$\delta(\text{OH})$	1444,04	1471,79	1443,87	1443,36
$\delta(\text{NH})$	1182,27	1161,07	1178,36	1180,97
$\delta(\text{CH}_2)$	751,98	751,54	751,49	751,71
$\delta(-\text{COO}^-)$	836,57	837,97	781,67	837,41
$\nu(\text{O-Me})$	-	617,33	530,18	631,11

8-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, karbamid, formalin, 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagi kationitdagi  $\nu(\text{NH})$  tebranish chastotasi va  $\delta(\text{C}=\text{O})$  tebranish chastotalari nisbatan boshqa sohalarga siljigan. Karboksil guruhidagi  $-\text{OH}$  yoqolib  $\text{O}-\text{Me}$  bog‘ hosil bo‘ldi. Bundan quyidagicha xulosa qilish mumkin, karbamid, formalin, 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislota asosidagi kationitdagi ikkilamchi amin va karbonil guruhlari metall ioni bilan koordinatsiyalanib, xelat halqa hosil qiladi.

Dissertatsiyaning «Kompleks hosil qiluvchi kationitlarni ishlab chiqarishning texnologik sxemasi va texnik-iqtisodiy asoslash» deb nomlangan to‘rtinchi bobida kationitlar ishlab chiqarishning texnologik sxemasi va kompleks hosil qiluvchi kationitning texnik-iqtisodiy hisob-kitoblarining natijalari muhokama qilingan. Tadqiqotimiz natrijalariga ko‘ra, sintez qilingan kationitlar, sanoat va xalq xo‘jaligi oqova suvlarini o‘g‘ir metall ionlaridan sorbsiya usuli yordamida tozalashda tarkibida og‘ir metall ionlari bo‘lgan chiqindi eritmalarni zararsizlantirishda kationit sifatida qo‘llashga tavsiya etiladi.



**4-rasm. Kompleks hosil qiluvchi kationitlar ishlab chiqarish texnologik sxemasi.**

1-sig‘imdan melamin, 2-sig‘imdan formalin va 3-sig‘imdan ammoniy gidroksid, 4-reaktorga yuboriladi hamda unda  $100-120^{\circ}\text{C}$  da suyuq smola hosil qilinib, 5-nasos orqali 6-sig‘imga yuboriladi. Mazkur smola 6-sig‘imdan 10-reaktorga uzatiladi, shuningdek, 7-sig‘imdan 2-gidroksi-1,2,3-propantrikarbon kislota (yoki 8-sig‘imdan limon kislota, yoki 9-sig‘imdan vino kislota) ham 10-reaktorga uzatiladi. 10-reaktorda polikondensatsiya reaksiyasi olib boriladi va reaksiya mahsuloti 11-quritish shkafida quritilib, 12-valli maydalagichda maydalaniladi, tayyor mahsulot omboriga yuboriladi.

Reaksiya unumining yuqori bo‘lishi dastlabki xomashyolarning tozaligi, jarayoning aralashtrish tezligi, tashqi muhitdan izolyatsiyalanganligi, dastlabki moddalarni aniq mol nisbatlarda olinganligi, vaqt davomiyligi, shuningdek, jarayondagi haroratni domiy ravishda  $70-80^{\circ}\text{C}$  oraliqda bo‘lishini ta‘minlash kabi parametrlarga bog‘liqligi bilan ifodalanadi.

Taklif etilgan ushbu texnologiya yordamida kompleks hosil qiluvchi KFL, MFL, TKFL, MFV, KfV, TKFV markali kationitlar olish mumkinligi bilan

iqtisodiy jihatdan yuqori tejamkorlikka erishish mumkin. Ushbu taklif etilgan texnologiyadan foydalangan holda barcha kationitlarning unumdorligi 90 % dan yuqori. Ushbu kationitlarni sintez qilishda va uni amaliyotda qo'llashda ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlari ishlab chiqilgan.

Mahalliy xomashyolar asosida sintez qilingan MFL kationitini ishlab chiqarish uchun xomashyo narxlari faqat boshlang'ich moddaning o'zi uchun hisoblandi (9-jadval).

**9-jadval.**

**1 tonna kompleks hosil qiluvchi KFL kationitni ishlab chiqarish uchun xomashyo narxi**

№	KFL markali sorbent	Xomashyo narxi, kg/so'm	1 tonna KFL olish uchun xomashyo, kg	1 tonna KFL narxi (1000 kg) so'm
1	Karbamid	3 800	362	1 375 600
2	Formalin (37%)	10 000	453	4 530 000
3	Limon kislota	15 700	356.5	5 738 350
4	NaOH	6000	25	150 000
5	Suv	200	300	60 000
<b>Jami</b>				<b>5 158 050</b>

4.1-jadvalda 1 tonna (KFL) ka kationitni ishlab chiqarish uchun dastlabki xomashyo narxlari faqat boshlang'ich moddaning o'zi uchun 5 158 050 so'm sarflanadi.

**10-jadval.**

**1 tonna sintez qilingan (KFL) markali kationitning tannarxi**

№	Nomlanishi	Narxi, so'm
1	Ishchilar maoshi	1 200 000
2	Yagona ijtimoiy to'lov 15%	180 000
3	Xomashyo narxi	11 853 950
4	Ishlab chiqarish xarajatlari	2 750 000
5	Qo'shimcha harajatlar (shu jumladan issiqlik va elektr uchun)	1 000 000
6	Foyda 10 %	1 698 395
<b>Jami</b>		<b>18 682 345</b>
7	QQS 15%	2 802 351
<b>Jami</b>		<b>21 484 696</b>
Purolite S950 xorijiy sorbent narxi		78 370 000
Iqtisodiy samaradorlik		56 885 304

10-jadvalda keltirilgan sintez qilingan (KFL) markali kationitni ishlab chiqarish uchun barcha xarajatlar tayyor mahsulotning bozor iqtisodiyotida 1 tonna tayyor mahsulot uchun 56 885 304 so'mga teng ekanligi hisoblab topildi.

Sintez qilingan kationitlar yordamida ishlab chiqarish korxonalarida turli metall ionlarini konsentrlashda, tarkibida og'ir metall ionlari bo'lgan chiqindi eritmalarni zararsizlantirish va oqova suvlarini tozalashda kationit sifatida keng qo'llanilish imkoniyati yaratildi.

## XULOSA

1. Melamin-formalin, karbamid-formalin, tiokarbamid-formalin matritsalariga –limon va vino kislotalarni modifikatsiyalash asosida kompleks hosil qiluvchi KFL, MFL, TKFL, MFV, KFV hamda TKFV kationitlar olindi. MFL, KFL, TKFL MFV, KFV hamda TKFV kationitlarning hosil bo'lishining kimyoviy reaksiyasi uchun 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 MFL 4,0, KFL 7,0 mg-ekv/g, TKFL 7,6, MFV 3,6, KFV 5,2,TKFV 5,8 mg-ekv/g hamda dastlabki moddalarning mol nisbati 1:3:1,5 va 2:5:1 bo'lib, metall ionlarining 0,1n eritmadagi statik almashinish sig'imi aniqlandi.

2. Kvant-kimyoviy hisoblash usullari Avogadro, Hyper Chem 8.01, GaussView 6.0.16 dasturiy ta'minoti orqali beshta yarim empirik metodlar natijalariga ko'ra, kationitlar molekulasida manfiy effektiv zaryadining eng yuqori qiymatlari C=O, C-O-C, triazin xalqadagi azot va ikkilamchi amin N-H guruhlaridagi kislorod hamda azot, oltingugurt atomlarida bo'lib, ushbu atomlar metall ionlari bilan koordinatsion bog'lanib to'rt, besh va olti a'zoli xelat halqali komplekslarni hosil qilishi ko'rsatib berildi.

3. Sintez qilingan KFL, MFL, TKFL MFV, KFV,TKFV tarkibli kationitlarning ba'zi 3d-metallar bilan hosil qilgan komplekslarning tuzilishi Raman va IQ spektroskopiyasi usullari yordamida aniqlandi. Olingan natijalarga ko'ra sintez qilingan kationitlardagi ikkilamchi amin va karbonil guruhlari metall ionlari bilan koordinatsiyalanib xelat halqa hosil qilishi aniqlandi.

4. Olingan polimer kationitlarning va ular hosil qilgan metallokomplekslarining termik tahlili asosida olingan natijalardan kationitlarning termik barqarorligi ortib borish qatori TKFL < MFL < KFL < MFV < KFV < TKFV hamda metall ionlarining olingan kationitlar sorbsiyasida eritma muhitining ta'sirini aniqlash natijasida, kationitlarda metallar ionlarining sorbsiyalanish darajasi maksimumdan o'tishi intervallari eritma muhiti pH kattaligining MFL kationitida pH=3-6, KFL kationitida pH =3-7, TKFL kationitida pH =3-6 taklif etildi.

5. Sintez qilingan (KFL) markali kationitni ishlab chiqarish uchun barcha xarajatlar tayyor mahsulotning bozor iqtisodiyotida 1 tonna tayyor mahsulot uchun 4 787 050 so'mga teng ekanligi hisoblab topildi va bu qiymat Purolite S950 xorijiy sorbent narxi bilan solishtirilganda iqtisodiy samaradorlik 56 885 304 so'mni tashkil etishi aniqlandi.

6. Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida, ko'p asosli karbon kislotalar asosida olingan kationitlar "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.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/31.01.2023.К/Т.78.01  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**ТЕРМЕЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**МУМИНОВА ШАХНОЗА НОРМАХАМАДОВНА**

**ПОЛУЧЕНИЕ КАРБОКСИЛЬНЫХ КАТИОНИТОВ НА ОСНОВЕ  
МНОГООСНОВНЫХ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ И ИХ  
ИССЛЕДОВАНИЕ**

**02.00.14-Технология органических веществ и материалы на их основе**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА  
ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ХИМИИ**

**Термез – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химии в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан B2024.2.PhD/K810 зарегистрировано по номеру.

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 руководитель:**

**Мукумова Гульвар Джумаевна**  
доктор химических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Аликулов Рустам Валиевич**  
доктор химических наук, профессор

**Шукуров Дилмурод Хурсанович**  
доктор философии по техническим наукам, доцент

**Ведущая организация:**

**Ургенчский государственный университет**

Защита диссертации состоится «5» 04 2025 г. в «13<sup>00</sup>» часов на заседании Ученого совета на основе Ученого совета DSc.03/30.12.2019.T.78.01 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 №241). 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 «16» 03 2025 г.

(протокол рассылки № 2 от «16» 03 2025 г.).



**И.А.Умбаров**  
Председатель научного совета  
по присуждению ученой  
степени, д.т.н., проф.

**Ш.А.Касимов**  
Ученый секретарь научного  
совета по присуждению ученой  
степени, д.х.н., проф.

**Р.В.Аликулов**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученой степени, д.х.н., проф.

## **Введение (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мире бурно развиваются тепловые и атомные электростанции, химическое производство, радиотехническая и электротехническая промышленность, машиностроение, ТЭС, АЭС, пищевая и фармацевтическая промышленность. Поэтому спрос на катионы продолжает расти. Во всем мире начаты научно-исследовательские работы, направленные на иммобилизацию лигандов, содержащих азот и серу, в органические полимерные и минеральные матрицы при получении катионитов, образующих комплексы селективного действия, быстрого и экспрессного действия.

В мировых исследованиях важное значение приобретает внедрение в производственные процессы на основе современных безотходных технологий применения в различных отраслях промышленности комплексообразующих катионитов, содержащих азот, серу и кислород. С этой целью проводятся исследования по синтезу комплексообразующих катионитов, содержащих азот, серу и кислород, их физико-химическим свойствам, определению сорбционной способности катионитов в динамических и статических условиях, влиянию различных факторов на сорбционно-десорбционные процессы, с помощью которых происходит очистка технологических растворов и сточных вод от ионов тяжелых и токсичных металлов, выделение металлов из сложных растворов, особое внимание уделяется селективному разделению металлов в виде сложных соединений, определению сорбционной способности катионитов в различных агрессивных средах.

В нашей стране большое внимание уделяется производству продукции химической промышленности, в частности, производству катионитов, которые используются для очистки сточных вод от тяжелых и токсичных металлов. В Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы<sup>1</sup> определены приоритетные направления экономического развития и дальнейшее ускорение «производства готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, изменение ассортимента качественно новой продукции и технологий». В этом плане важное значение в развитии ведущих отраслей народного хозяйства, в том числе химической промышленности, приобретают исследования по получению селективных действующих, обратимых и экспрессных катионитов на основе направленного органического синтеза, а также по очистке сточных вод от ионов тяжелых и токсичных металлов.

Указ Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «о стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», от 29 августа 2017 года № ПП-3246 «о мерах по совершенствованию экспортно-импортной деятельности организаций

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2022 года УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

химической промышленности», от 17 января 2018 г. № ПП-3479 «о мерах по устойчивому обеспечению отраслей экономики страны востребованными видами продукции и сырья» и от 3 апреля 2019 г. № ПП-4265 «о мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности» результаты данного диссертационного исследования в определенной степени служат осуществлению задач, установленных нормативными правовыми актами, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики.** Данное исследование является частью VII Республиканского проекта развития науки и технологий. Выполнено в соответствии с приоритетным направлением «химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** За рубежом были проведены исследования синтеза иммобилизованных полимерных лигандов и их координационных соединений, получаемых при сорбции с переходными металлами, А. Махер, М. Садеги, А. Мохеб использует технологию мембранной нанофильтрации для извлечения тяжелых металлов из питьевой воды, В.И. Васильева, Е.А. Голева, В.Ф. Селеменевым синтез полимерных лигандов на основе различных комплексообразующих аналитических реагентов, А. Дабровский, З. Хубицкий, П. Подкорскелни, Е. Робенс разработали методы выделения ионов тяжелых металлов из воды и промышленных сточных вод, а также комплексных соединений, образующихся при сорбции, ученые института геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Н.Г.Полянский, Г.В.Мясоедова, ученый Уральского федерального университета Л.К. Неудачина, профессор Тюменского государственного архитектурно-строительного университета Л.А. Пимнева проводят исследования по изучению термических методов исследования полимерных лигандов. За рубежом были проведены исследования синтеза катионитов и их координационных соединений, получаемых при сорбции с промежуточными металлами, Д.К.Сингх, Ванг Джиннан, А.Волович, С.Тонг проводили синтез катионитов на основе различных комплексообразующих аналитических реагентов, М.Н. Моркали, Р.П. Куси, М. Мураками, Д.Мендил, П.П.Коези изучал методы сорбционного отделения металлов от природных объектов с использованием катионитов и сложных соединений, образующихся при сорбции.

Осуществлением и развитием работ в области синтеза комплексообразующих полимерных лигандов и исследования их металлокомплексов в республике занимаются наши ученые такие как Мусаев У.Н., Аскарлов М.А., Джалилов А.Т., Т.М.Бабаев, Шарипов Х.Т., Ибрагимов Б.Т., Мухамедиев М.Г., Тураев Х.Х., Гафурова Д.А., Бекчанов Д.Ж. Ими были проанализированы применение комплексообразующих катионитов в анализе переходных металлов, строение и свойства их координационных соединений, образующихся в процессе сорбции. Координационные связи хелатообразующих полимерных лигандов с ионами промежуточных

металлов и их структура изучены недостаточно.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполняется диссертация.** Диссертационная работа выполнена в рамках фундаментального проекта плана НИР Термезского государственного университета по теме ОТ-Ф7-34 «Синтез комплексообразующих полифункциональных ионитов и теоретические основы разделения некоторых d-металлов с их использованием» (2017-2020 гг).

**Целью исследования** является получения карбоксильных катионитов на основе многоосновных карбоновых кислот и исследование сорбции некоторых ионов d-металлов.

**Задачи исследования:**

синтез и определение условий синтеза новых полифункциональных катионитов, образующих комплекс, содержащий азот, серу и кислород;

расчет электронного строения, энергетических, геометрических параметров, а также реакционной способности синтезируемых катионитов квантово-химическими методами;

определение состава и структуры синтезируемых катионитов с помощью физико-химических методов анализа;

исследование сорбции ионов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) в синтезированных катионитах;

разработка и технико-экономическое обоснование технологии получения новых полифункциональных катионитов, образующих комплекс, содержащий азот, серу и кислород.

В качестве **объекта исследования** были получены комплексообразующие полифункциональные катиониты на основе меламина-формалин-лимонно-винная кислота, мочевины-формалин-лимонно-винная кислота и тиокарбамид-формалин-лимонно-винная кислота.

**Предметом исследования** стали процессы получения комплексообразующих полифункциональных катионитов, технология, сорбционная способность получаемых катионитов, сорбция некоторых ионов металлов и влияние на них различных факторов, десорбционные процессы.

**Методы исследования.** В ходе исследования были использованы современные экспериментальные методы исследования, такие как ИК -, Раман спектроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, сканирующая электронная микроскопия, спектрофотометрия, квантово-химические вычисления в программном обеспечении Avogadro, Hyper Chem 8.01, Gaussview 6.0.16.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

меламина-формалин, мочевины-формалин, тиокарбамид –формалин в матрицы-на основе модификации лимонной и винной кислот получены 6 новых полифункциональных катионитов, образующих комплекс, содержащий азот, серу, а также кислород;

электронная структура мономерного звена полученных полимерных катионитов рассчитана квантово-химическими методами, на основе их

геометрических, энергетических параметров, а также распределения зарядов в атомах определены центры наибольшей локализации координационной связи;

состав и строение синтезированных полимерных катионитов определяют с помощью современных физико-химических методов;

определены статические обменные способности синтезированных полимерных катионитов по отношению к ионам Cu(II), Zn(II) и Ni(II), а также составлен ряд сорбционных свойств этих металлов в полученных катионитах;

Установлено снижение стабильности комплексных соединений, образованных ионами Cu (II), Zn (II) и Ni (II) с полимерными катионитами в растворах с высокой концентрацией минеральных кислот (1-3 М) и оптимальные условия для процесса десорбции;

разработана технология получения новых полифункциональных катионитов, образующих комплекс, содержащий азот, серу и кислород.

**Практическими результатами** исследований являются: определены оптимальные условия получения комплексообразующих катионитов на основе химической модификации меламинаформалиновых, карбаминоформалиновых, тиокарбаминоформалиновых смол многоосновными кислотами;

установлена стабильность полученных комплексообразующих катионитов в кислых (сульфатных, хлоридных, нитратных) и щелочных агрессивных средах;

установлено влияние продолжительности сорбции, температуры и среды раствора на сорбционную способность комплексообразующих катионитов по отношению к ионам различных металлов;

разработана и технико-экономически обоснована технологическая схема получения комплексообразующих катионитов на основе химической модификации меламинаформалиновой, мочевиноформалиновой, тиокарбаминоформалиновой смолы.

**Достоверность результатов исследования.** Состав и строение синтезированных соединений основаны на получении экспериментальных результатов с использованием современных методов, таких как ИК -, Раман спектроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, сканирующая электронная микроскопия (фотохимия, элементный анализ), спектрометрия, Авогадро, квантово-химические вычисления в программном обеспечении Hyper Chem 8.01, Gaussview 6.0.16.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что на основе модификации мочевины-формалина, тиокарбамида-формалина, меламина-формалина лимонной кислотой и винной кислотой создана научная основа технологии получения новых полифункциональных катионитов, образующих комплекс, содержащий азот, серу и кислород.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что синтезированные комплексообразующие катиониты с высокой

сорбционной способностью рекомендованы для извлечения редких и цветных металлов в очень малых количествах из растворов отходов предприятий гидрометаллургии республики, а также для очистки промышленных сточных вод.

**Внедрение результатов исследований.** Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по разработке технологии получения полифункциональных катионитов, образующих комплексы, содержащие азот, серу и кислород: Полимерные катиониты, образующие комплексы лимонной и винной кислот на основе карбамидоформальдегида, тиомочевиноформальдегида и меламиноформальдегида, использованы при сорбционной очистке сточных вод на ИП «Петромаруз-Узбекистан» (справочник ИП «Петромаруз-Узбекистан» № ЭКО-1 от 25 апреля 2024 г.). В результате появилась возможность использования импортозамещающих, высокоэффективных катионитов на основе местного сырья при очистке сточных вод; Синтезированные комплексообразующие полимерные катиониты использованы при сорбционном выделении ионов металлов Cu(II), Zn(II) и Ni(II) из сточных вод на ИП «Петромаруз-Узбекистан» (номер ссылки ИП «Петромаруз-Узбекистан» ЭКО-1 от 25 апреля 2024 г.). В результате удалось выделить некоторые ионы 3d-металлов из многокомпонентных растворов; Полимерные катиониты на основе многоосновных карбоновых кислот внедрены в практику на ИП «Петромаруз-Узбекистан» для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов (справочник ИП «Петромаруз-Узбекистан» № ЭКО-1 от 25 апреля 2024 г.). В результате удалось эффективно очистить сточные воды от ионов тяжелых металлов до одной десятой от допустимой концентрации.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований докладывались и обсуждались на 14 научно-практических конференциях, в том числе 11 международных и 3 республиканских.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 21 научных работ, из них 7 статей опубликовано в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций ВАК Республики Узбекистан, в том числе 3 республиканских и 4 из них опубликованы в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составил 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Введение:** Во введении обосновывается актуальность, необходимость темы диссертации, даются цели и задачи, объекты и предметы исследования,

указывается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан, излагаются его научная новизна и практические результаты, подводятся итоги по перспективам внедрения результатов исследований в практику и приводятся сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Комплексообразующие катиониты, современные методы их получения и перспективы развития»** представлены научно-исследовательские работы по синтезу катионитов, содержащих азот, кислород, преимущественно на основе меламина, формалиновой смолы, также приведен анализ литературы о том, что в производстве чаще всего используются катиониты, как анион обменные, так и комплексообразующие соединения, полученные в основном химическим присоединением аналитически активных и функционально активных групп к различным материалам.

Во второй главе диссертации **«Синтез и исследование хелатообразующего катионитилата на основе меламина, формалина и лимонной кислот»** освещаются свойства веществ, полученных для исследования, методы исследования, а также синтез ионитов на основе модификации комплексообразующей смолы на основе реакции поликонденсации меламина, формалина, дикарбоновой кислоты и оксидикарбоновой кислоты.

**Синтез катионита МФЛ.** Синтез комплексообразующих катионитов на основе меламина, формалина и лимонной кислоты. При выполнении исследовательской работы по синтезу комплексообразующего катионита на основе меламина, формальдегида, 2-гидрокси-1,2,3,-пропантрикарбоновой кислоты использовались марки реагентов “чистый” и “химически чистый”. При проведении эксперимента растворы реагентов готовили путем растворения их в точно определенных объемах растворителей.

При синтезе этого катионита 2,49 г (0,02 моль) меламина растворяли в 5 мл (0,05 моль) раствора формалина в колбе с тремя горлышками, оснащенной обратным охладителем и автоматическим мешалкой затем капали раствор гидроксида аммония и доводили до pH=8-9. При температуре 70-80 °C процесс был остановлен, когда образовалась эластичная масса. Полученную смолистую смесь получали путем растворения и смешивания 5,72 г (0,03 моль) 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты в 5 мл раствора гидроксида аммония. Наблюдалось образование твердой массы при достижении температуры 110-120°C. Затем массу брали в фарфоровую чашку. Синтезированный продукт сушили в сушильном шкафу при температуре 100 °C в течение 20 часов. Продукт измельчали и промывали сначала 5% - ным раствором NaOH, чтобы очистить его от содержащихся в нем добавок, а затем снова промывали дистиллированной водой, пока он не стал нейтральным. В конце процесса образуется белый продукт, состоящий из мелких пор. Выход реакции 92 %.

Определение влажности. В тигле с известной массой взвешивали на весах (3,5 ± 0,5) г синтезированного катионита, помещали сушиться в

сушильный шкаф при температуре  $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2$  на 10 часов. Чтобы охладить, тигель поместили в эксикатор на 45 минут, измерили массу. Затем измерение проводилось в течение каждого часа с повышением температуры, процесс был остановлен, когда разница между измерениями составила менее 0,0005 г.

При определении рассеянного веса, представленного в таблице 1, из катионита было получено среднее арифметическое значение величины, измеренное в 4 раза. Определение статической обменной емкости катионита определяли по ГОСТ 20255.1-89.

Были проведены исследования влияния оптимальных температур на процесс поликонденсации меламина, формалина и лимонной кислоты. Процесс реакции поликонденсации: изучен при температурах 100, 110, 120 и  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В качестве альтернативы была определена зависимость реакции от времени, удельного объема катионита в воде и значения статической обменной емкости (СОЕ) для 0,1 Н раствора NaOH.

**Таблица 1**

**Влияние температуры на ионообменные свойства в процессе поликонденсации**

№	Температура реакции t, $^{\circ}\text{C}$	Время реакции $\tau$ , час	Удельный объем набухшего катионита в воде формы Н, мл/г	СОЕ, 0,1 Н раствора NaOH в мг-экв/г
1.	100	5-6,5	1,6	2,9
2.	110	4,5-5	1,4	3,2
3.	120	2,5-3	1,1	4,0
4.	130	1,5-2	1,0	3,9

Из данных таблицы 1 видно, что в качестве оптимальной температуры для реакции поликонденсации было взято  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , время реакции 2,5-3 часа, реакция протекает равномерно, и установлено, что для раствора 0,1 Н NaOH обменная емкость имеет значение 4,0 мг-экв/г для катионита МФЛ.

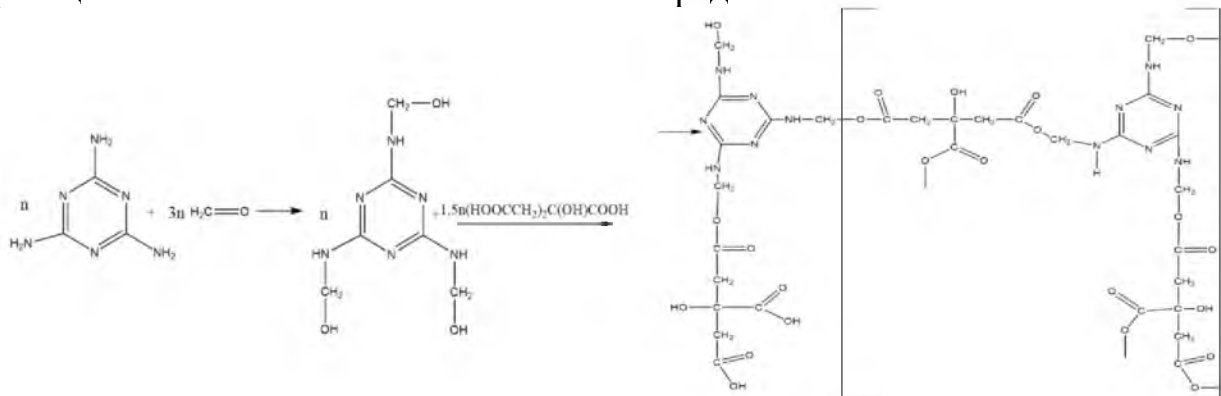
**Таблица 2.**

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

Меламина, формалин и лимонная кислота	Полученное количество, г/мл	Статическая обменная емкость растворов 0,1 Н в мг-экв / г		
		$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Ni}^{2+}$
1:3:1	0,82	4,3	4,1	3,9
1:3:1,5	0,85	4,6	4,3	4,4
1:3:2	0,87	3,6	3,3	4,1

В реакции образования катионита по табл.2 получены в мольном соотношении реагирующие исходные вещества: меламина, формальдегид и лимонная кислота соответственно от 1:3:0,5 до 1:3:2 что осуществляется с помощью реакции поликонденсации.

По результатам проведенных исследований и литературным данным реакцию синтеза катионита МФЛ можно представить как:



**Синтез катионита КФЛ.** При синтезе катионита 1,3 г(0,02 моль) меламина растворяли в 4 мл(0,05 моль) раствора формалина в колбе с тремя горлышками, оснащенной обратимым охладителем с автоматической мешалкой, затем капали раствор гидроксида аммония, довели до pH=8-9. При температуре 70-80 °С процесс был остановлен, когда образовалась эластичная масса. В полученную смолистую смесь получали путем растворения и смешивания 1,90 г(0,03 моль) 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты в 5 мл раствора гидроксида аммония. Наблюдалось образование твердой массы при достижении температуры 110-120 °С. Затем массу брали в фарфоровую чашку. Синтезированный продукт сушили в сушильном шкафу при 100°С в течение 20 часов. Продукт измельчали и повторно промывали сначала 5% - ным раствором NaOH, а затем дистиллированной водой, чтобы очистить его от содержащихся в нем добавок, пока он не стал нейтральным. В конце процесса образуется белый продукт, состоящий из мелких пор. Выход реакции 91 %

Влажность полученного катионита определяли по ГОСТ 10898.1-84, массовую плотность по ГОСТ 10898.2-84, плотность катионита в гидратированном состоянии-по ГОСТ 10898.3-84, удельный объем набухшего катионита по ГОСТ 10898.4-84 и статическую обменную емкость-по ГОСТ 20255.1-89.

В реакционном типе поликонденсации получают катионит (ионообменник), целью которого является систематизация свойств катионитов и обеспечение им эффективной работы.

**Таблица 3.**

**Влияние температуры на свойства катионита в реакции поликонденсации**

№	Температура реакции t, °С	Время реакции τ, ч.	Удельный объем набухшего катионита в воде формы Н, мл/г	СОЕ, 0,1 Н раствора NaOH в мг-экв/г
1.	110	5-6,5	1,8	4,8
2.	120	4,5-5	1,6	5,2
3.	130	2,5-3	1,3	7,0
4.	140	1,5-2	1,2	5,8

Были проведены исследования по изучению влияния альтернативных температур на реакцию поликонденсации мочевины, формалина и лимонной кислоты (КФЛ) по данным таблицы 3. Процесс реакции поликонденсации: исследован при температурах 110, 120, 130 и 140°C. В ходе исследований была определена зависимость реакции от времени, удельного объема катионита в воде и значения статической обменной емкости (СОЕ) для 0,1 Н раствора NaOH.

Кроме того, в этой таблице результаты показывают, что продолжительность реакции поликонденсации при температуре 110 °С составляет 5-6,5 часов, а статическая замещающая способность катионита составляет 4,8 мг-экв/г для КФЛ. Это связано с низкой активностью реагентов, получаемых для реакции при определенной температуре. При повышении температуры реакции до 140 °С скорость реакции поликонденсации увеличивалась, при этом время затрачиваемое на 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 была получена альтернативная температура реакции поликонденсации 130 °С. Установлено, что время реакции составляет 2,5-3 часа, а обменная емкость для раствора 0,1 Н NaOH имеет значение 7,0 мг-экв/г.

При взаимодействии мочевины и формальдегида с лимонной кислотой образуется не только конденсирующее, но и сшивающее вещество, а от его концентрации зависят основные сорбционные и физико-химические свойства получаемого катионита. Различные образцы катионита были синтезированы для получения катионита, который образуется при взаимодействии мочевины, формальдегида и лимонной кислоты, полученных в различных молярных пропорциях. В ходе реакции поликонденсации осуществлялся синтез исходных реагентов, а именно мочевины, формалина и лимонной кислоты, в диапазоне от 2:5:0,5 моль соотношений до 2:5:1,5 моль соотношений соответственно. Результаты исследования влияния количества лимонной кислоты на свойства катионита представлены в таблице 4.

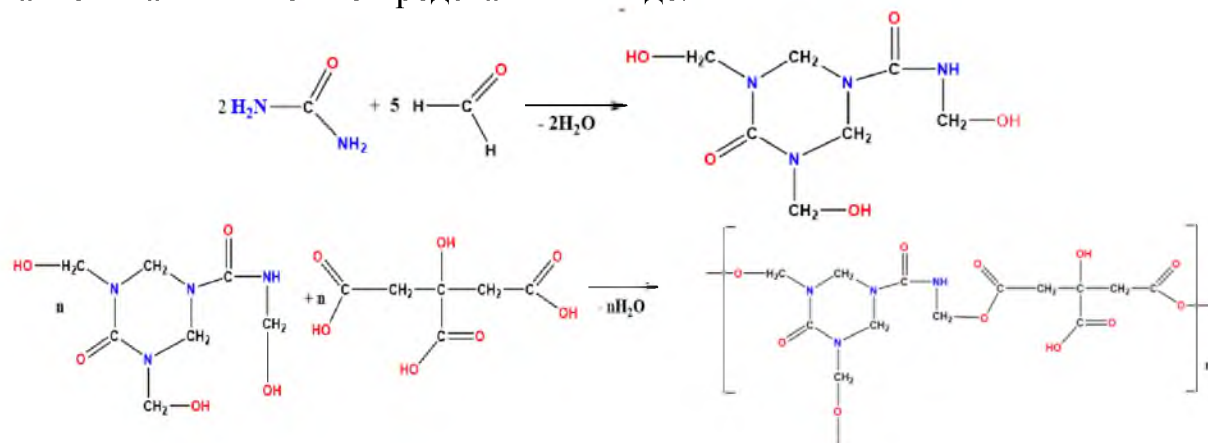
**Таблица 4.**

**Зависимость сорбционных свойств ионообменника от соотношения реагентов**

Мочевина, формалин и лимонная кислота	Выход реакции,%	Статическая обменная емкость, мг-экв/г, 0,1 Н растворы:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
2:5:0,5	90	5,33	5,62	5,45
2:5:1,0	91	7,6	7,2	6,8
2:5:1,5	90	4,85	4,95	4,84

На таблице 4 представлена информация, по результатам полученного катионита с лучшими сорбционными свойствами в соотношениях 2:5:1,0 моль исходных реагентов мочевины, формальдегида и лимонной кислоты соответственно. В 0,1 Н растворах ионов металлов статическая обменная емкость составляла Cu(II) 7,6 мг-экв/г, Zn(II) 7,2 мг-экв/г и Ni(II) 6,8 мг-экв/г.

По результатам научных исследований реакцию синтеза полученного катионита КФЛ можно представить в виде:



**Синтез катионита на основе тиокарбамида, формалина, 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты.** При синтезе катионита 1,52 г(0,02 моль) тиокарбамида растворяли в 4 мл(0,05 моль) раствора формалина в колбе с тремя горлышками, оснащенной обратным охладителем с автоматическим мешалкой, затем капали раствор гидроксида аммония и доводили до pH=8-9. При температуре 70-80 °С процесс был остановлен, когда образовалась эластичная масса. Полученную смолистую смесь получали путем растворения и смешивания 1,92 г(0,01 моль) 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты в 5 мл раствора гидроксида аммония. Наблюдалось образование твердой массы при достижении температуры 110-140°С. Полученную массу перекладывали в фарфоровую чашку. Синтезированный продукт сушили в сушильном шкафу при 100 °С в течение 20 часов. Продукт измельчали и повторно промывали сначала 5% - ным раствором NaOH, а затем дистиллированной водой, до нейтрализации, для очищения от содержащихся в нем добавок. В конце процесса образуется белый продукт, состоящий из мелких пор. Выход реакции 90%.

Определили влажность образующегося катионита по ГОСТ 10898.1–84, массовую плотность по ГОСТ 10898.2–84, плотность катионита в гидратированном состоянии по ГОСТ 10898.3-84, удельный объем набухшего катионита по ГОСТ 10898.4-84 и статическую обменную емкость по ГОСТ 20255.1-89.

Получен катионит (ионообменник) реакционного типа поликонденсации, целью которого является систематизация свойств катионитов и обеспечение им эффективной работы. Изучено влияние оптимальных температур на реакцию поликонденсации тиокарбамида, формалина и катионита (ТКФЛ), полученного на основе 2-гидрокси-1,2,3-

пропантрикарбоновой кислоты. Процесс проводился при температурах: 110, 120, 130 и 140°C. Результаты представлены в таблице 5.

Из приведенных результатов таблице 5 можно сделать вывод, что реакция поликонденсации при температуре 110 °С длилась в течение 5-6,5 часов, при этом статическая замещающая способность катионита ТКФЛ составляла 5,4 мг-экв/г. В результате проведенных исследований была получена оптимальная температура 130 °С для реакции поликонденсации. Установлено, что время окончания реакции составляет 2,5-3 часа, а для раствора 0,1 Н NaOH обменная емкость имеет значение 7,6 мг-экв/г.

**Таблица 5.**

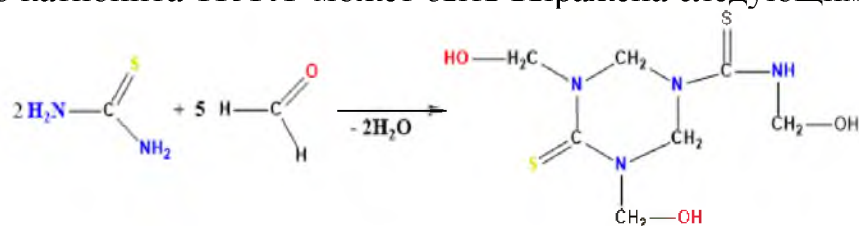
**Влияние температуры на свойства ионообменника в поликонденсационной реакции**

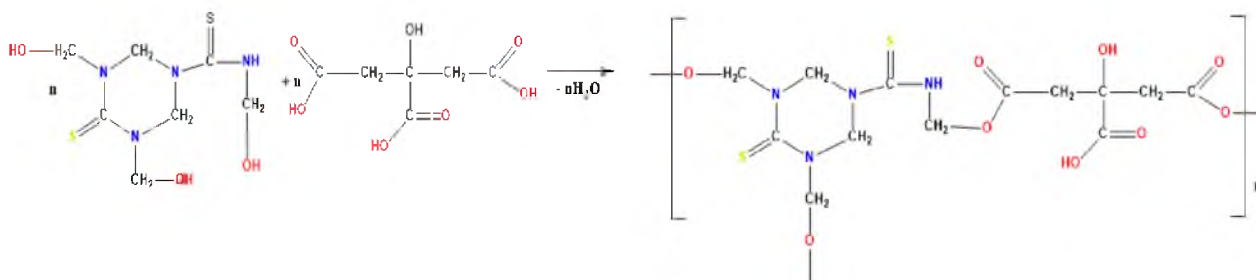
№	Температура реакции t, °С	Время реакции τ, ч.	удельный объем набухшего катионита в воде формы Н, мл/г	СОЕ, 0,1 Н раствора NaOH в мг-экв/г
1.	110	5-6,5	1,9	5,4
2.	120	4,5-5	1,7	6,2
3.	130	2,5-3	1,4	7,6
4.	140	1,5-2	1,3	5,8

Определение влияния строения и свойств исходных веществ на структуру и свойства ионообменника одновременно с выбором вариантов синтеза ионообменника с высокоэффективными свойствами изучалось влияние соотношения исходных веществ.

Тиокарбамид и формалин при взаимодействии с лимонной кислотой являются не только конденсирующими, но и сшивающими агентами, а основные сорбционные и физико-химические свойства получаемого ионообменника зависят от его концентрации. Для синтеза тиокарбамида, формалина и сшитого катионита 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты, взятых в разных молярных пропорциях, были взяты образцы ионообменника в разных пропорциях.

По результатам проведенных исследований реакция синтеза полученного катионита ТКФЛ может быть выражена следующим образом:





Результаты исследования влияния содержания 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты на ионообменные свойства ТКФЛ представлены в таблице 6.

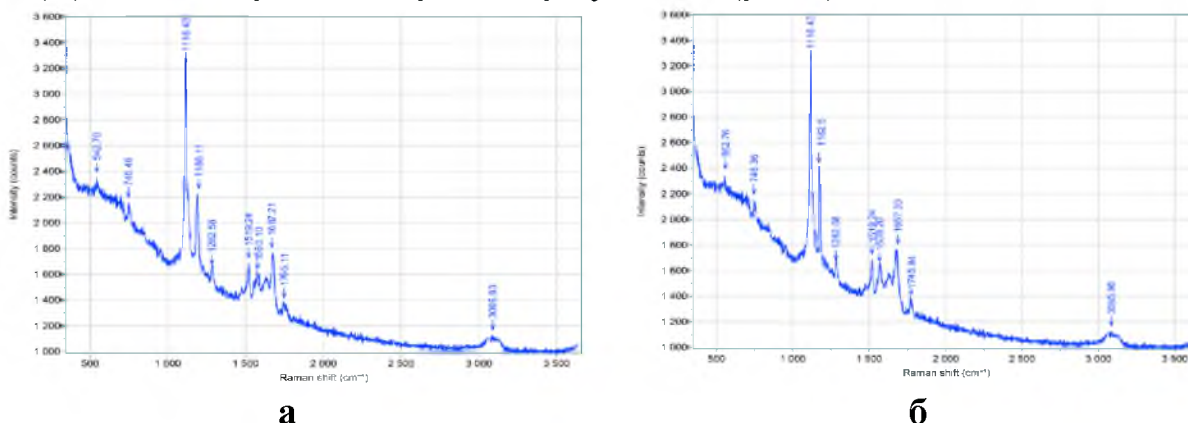
Таблица 6.

**Зависимость сорбционных свойств ионообменника от соотношения реагентов**

Мочевина, формалин и лимонная кислота	Выход реакции, %	Статическая обменная емкость, мг-экв/г, 0,1 Н растворы:		
		Cu <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>
2:5:0,5	91	6,30	5,62	6,45
2:5:1,0	92	8,20	7,80	7,40
2:5:1,5	90	5,85	5,90	5,84

В третьей главе диссертации, озаглавленной «исследование состава, структуры, физико-химических свойств и сорбционных свойств синтезированных катионитов и образующихся ими металлокомплексов», синтезированные катиониты и их комплексы были проанализированы с использованием современных методов исследования, таких как комбинационный Раман спектр, ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, термогравиметрический и дифференциальный термический анализ, квантово-химический анализ и кондуктометрия.

Представлены изображения комбинационного Раман спектра комплексных соединений катионита МФЛ в сочетании с ионами Cu(II), Zn(II) и Ni(II), а также проанализированы результаты (рис. 1).



1-Рис. Раман спектра комплекса катионита МФЛ образованного ионами Cu(II) (а), Zn(II) (б) и Ni(II) (с)

Результаты анализа изучали сдвиги в областях поглощения света для МФЛ+Me(II). Комбинационный Раман (HORIBA Scientific) спектральный

анализ комплексного соединения, образованного ионами  $\text{Cu}^{2+}$  меламина, формалина, катионита на основе 2-гидрокси 1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты 1.а рисунке показано что в составе отсутствует группа -ОН, вместо него образуется связь Me-O, и что связь  $\nu(\text{Cu-O})$  в поле  $542,70 \text{ см}^{-1}$ ,  $\nu_{\text{as}}(-\text{COO}-)$  частота колебаний в поле  $1765,11 \text{ см}^{-1}$ ,  $\delta(\text{NH})$  частота колебаний в поле  $1560,00 \text{ см}^{-1}$ ,  $\nu(-\text{NH})$  при частоте колебаний в поле  $3095,93 \text{ см}^{-1}$ , колебательные связи C=O образовались в области  $1687,21 \text{ см}^{-1}$ , а волны эфирной связи  $\nu_s$  образовались в области  $1188,11 \text{ см}^{-1}$ , в то же время было обнаружено, что частоты колебаний тех же связей в катионите на основе меламина, формалина 2-гидрокси 1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты изменились.

Комбинационные (HORIBA Scientific) спектры комплексного соединения, образованного полученным катионитом МФЛ с ионами  $\text{Zn}^{2+}$ , можно интерпретировать следующим образом. Согласно приведенной информации, по результатам комбинационного (HORIBA Scientific) спектра комплекса, полученного путем сорбции катионита Zn (II) на основе меламина, формалина 2-гидрокси 1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты, вместо содержащихся в нем волн -ОН была образована связь Me-O, и эта связь была обнаружена в области  $\nu(\text{Zn-O}) 552,76 \text{ см}^{-1}$ ,  $\nu_{\text{as}}(-\text{COO}-)$  частота колебаний в поле  $1765,11 \text{ см}^{-1}$ ,  $\delta(\text{NH})$  частота колебаний находится в области  $1560,00 \text{ см}^{-1}$ , а частота колебаний  $\nu(-\text{NH})$  находится в области  $3095,93 \text{ см}^{-1}$ , Колебание связи C = O образовалось в области  $1687,21 \text{ см}^{-1}$ , а колебание эфирной связи  $\nu_s$  образовалось в области  $1188,11 \text{ см}^{-1}$ . в то же время было обнаружено, что частоты колебаний тех же связей в меламина, формалине 2-гидрокси 1,2,3-пропантрикарбоновой кислоте на основе катионита изменились (рис. 1б).

Результаты анализа комбинационного Раман (HORIBA Scientific) спектра комплексного соединения, образованного катионитом МФЛ с ионами  $\text{Ni}^{2+}$  приведен на 1.с-рис., полученного сорбцией меламина, формалина 2-гидрокси 1,2,3-пропантрикарбоновой кислоты Ni(II), по сравнению с результатами комбинационного Раман (HORIBA Scientific) спектра комплекса содержащиеся в нем частоты колебаний -ОН были потеряны и заменены связью Me-O, что привело к образованию связи  $\nu(\text{Ni-O})$ . Меламин в области  $551,33 \text{ см}^{-1}$  и вместе с ним, установлено, что частоты колебаний тех же связей в меламина, формалин-2-гидрокси 1,2,3-пропантрикарбоновой кислоте в катионите изменяются.

Частоты колебаний в комбинационном Раман спектре комплексных соединений МФЛ +Me(II) катионита МФЛ приведены в таблице 7.

**Таблица 7.**

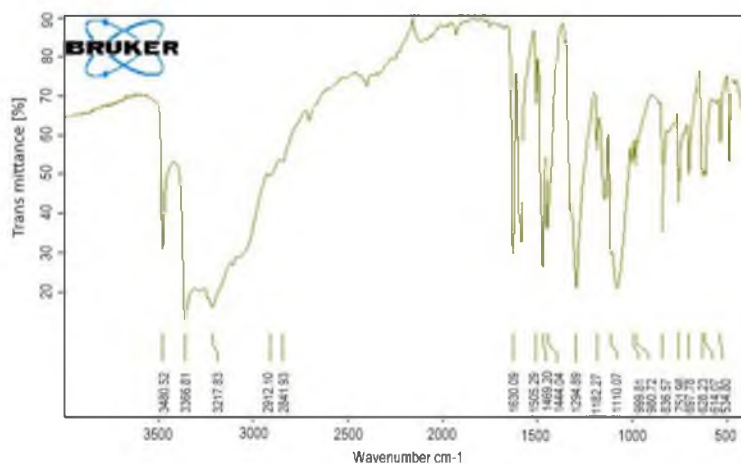
**Частоты колебаний в Раман спектре комплексных соединений МФЛ+Me(II) катионита МФЛ,  $\text{см}^{-1}$**

Классификация колебаний	МФЛ	МФЛ+Cu(II)	МФЛ +Zn(II)	МФЛ +Ni(II)
$\nu(\text{OH})$	3128,42	542,70	552,76	551,33
$\nu(\text{NH})$	3055,95	3095,93	3065,96	3067,81

$\nu(\text{C}=\text{O})$	1667,83	1687,21	1657,33	1649,93
$\delta(\text{NH})$	1568,20	1560,00	1538,20	1549,93
$\nu_{\text{as}}(-\text{COO}-)$	1725,93	1765,11	1745,94	1738,83
$\nu_{\text{as}}(-\text{C}-\text{O}-\text{C}-)$	1176,01	1188,11	1182,50	1196,91

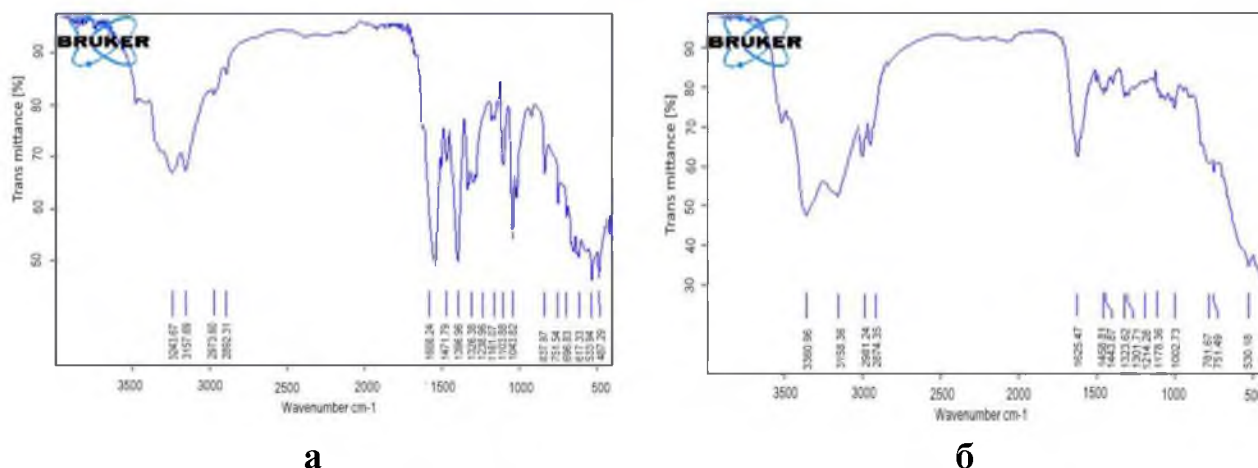
**Квантово-химический анализ реакционной способности катионитов на основе меламина, формалина и лимонной кислоты и меламина, формалина, винной кислоты. МФЛ.** Проведен квантово-химический анализ реакционной способности катионита МФЛ. Подводя итог по результатам четырех выбранных квантово-химических расчетов, можно сказать, что в молекуле МФЛ высокие значения отрицательного эффективного заряда находятся на атомах кислорода и азота в группах  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ , триазинном кольце находятся атомы азота и кислорода в азотистых и вторичных аминогруппах  $\text{N}-\text{H}$ , эти атомы координируются с атомами металла с образованием четырех-, пятичленных и шестичленных комплексов хелатного типа.

Результаты ИК-спектроскопии катионита КФЛ показывают, что в ИК-спектре катионита КФЛ валентно-симметричные  $\nu_s$  группы  $\nu(\text{OH})$  находятся в области  $3480,52 \text{ см}^{-1}$ , а  $\nu(\text{OH})$  содержащиеся в группе  $-\text{COOH}$  в районе  $3366,81 \text{ см}^{-1}$ , а в области  $3366,81 \text{ см}^{-1}$  образовалась частота колебаний  $\nu(\text{OH})$  группы в группе- $\text{COOH}$  и  $\delta$  в области  $1444,04 \text{ см}^{-1}$ . В областях  $3217,83 \text{ см}^{-1}$  и  $1182,27 \text{ см}^{-1}$  наблюдались колебания  $\nu_s$  и  $\delta$  группы  $\nu(\text{NH}_2)$ , а также частота колебаний  $\nu(\text{C}-\text{N})$  группы в области  $1110,07 \text{ см}^{-1}$ . Вместе с тем в областях



**Рис.2. ИК-спектр катионита КФЛ.**

$2912,10 \text{ см}^{-1}$ ,  $2841,93 \text{ см}^{-1}$  и  $751,98 \text{ см}^{-1}$  образовывались частоты колебаний  $\nu_{\text{as}}$ ,  $\nu_s$  и  $\delta$  группы  $\nu(\text{CH}_2)$ . В областях  $1630,09 \text{ см}^{-1}$  и  $1294,89 \text{ см}^{-1}$  были получены частоты колебаний  $\nu_{\text{as}}$  группы  $\nu(\text{C}=\text{O})$  и  $\nu(\text{COO}^-)$ , а в области  $836,57 \text{ см}^{-1}$  частоты колебаний  $\delta$ . Наблюдались также частоты колебаний валентных колебаний ( $\nu$ ) группы  $\nu(\text{COOC})$  в области  $1182,27 \text{ см}^{-1}$  (Рис. 2).



**Рис.3. ИК спектр катионитного комплекса КФЛ с ионами Cu(II) (а), Zn(II) (б).**

Представлены изображения и проанализированы результаты ИК-спектров комплексных соединений, образованных катионитом КФЛ в сочетании с ионами Cu(II), Zn(II) и Ni(II), (рис. 3). В результате анализа изучены сдвиги областей светопоглощения для КФЛ + Me(II).

**Таблица 8**  
**Частоты поглощения в ИК спектрах лиганда КФЛ и его координационных соединений, образованных ионами Cu(II), Zn(II), Ni(II), см<sup>-1</sup>**

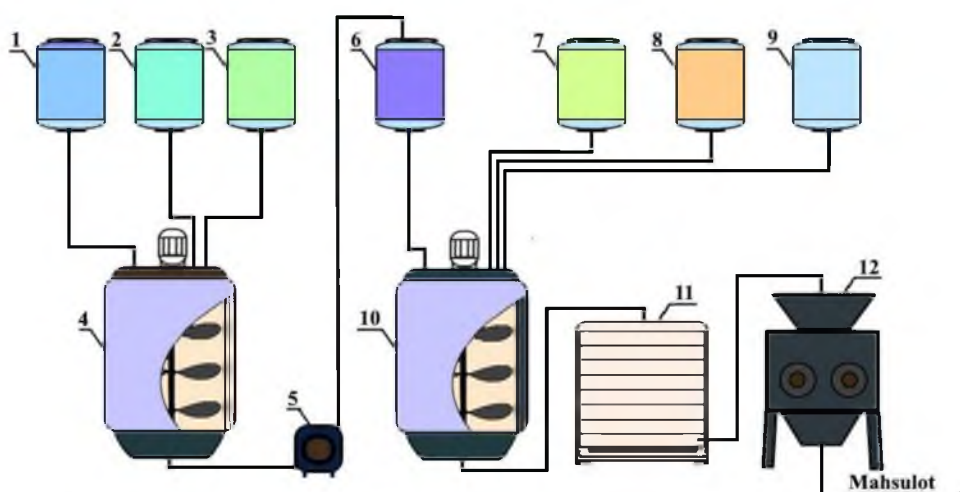
Классификация колебаний	КФЛ	КФЛ +Cu(II)	КФЛ +Zn(II)	КФЛ +Ni(II)
$\nu(\text{OH})$	3480,52	3243,67	3360,96	3478,42
$\nu(\text{OH})$	3366,81	-	-	-
$\nu(\text{NH})$	3217,83	3157,69	3158,36	3355,40
$\nu_s(\text{CH}_2)$	2912,10	2973,60	2981,24	2860,48
$\nu_{as}(\text{CH}_2)$	2841,93	2892,31	2874,35	2748,45
$\nu(\text{C}=\text{O})$	1630,09	1608,24	1625,47	1628,40
$\nu(-\text{COC}=\text{O})$	1182,27	1238,96	1214,28	1292,36
$\nu_{as}(-\text{COO}^-)$	1294,89	1326,38	1301,71	1324,96
$\nu(\text{C}-\text{N})$	1110,07	1103,82	1002,73	1110,56
$\delta(\text{OH})$	1444,04	1471,79	1443,87	1443,36
$\delta(\text{NH})$	1182,27	1161,07	1178,36	1180,97
$\delta(\text{CH}_2)$	751,98	751,54	751,49	751,71
$\delta(-\text{COO}^-)$	836,57	837,97	781,67	837,41
$\nu(\text{O}-\text{Me})$	-617,33	617,33	530,18	631,11

Как видно из табл. 8, частота колебаний  $\nu(\text{NH})$  и частота колебаний  $\delta(\text{C}=\text{O})$  в катионите КФЛ относительно сдвинуты в другие области. -ОН в карбоксильной группе был потерян и образовалась связь О-Ме. Можно сделать вывод, что вторичные аминные и карбонильные группы в катионите КФЛ обеспечивают координацию иона металла и образуется хелатная группа.

В четвертой главе диссертации «Технология производства катионитов-комплексобразователей и ее технико-экономическое

**обоснование»** рассмотрена технологическая схема производства катионитов и результаты технико-экономических расчетов катионитов-комплексобразователей. По результатам нашего исследования синтезированные катиониты рекомендуются к применению в качестве катионитов при очистке промышленных и хозяйственных сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбционным методом при обеззараживании отработанных растворов, содержащих ионы тяжелых металлов.

По технологической схеме меламина из емкости 1, формалин из емкости 2 и гидроксид аммония из емкости 3 направляются в реактор 4, в котором при 100-120°C образуется жидкая смола, через насос 5 направляется в емкость 6. Смола передается из емкости 6 в реактор 10, а также 2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновая кислота из емкости 7 (или янтарная кислота из емкости 8, или винная кислота из емкости 9) также передается в реактор 10. В реакторе 10 проводят реакцию поликонденсации, продукт реакции сушат в сушильном шкафу 11, измельчают в валовой дробилке 12, отправляют на склад готовой продукции.



**Рисунок 4. Технологическая схема получения комплексобразующих катионитов.**

Высокий процент выхода реакции выражается в зависимости от таких параметров, как чистота исходного сырья, скорость перемешивания процесса, изолированность от внешней среды, получение исходных веществ в точных молевых пропорциях, длительность времени, а также обеспечение доминирующей температуры в процессе в пределах 70-80°C.

Можно сказать, что с помощью этой предложенной нами технологии удалось получить комплекс образующие катиониты марок КФЛ, МФЛ, ТКФЛ, МФВ, КФВ, ТКФВ, можно сказать, что высокая экономичность была достигнута благодаря возможности получения таким путем катионитов. Используя данную предложенную технологию, можно отметить, что выход всех наших катионитов выше 90% (рис.4).

**Таблица-9.**

**Стоимость сырья для производства 1 т комплексобразующего катионита КФЛ**

№	Катионит КФЛ	Цена сырья, кг / сум	Сырье для получения 1 тонна КФЛ, кг	Стоимость 1 тонны КФЛ (1000 кг) сум
1	мочевина	3800	362	1375600
2	формалин (37%)	10,000	453	4,530 000
3	лимонная кислота	15700	356,5	5 738350
4	NaOH	6000	25	150 000
5	Вода	200	300	60 000
<b>Всего</b>				<b>5158050</b>

При синтезе этих катионитов и их практическом применении разработаны технико-экономические показатели производства.

Для получения синтезированного на основе отечественного сырья катионита КФЛ цены на сырье рассчитывались только для самого исходного вещества (табл.9). В таблице 9 первоначальные цены на сырье для производства 1 т катионов КФЛ составляют 5 158 050 сум, затраченные только на само исходное сырье.

**Таблица 10.**

**Стоимость 1 тонны синтезированного катионита марки (КФЛ)**

№	Наименование	Цена, сум
1	Заработная плата работников	1 200 000
2	Единая социальная выплата 15%	180 000
3	стоимость сырья	11853950
4	накладные расходы (в том числе на тепло и электричество)	2750000
5	непредвиденные расходы	1 000 000
6	прибыль 10%	1698395
<b>Итого</b>		18682345
7	НДС 15%	2 802351
<b>всего</b>		21484696
Purolite s950 иностранный катионит цена		78 370 000
экономичность		56885304

Все затраты на производство синтезированного катионита марки (КФЛ), приведенные в таблице 10, рассчитаны равными 56 885 304 сумов за 1 тонну готовой продукции в условиях рыночной экономики готовой продукции.

Синтезированные катиониты получили широкое применение в качестве катионитов при концентрировании различных ионов металлов на производственных предприятиях, при обеззараживании отработанных растворов, содержащих ионы тяжелых металлов, при очистке сточных вод.

## ВЫВОДЫ

1. Получены катиониты КФЛ, МФЛ, ТКФЛ, МФВ, КФВ и ТКФВ, образующие комплексы на матрицах меламинаформалин, мочевиноформалин, тиомочевиноформалин на основе модификации лимонной и винной кислот. Предложены оптимальные условия проведения химической реакции образования катионитов МФЛ, КФЛ, ТКФЛ, МФВ, КФВ и ТКФВ: температура 120-130°C, время реакции 2,5-3 часа, статическая обменная емкость по 0,1 н раствору NaOH МФЛ 4,0, КФЛ 7,0 мг-экв/г, ТКФЛ 7,6, МФВ 3,6, КФВ 5,2, ТКФВ 5,8 мг-экв/г и мольные соотношения исходных веществ 1:3:1,5 и 2:5:1, а также определена статическая обменная емкость по ионам металлов в 0,1 н растворе.

2. Квантово-химические методы расчета По результатам пяти полуэмпирических методов с использованием программного обеспечения Avogadro, Hyper Chem 8.01, GaussView 6.0.16 показано, что наибольшие значения отрицательного эффективного заряда в молекуле катионита имеют атомы C=O, C-O-C, азота в триазиновом кольце и кислорода в группах N-H вторичного амина, а также атомы азота и серы, которые координационно связываются с ионами металлов, образуя четырех-, пяти- и шестичленные хелатные кольцевые комплексы.

3. Методами КР и ИК-спектроскопии определены структуры комплексов, образованных синтезированными катионитами, содержащими КФЛ, МФЛ, ТКФЛ, МФВ, КФВ, ТКФВ, с некоторыми 3d-металлами. Согласно полученным результатам установлено, что вторичные аминные и карбонильные группы в синтезированных катионитах координируются с ионом металла, образуя хелатное кольцо.

4. На основании полученных результатов на основе термического анализа полученных полимерных катионитов и образованных ими металлокомплексов установлено, что термическая устойчивость катионитов увеличивается в ряду ТКФЛ < МФЛ < КФЛ < МФВ < КФВ < ТКФВ и изучено влияние среды раствора на сорбцию ионов металлов полученными катионитами. В качестве интервалов максимальной сорбции ионов металлов катионитами предложены значения pH среды раствора: для катионита МФЛ – pH=3-6, для катионита КФЛ – pH=3-7, для катионита ТКФЛ – pH=3-6.

5. Все затраты на производство катионита марки синтезированного (КФЛ) в условиях рыночной экономики готовой продукции рассчитаны равными 4 787 050 сумов за 1 тонну готовой продукции, а при сравнении данной величины с ценой зарубежного сорбента Purolite S950 экономическая

эффективность составляет 56 885 304 сумов.  
6. В результате проведенных научных исследований катиониты на основе многоосновных карбоновых кислот рекомендованы для практического использования в ООО «Петромаруз-Узбекистан» для очистки промышленных сточных вод и подземных шахтных вод Хандизинского горно-обогатительного комбината от ионов тяжелых металлов.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD  
OF SCIENTIFIC DEGREES DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01 AT  
TERMEZ STATE UNIVERSITY**

---

**TERMEZ STATE UNIVERSITY**

**MUMINOVA SHAHNOZA NORMAHAMADOVNA**

**PREPARATION OF CARBOXYLIC CATIONITES BASED ON  
POLYBASIC CARBONIC ACIDS AND THEIR STUDY**

**02.00.14 – Technology of organic substances and materials based on them**

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION  
OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON CHEMICAL SCIENCES**

**Termez – 2025**

The topic of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is considered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2024.2.PhD/K810.

This thesis was completed at Termez State University.

The abstract of the thesis 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).

**Scientific adviser:**

**Mukumova Gulvar Jumayevna**

Doctor of Chemical Sciences, Docent

**Official opponents:**

**Alikulov Rustam Valiyevich**

Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Shukurov Dilmurod Khursandovich**

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent

**Lead organization:**

**Urgench State University**

The defense of the thesis will take place "5" 04 2025 at "13<sup>00</sup>" hours at a meeting of the Scientific Council DSc.03/31.01.2023.K/T.78.01. at Termez State University at the address: 190111, Surkhandarya region, Termez, st. Barkamol Avlod, 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz).

The thesis is registered at the Information Resource Center of Termez State University under No. 261, which can be found at the IRC (190111, Surkhandarya region, Termez, Barkamol Avlod St., 43. Tel.: (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: [termizdu@umail.uz](mailto:termizdu@umail.uz)).

The abstract of the dissertation was sent out "18" 03 2025.

(Protokol at the register No. 02 dated "15" 03 2025)



**I.A. Umbarov**

Chairman of the Scientific Council for  
Awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, professor

**Sh.A. Kasimov**

Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, professor

**R.V. Alikulov**

Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, professor

## **Introduction (Doctor of Philosophy (PhD) Dissertation Annotation)**

**The aim of the research** is to obtain carboxyl cationites based on polybasic carboxylic acids and to study the sorption of some d-metal ions.

**The object of the research**, complexing polyfunctional cationites based on melamine-formaldehyde-citric-tartaric acid, urea-formaldehyde-citric-tartaric acid and thiocarbamide-formaldehyde-citric-tartaric acid, was obtained as the object of the research.

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

melamine-formalin, urea-formalin, thiocarbamide-formalin in a matrix—based on the modification of citric and tartaric acids, 6 new polyfunctional cationites were obtained, forming a complex containing nitrogen, sulfur, and oxygen;

the electronic structure of the monomer unit of the obtained polymeric cation exchangers was calculated using quantum-chemical methods based on their geometric and energy parameters, as well as the distribution of charges in atoms; the centers of the greatest localization of the coordination bond were determined;

the composition and structure of the synthesized polymeric cation exchangers were determined using modern physicochemical methods.

the static exchange abilities of the synthesized polymeric cation exchangers in relation to Cu (II), Zn (II) and Ni (II) ions were determined, and a number of sorption properties of these metals in the obtained cation exchangers were compiled;

a decrease in the stability of complex compounds formed by Cu (II), Zn (II) and Ni (II) ions with polymeric cation exchangers in solutions with a high concentration of mineral acids (1-3 M) and optimal conditions for the desorption process was established;

a technology for obtaining new polyfunctional cation exchangers that form a complex containing nitrogen, sulfur and oxygen was developed.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific results, the development of a technology for obtaining complexing polyfunctional nitrogen-sulfur and oxygen-containing cation exchangers:

Polymer sorbents that form complexes of citric acid with urea-formaldehyde, thiourea-formaldehyde, and melamine-formaldehyde were used in the sorption treatment of wastewater at the foreign enterprise "Petromaruz-Uzbekistan" (reference book of the foreign enterprise "Petromaruz-Uzbekistan" dated April 25, 2024 ECO-1). As a result, it became possible to use highly effective sorbents based on local raw materials instead of imported ones in wastewater treatment;

The synthesized complexing polymer cation exchangers were used at the foreign enterprise "Petromaruz-Uzbekistan" in the sorption separation of Cu(II), Zn(II) and Ni(II) metal ions from wastewater (handbook of the foreign enterprise "Petromaruz-Uzbekistan" dated April 25, 2024, ECO-1). As a result, it was possible to isolate some 3d- metal ions from multicomponent solutions; polymer sorbents based on polybasic carboxylic acids were put into practice at the foreign enterprise "Petromaruz-Uzbekistan" for the purification of industrial wastewater from heavy metal ions (handbook of the foreign enterprise "Petromaruz-Uzbekistan" dated April 25, 2024, ECO-1). As a result, it was possible to effectively purify wastewater from heavy metal ions to a tenth of the permissible concentration.

**Structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and an appendix. The dissertation is 120 pages long.

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

1. Mo'minova Sh.N., Turayev X.X., Muqumova G.J., Kasimov Sh.A., Qobilova M.Q. Melamin, formalin va qahrabo kislota asosida xelat hosil qiluvchi sorbentlar sintezi va tadqiqoti // QarDU xabarlar jurnali. –2024. № (1)2. -87–91-b. OAK Rayosatining 2022-yil 31-martdagi 314/9.2-son qarori.

2. 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

3. Muqumova G.J., Mo'minova Sh.N., Karimova N.J., Abdullayeva N.S. 8-oksixonolinning  $Zn^{2+}$  bilan aralashligandli kompleksi sintezi va tadqiqoti // Innovative Development in Educational Activities. -2023. –V.2. –I.4. –p.104-109. №23. SJIF. 2023 IF-5,93

4. Муминова Ш.Н., Тураев Х.Х., Мукумова Г.Ж., Касимов Ш.А. Синтез и исследование хелатообразующих сорбентов на основе меламина, формалина и лимонной кислоты //Universum: технические науки. – 2023. – №. 12-6 (117). – С. 21-24. (02.00.00, №1);

5. Muminova Sh.N., Turayev X.X., Qosimov Sh.A., Muqumova G.J., Iskandarova J.Yu., Karimova N.J. KFL sorbenti va uning Cu(II), Zn(II) ionlari bilan komplekslarining spektroskopik tahlillari // SamDU Ilmiy axborotnomasi. – 2024. – № 3 (145/1). –92–96 б. (02.00.00, №9)

6. 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. OAK Rayosatining 2021 yil 31 martdagi 295/6-son qarori.

7. Муминова Ш.Н., Мукумова Г.Ж., Тураев Х.Х., 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).

**II bo'lim (II часть; II part)**

8. Mo'minova Sh.N., Turayev X.X., Muqumova G.J., Kasimov Sh.A. Ayrim organik reagentlar asosida xelat hosil qiluvchi sorbentlar sintezi va ularning xossalari. “Nazariy va eksperimental kimyo hamda kimyoviy texnologiyaning zamonaviy muammolari” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi. Qarshi. -2023 yil oktyabr 220-221 b.

9. 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  
Материалы международной научно-технической конференции.16-17 ноября,  
2023 года 303-304 с. Ташкент-2023

10. Mo‘minova Sh.N., Turayev X.X., Muqumova G.J.,Kasimov Sh. A. Ayrim organik reagentlar asosida xelat hosil qiluvchi sorbentning tadqiqoti. Актуальные проблемы создания и использование высоких технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана Материалы международной научно-технической конференции 16-17 ноября, 2023 года 304-305 с. Ташкент-2023

11. Mo‘minova Sh.N.,Turayev X.X., Muqumova G.J., Kasimov Sh. A.,Iskandarova J.Yu. Melamin, formalin va qahrabo kislota asosida xelat hosil qiluvchi sorbentining reaksiya qobiliyatini kvant kimyoviy tahlili “Ta’lim,fan va ishlab chiqarishning dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. 303-306 betlar Namangan 2023 yil 7-8 noyabr

12. Mo‘minova Sh. N., Turayev X.X., Muqumova G.J., Kasimov Sh. A. Formalin, Melamin va limon kislota asosida xelat hosil qiluvchi sorbentlar sintezi va tadqiqoti. “Fan va ishlab chiqarish integrallashuvi sharoitida kimyo va texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sohasidagi muammolarning innovatsion echimlari" xalqaro ilmiy-amaliy anjumani 18-21 betlar .Namangan-2023

13. Mo‘minova Sh.N., Turayev X.X., Muqumova G.J.,Kasimov Sh. A. Ayrim organik reagentlar asosida xelat hosil qiluvchi sorbentlarning IQ-spektri. “Fan va ishlab chiqarish integrallashuvi sharoitida kimyo va texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sohasidagi muammolarning innovatsion echimlari" xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 18-21 betlar.Namangan-2023

14. Mo‘minova Sh.N., Turayev X.X., Kasimov Sh.A., Muqumova G.J., Po‘latov A.N., Mamayusupova R Ba’zi organik reagentlar asosida xelat hosil qiluvchi sorbentlar va ularning koordinatsion birikmalarining termik tavsifi . Современные аспекты развития фундаментальных наук и вопросы их преподавания Республиканская научно практическая конференция с международным участием 15-ноября 2023 года 21-24 betlar CaMПИ

15. Mo‘minova Sh.N., Turayev X.X., Muqumova G.J., Kasimov Sh. A. Formalin, melamin va limon kislota asosida xelat hosil qiluvchi sorbentining reaksiya qobiliyatini kvant kimyoviy hisoblash. Kimyo fani va sanoatining dolzarb muammolari Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 164-167 betlar Farg’ona 2023 –yil 24-25 noyabr

16. Mo‘minova Sh.N., Karimova N.J. , Azimqulova R.D. Karbamid, formalin va limon kislota 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. 189-190 betlar Toshkent, 2024 yil ,13-15 fevral va qizlarning xalqaro kuni”ni nishonlash doirasida tashkil etilgan

17. Mo‘minova Sh.N., Muqumova G.J.,Eshqurbonova M.B.,Qobilova M. Ba’zi organik reagentlar asosida xelat hosil qiluvchi sorbentlarning IQ-spektri. “Innovator ayollar- 2024” xalqaro ilmiy forum va “Ilmda gender tenglik sari”

davra suhbatlari BMT tomonidan 2015-yilda e'lon qilingan "15-fevral-Fanda ayollar" "Women in STEM" Xalqaro festival. 190-191 betlar Toshkent, 2024 yil

18. 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) ionlari bilan kompleksining termik tahlillari. "Aniq va Tabiiy fanlarning rivojlanish istiqbollari" Respublika ilmiy-amaliy anjumani. 2024-yil 7-may 109-111 betlar-Denov

19. 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. 2024-yil 22-may, 190-192 betlar Qo'qon

20. Muminova Sh.N., Turayev Kh.Kh., Kurbonov F.B., Kabilova M.Q., Yodgorov R.A. Synthesis and research of chelate producing sorbents based on melamine, formaline and polybased acids XII Международный Беремжановский съезд по химии и химической технологии, 4-6 декабря, 2024, Алматы, Казахстан. Сборник тезисов докладов [Электронное издание]. — Алматы: НАО «КазНУ им. аль-Фараби», 2024. — 96 с.

21. Muqumova G.J., Turayev Kh.Kh., Kasimov Sh.A., Muminova Sh.N. Thermal analysis of a sorbent based on urea, formaldehyde, succinic acid and its complex with Cu(II) ion XII Международный Беремжановский съезд по химии и химической технологии, 4-6 декабря, 2024, Алматы, Казахстан. Сборник тезисов докладов [Электронное издание]. — Алматы: НАО «КазНУ им. аль-Фараби», 2024. — 72 с.



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

Bosishga ruxsat etildi: 18.03.2025-yil.  
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60×84 1/16.  
“Times New Roman” garniturasini. Ofset bosma usuli.  
Shartli b.t. 2,8. Adadi 60 nusxa. Buyurtma № 188.

---

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





