

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI**

**MAMAJONOV BAHODIRJON MADAMINOVICH**

**IKKILAMCHI XOMASHYOLAR ASOSIDA SAMARALI IONITLAR  
OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**02.00.14 – Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Oglavlaniye avtoreferata dissertatsii doktora filosofii (PhD)**

**Contents dissertation abstract of doctor philosophy (PhD)**

**Мамажонов Баходиржон Мадаминович**

Ikkilamchi xomashyolar asosida samarali ionitlar olish texnologiyasini  
ishlab chiqish..... 3

**Мамажонов Баходир Мадаминович**

Разработка технологии получения эффективных ионитов на основе  
вторичного сырья ..... 21

**Мамажонов Баходиржон Мадаминович**

Development of technology for producing effective ion exchangers based  
on recycled materials..... 39

**E’lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 42

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI**

**MAMAJONOV BAHODIRJON MADAMINOVICH**

**IKKILAMCHI XOMASHYOLAR ASOSIDA SAMARALI IONITLAR  
OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**02.00.14 – Organik moddalar va ular asosidagi materiallar texnologiyasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.2.PhD/T2778 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot institutida bajarilgan.  
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz)) va «Ziyonet» axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Beknazarov Hasan Soybnazarovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Mahkamov Muzaffar Abdug'aprovich**  
kimyo fanlari doktori, professor,

**Yetakchi tashkilot:**

**Termiz Davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «24» fevral soat 9<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY., Sho'robzor. Tel.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot institutining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (№ 2025/01 raqami bilan ro'yxatga olingan Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY., SHO'robzor. Tel.: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «04» fevral kuni tarqatildi.

(2025 yil «04» fevral 2025/01 raqamli reyestr bayonnomasi).



**Djalilov A.T.**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi,  
k.f.d., prof., akademik

**Qiyomov S.H.N.**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash kotibi,  
t.f. PhD., k.i.x.

**Nurqulov F.N.**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi, t.f.d., prof.

## **КИРИШ**

### **(фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Hozirgi vaqtda dunyoning sanoat korxonalarini oqava suvlari tarkibidagi metall ionlarini ajratib olish va suvlarni zararsizlantirish uchun yuqori sorbsion xususiyatga ega ionitlarga bo'lgan talab ortib bormoqda. Shu munosabat bilan, ionitlarning sorbsion sig'imi yuqori, selektiv ta'sir ko'rsatuvchi, turli muhitlarda barqaror, funksional guruhlari metall ionlariga kuchli ta'sir qiluvchi turlarini olish texnologiyasini ishlab chiqish va sanoat oqava suvlarini tozalashning mavjud texnologiyalarini takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Jahonda organik ionitlarga asoslangan yangi sorbent turlarini sintez qilish maqsadida faol funksional guruhlarni o'z ichiga olgan N, P va S tutgan organoelement birikmalarning xossalarini yaxshilash va ulardan samarali foydalanish borasida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, yuqori sorbsion xususiyatga ega ionitlar olish jarayonini soddalashtirish, turli agrissiv muhitlarda ishlaydigan sorbentlarni yangi turlarini yaratish, mexanik mustahkam va sorbsion xossalarini maqsadli o'zgartira oladigan yangi tarkiblarini ishlab chiqish va qo'llash sohalarini kengaytirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda mahalliy xomashyolar va ikkilamchi mahsulotlar asosida import o'rnini bosuvchi yangi turdagi ionitlarni ishlab chiqarish hamda ularning sorbsion xususiyatlarini sinovdan o'tkazish bo'yicha ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. O'zbekiston Respublikasini rivojlantirishning 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida «mahalliy xomashyo va ikkilamchi resurslardan import o'rnini bosuvchi mahsulotlar olish texnologiyalarini yaratish»<sup>1</sup> ga yunaltilgan muhim vazifalar belgilangan. Bu borada sanoat oqava suvlarini zararli komponentlar va metall ionlaridan tozalashda mahalliy xomashyodan yangi yuqori samarali ionitlarning ekologik toza, iqtisodiy samarador va innovatsion texnologiyalarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi farmoni, 2017 yil 7 fevraldagi «2017-2022 yillarda O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida»gi PQ-4947-son, 2022 yil 28-son PQ-3236-son qarorlari, 2017-2021 yillarda kimyo sanoatini rivojlantirish dasturi to'g'risida»gi 2021 yil 23 avgustdagi «O'zbekiston Respublikasining kimyo sanoatini jadal rivojlantirish to'g'risida» gi, 2018 yil 25-oktabrdagi PQ-3983-son qarori va mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor**

---

<sup>1</sup> O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi farmoni.

**yo‘nalishlariga bog‘liqligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. “Kimyoviy texnologiya va nanotexnologiya” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan..

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Dunyoda oqava suvlarni tozalash va toza ichimlik suvlarini ishlab chiqarish hamda tozalanayotgan suvlardan metallarni ajratib olish bo‘yicha J. P‘erez-Arategui, J. Molera, A. Larrea, S. Padovani, C. Sada, P. Mazzoldi, A.A. Zagorodni, T. M‘oller, A.K. Mikitaev, N.A. Mukmenev, E.N. H. Laudelout, R. van Bladel, G. H. Bolt, Harland C.E., Horng, L.L.; Clifford, D. hamda O‘zbekiston olimlaridan A.T. Jalilov, A.S. Maksumova, A. Ikromov, Z.A. Tojixo‘jaev, Turobjonov S.M., X.I. Akbarov, M.G. Muxamediev va boshqa olimlar tomonidan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan.

Ushbu olimlar tomonidan Azot, oltingugurt va fosfor saqlovchi organik birikmalar asosida ion almashuvchi ionitlar, jumladan anionitlar va kationitlar ishlab chiqarish texnologiyasini rivojlantirish bilan bir qatorda, stirol, divinilbenzol, fenolformaldegid, akrilamidlar va ularning metall komplekslari asosida samaradorligi yuqori N-, P-, S-tutgan organoelement ion almashuvchi ionitlarni sintez qilishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar amalga oshirilgan.

Ichimlik suvini sifatli tozalashda innovatsion texnologiyalar asosida ion almashuvchi materiallarni ishlab chiqarish va ularni amaliyotga tatbiq etish sohasida katta muvaffaqiyatlarga erishilmoqda. Bunday materiallar nafaqat yuqori tozalikdagi suvni hosil qilish, balki energiya va resurslar sarfini qisqartirishga, yangi turdagi organik ionitlarni ishlab chiqarish hamda amaliyotda qo‘llash bo‘yicha ilmiy izlanishlarga asos bo‘lib kelmoqda.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi.**

Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq FZ-201908169 “Sintetik materiallardan plazmasorbtsiya uchun yangi samarali nanog‘ovakli uglerodli sorbentlar ishlab chiqish va bioslamlashuvchanligini baholash texnologiyasini yaratish” (2020-2022 yillarda) va PZ-201709285 “Eritmadagi oltin sorbsiyasi uchun mahalliy xom-ashyolar asosida kimyoviy mustahkam aktivlangan ko‘mir olish texnologiyasini ishlab chiqish” (2018-2020 yillarda) mavzularidagi amaliy va innovatsion loyihalar doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** ikkilamchi xom ashyolar asosida yuqori sorbsion xususiyatga ega organik ionitlar olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

krotonilidenimin, metilmetakrilat, disiandiamid, formaldegid va ftal kislota diamidi asosida tarkibida azot saqlovchi ionitlarni sintez qilishning maqbul sharoitlarini aniqlash;

sintez qilingan ionitlarning tarkibi va tuzilishini fizik-kimyoviy usullar yordamida aniqlash, hamda funksional guruhlar ularning sorbsion xossalari ta‘sirini ilmiy asoslash.

sintez qilingan ionitlarga metall ionlari sorbsiyasini va statik almashinish

sig'imini aniqlash;

ikkilamchi xomashyolar asosida ionitlar olish texnologiyasini ishlab chiqish va ularning samaradorligini texnik-iqtisodiy asoslash.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida krotonilidenimin, metilmetakrilat, disiandiamid, ftal kislota diamidi va formaldegid kabi organik birikmalar, hamda ushbu birikmalar asosidagi ion almashuvchi materiallar (ionitlar) tanlangan.

**Tadqiqotning predmetini** olingan ion almashuvchi smolalarni sintez qilish usullari, ularni olish texnologiyasi, olingan ion almashuvchi smolalarning sorbsion sig'imi, ba'zi metallar sorbsiyasi, sorbsiya jarayoniga turli omillarning ta'siri va desorbsiya jarayonlari tashkil qiladi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqotlar natijasida olingan ionitlarning tuzilishi va tarkibi fizik-kimyoviy usullar: IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM), element tahlili, termogravimetrik va differensial termik analiz (TG-DTA), spektrofotometriya, kompleksonometriyadan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

krotonilidenimin va metilmetakrilat hamda ftal kislota diamidi, disindiamid va formaldegid asosida yangi ionitlar sintez qilingan;

olingan ionitlarni sintez qilishning maqbul sharoitlari, tarkibi va tuzilishi fizik-kimyoviy usullar yordamida aniqlangan;

sintez qilingan ionitlarning tuzilishi, fizik-kimyoviy xossalari hamda sorbsiya qilish darajasiga gidrooksil, amino va metilol guruhlarning ta'siri ilmiy isbotlangan;

sintez qilingan ionitlarning  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ionlariga nisbatan statik almashinish sig'implari aniqlangan va ushbu metallarning olingan ionitlarda sorbsiyalanish qatori tuzilgan;

krotonilidenimin, metilmetakrilat hamda ftal kislota diamidi, disiandiamid va formaldegidlar asosida sintez qilingan ionitlarni olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat.

Ikkilamchi xomashyolar asosida yuqori samaradorlikka ega bo'lgan ionitlarni olish uchun texnologik jarayonlarning optimal parametrlari aniqlangan;

ionitlarning uzoq muddatli ishlab chiqarish samaradorligini oshirish uchun desorbsiya jarayonining mexanizmlari ishlab chiqilgan;

sintez qilingan ionitlar turli kimyoviy agressiv muhitlar va termik sharoitlarda yuqori sorbsion hamda ion almashinish xususiyatlarining barqaror bo'lishi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Ushbu tadqiqot doirasidagi barcha sintez qilingan ion almashuvchi ionitlarning tarkibi va tuzilishi IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskop, rentgenofaza analizi kabi zamonaviy fizik-kimyoviy usullar bilan isbotlanganligi, shuningdek sorbsiyalash jarayonini termodinamik, kinetik qonuniyatlar asosida metall ionlarini yutish samaradorligi o'rganilganligi hamda tajriba va ishlab chiqarish jarayonlarida o'tkazilgan sinov natijalari o'zaro mutanosibligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati tarkibida azot saqlovchi yangi avlod ion almashuvchi materiallarning yuqori harorat va agressiv muhitlarga barqarorligini oshirish nazariy jihatdan asoslanganligi, tarkibida gidroksil, amino va metilol guruhlarning polifunksional xususiyatlari aniqlanganligi, shuningdek, ushbu funksional guruhlar asosida ionitlarning fizik-kimyoviy xossalari va ion almashish jarayonlariga ta'sir etish mexanizmlari takomillashtirilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan texnologiya asosida yuqori sorbsion qobiliyatga ega bo'lgan ion almashuvchi materiallar olish, ularni suvni tozalash tizimlarida qo'llash, og'ir metallarni zararsizlantirish va ajratib olish hamda sanoat korxonalarini texnik suvlarini jarayonlarga qayta qo'llash shuningdek, sorbsion-desorbsion davri uzoq bo'lgan yangi avlod organik sorbentlar ishlab chiqarishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Sintez qilingan ion almashuvchi organik ionitlarni olish texnologiyasini ishlab chiqarish va amaliyotda qo'llash bo'yicha olingan ilmiy natijalari asosida:

krotonilidenimin va metilmetakrilat asosida olingan organik ionitlar «O'zbekneftgaz» AJ Muborak gazni qayta ishlash zavodida amaliyotga joriy qilingan («O'zbekneftgaz» AJ Muborak gazni qayta ishlash zavodi ning 2022 yil 23 maydagi 522/GK-05-son ma'lumotnomasi). Natijada, 10 martalik sorbsion-desorbsiya siklidan keyin ham 98-99 % gacha mis ionlarini ajratib olish imkonini bergan;

disiandiamid, ftal kislota diamidi va formaldegid asosida olingan ion almashuvchi organik ionitlar «O'zbekneftgaz» AJ Muborak gazni qayta ishlash zavodida amaliyotga joriy qilingan («O'zbekneftgaz» AJ «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» ning 2022 yil 23 maydagi 522/GK-05-son ma'lumotnomasi). Natijada, sanoat oqava suvlarni tozalash uchun import o'rnini bosuvchi ion almashuvchi organik ionitlar ishlab chiqarish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiya ishining asosiy natijalari jami 7 ta xalqaro va respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy maqola chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta maqola, jumladan 2 ta respublika va 4 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat bo'lib, dissertatsiyaning hajmi 103 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

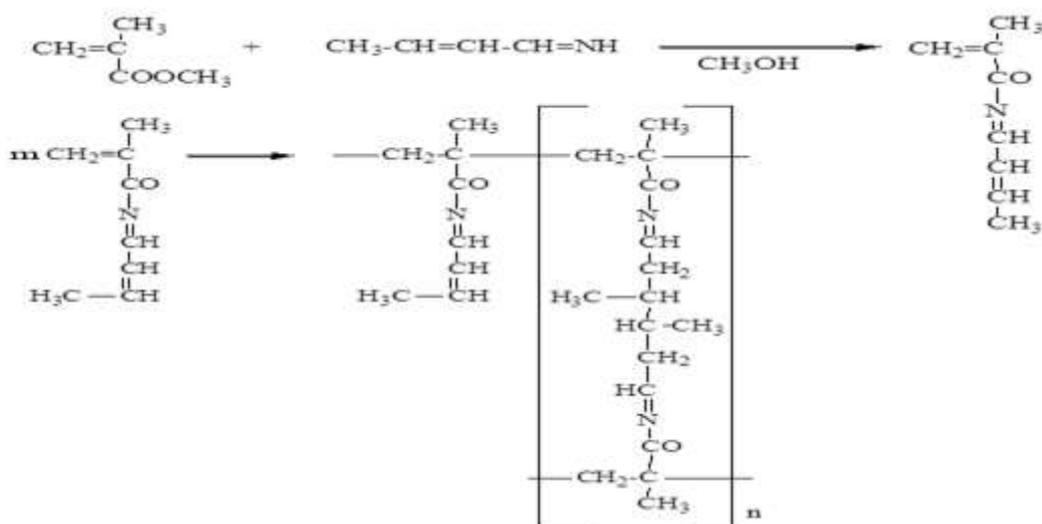
**Kirish** qismida mavzuning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obyekt va predmeti, o'rganilganlik darajasi, tadqiqotning usullari tavsiflangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar

rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish, o‘tkazilgan tadqiqotlarning ishonchliligi, aprotatsiyasi va natijalarning nashr qilinishi, dissertatsiyaning hajmi, tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Ion almashuvchi ionitlar ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalari va hozirgi kundagi istiqbollari”** deb nomlangan birinchi bobida mavzu bo‘yicha olib borilgan tadqiqot natijalari, xorijiy va mahalliy adabiyotlar tahlili batafsil yoritilgan. Ma‘lumotlar umumlashtirilgan va ilmiy-tahliliy xulosalar chiqarilgan hamda ilmiy adabiyotlardagi ma‘lumotlardan kelib chiqqan holda dissertatsiya ishining maqsadi, vazifalari, dolzarbligi va muhimligi belgilab berilgan.

Dissertatsiyaning **«ION ALMASHUVCHI IONITLAR SINTEZI HAMDA ULARNI TADQIQ QILISH USULLARI»** deb nomlangan ikkinchi bobida Ion almashuvchi ionitlar sintez qilish hamda ularning adsorbsiya jarayonlari kinetikasi keltirilgan.

Metilmetakrilat va krotonilideniminni reaksiyasi va olingan monomerning polimerizatsiya jarayoni 1-rasmda keltirilgan.



### 1-rasm: Polimetakriloilkrotonilidenimin (PMKI) polimerizatsiya jarayoni

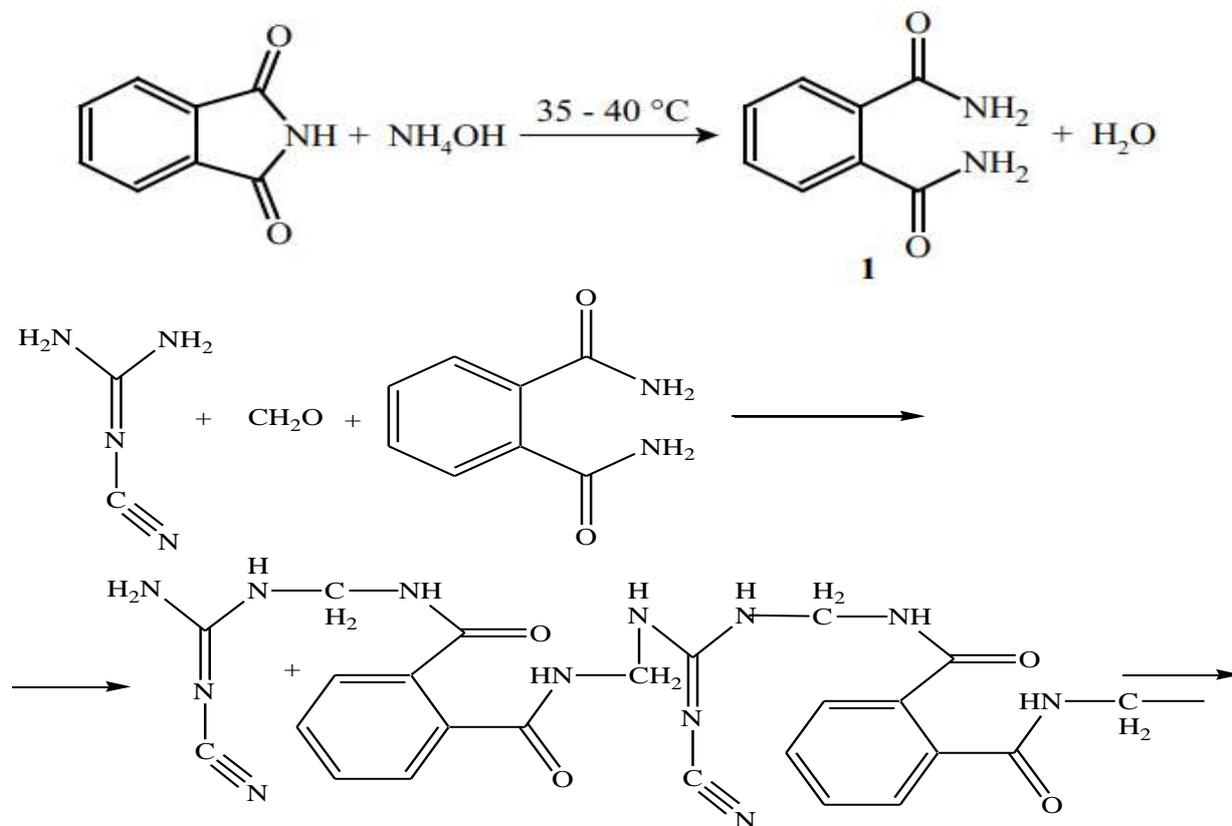
Polimetakriloilkrotonilidenimin (PMKI) 1-rasmda ko‘rsatilganidek, o‘zaro bog‘langan polimerizatsiya yo‘li bilan sintez qilindi. Monomer 48 soatlik reaksiya vaqti uchun 30 °C da metilmetakrilat va krotonilideniminni reaksiyaga kiritish orqali olingan. Polimerizatsiya jarayoni quyidagicha boradi: monomer, boshlang‘ich monomerlar va benzoil peroksidning 100:1 molyar nisbati (31,9 g: 0,84 g) aralashmasi 70 °C da 3 soat davomida aralastiriladi. Olingan polimer ortiqcha monomerlarni olib tashlash uchun uch marta distillangan suv bilan yuviladi va boshqa kimyoviy ishlov berishdan oldin quritiladi. Ushbu tajriba kilogrammli reaksiyada ham kuchaytirilishi mumkin. Reaktivning nisbati yuqoridagiga o‘xshaydi (3,2 kg: 1 kg), lekin reaksiya harorati 80 °C bo‘ladi, bu to‘liq polimerizatsiyani ta‘minlash uchun yuqoriroqdir.

## Ftal kislota diamidi, disiandamid va formaldegid reaksiyasi asosida (DSDAFF) markali ionit sintezi.

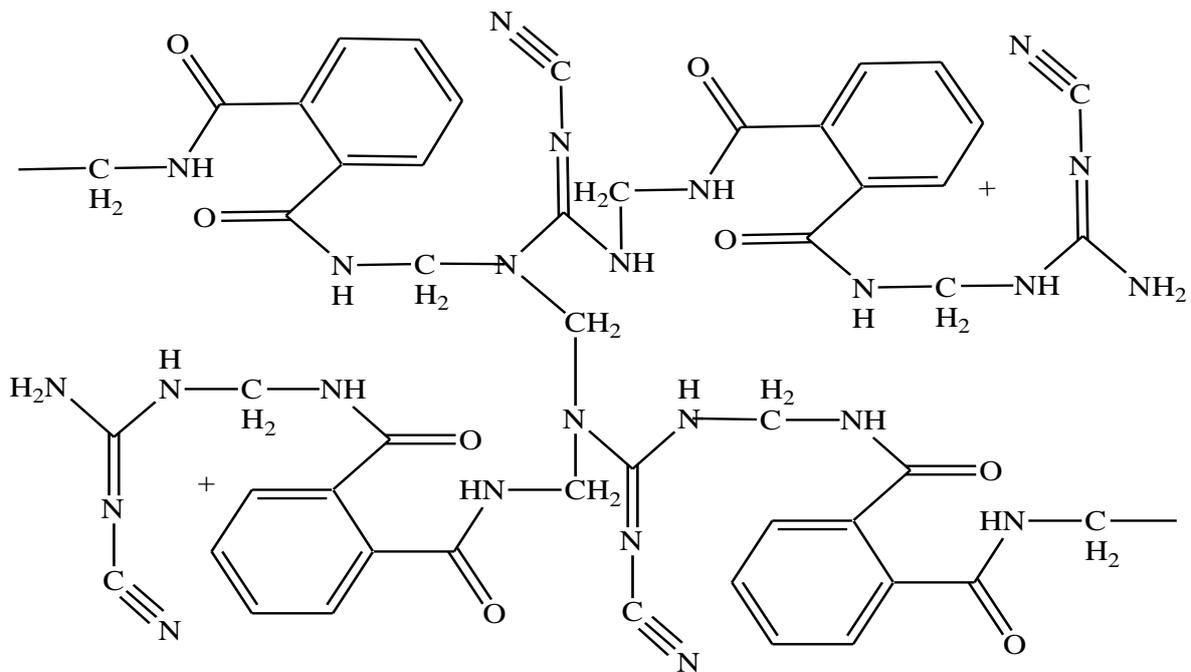
Uch bo'g'izli kolbaga 13 qism formalin yuklanadi va aralashtirib 30-35 °C gacha qizdiriladi, 20-30% li suvli eritma holda 0,3-0,4 qism geksamin qo'shiladi va 5 daqiqadan so'ng eritmaning pH qiymati aniqlanadi. pH 7,4-8,2 ga yetganda, reaksiya aralashmasining harorati 30-35 °C ichida ushlab turilgan holda, 6 soat davomida disiandamid va ftal kislota diamidi asta-sekin qo'shiladi. Disiandamid va ftal kislota diamidi to'liq erib ketgach, 20% li suvli eritma (pH 7,4-8,0) shaklida 0,3 qism oksalat kislotasi qo'shildi va hosil bo'lgan eritmada 10-12% erkin formaldegid qolguncha davom ettirildi va harorat 30-35°C da ushlab turilib pH 5,5-6,0 ga yetgunicha reaksiyani davom ettirildi. Kondensatsiya haroratining 35 °C dan yuqori ko'tarilishi ekzotermik reaksiyaga va qattiq erimaydigan mahsulotlar (gellar) hosil bo'lishiga olib keladi. Reaksiya haroratini asta sekinlik bilan 90 °C gacha ko'tarib borildi. Shu haroratda 60 daqiqa ushlab turildi, bu vaqtda reaksiya davomida oq rangli cho'kma tushishni boshlaydi. Reaksiya tugagach hosil bo'lgan cho'kmani reaksiyaga kirishmagan formaldegiddan tozalash uchun distillangan suvda bir necha bor yuviladi. Hosil bo'lgan modda quritiladi [110].

Ftal kislota diamidi, disiandamid va formaldegid o'rtasida boradigan reaksiya sxemasini quyidagicha yozish mumkin:

Birinchi bosqichdagi reaksiya



**Ikkinchi bosqichdagi tikilish reaksiyasi**



**2-rasm. Ftal kislota diamidi, disiandiamid va formaldegidning reaksiya sxemasi.**

*DSDAFF ion almashuvchisi bilan azot bug'ining adsorbsiyasi.*

**1-jadval**

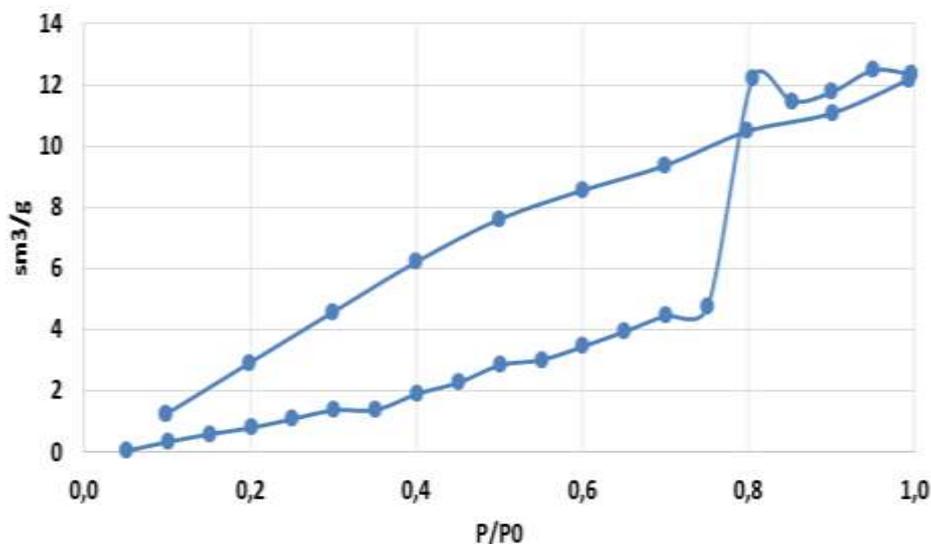
**Olingan DSDAFF ion almashuvchi ionit namunasi azot bug'ining adsorbsiyasi natijalari.**

Nisbiy bosim P/P <sub>0</sub>	Yutilish hajmi sm <sup>3</sup> /g	Nisbiy bosim P/P <sub>0</sub>	Yutilish hajmi sm <sup>3</sup> /g	Nisbiy bosim P/P <sub>0</sub>	Yutilish hajmi sm <sup>3</sup> /g
5.16478e-02	0.0559	5.16478e-01	3.0244	9.93056e-01	12.1916
1.00771e-01	0.3478	6.00763e-01	3.4596	9.00757e-01	11.0837
1.51069e-01	0.5983	6.50663e-01	3.9442	7.98805e-01	10.4927
2.01106e-01	0.8059	7.00630e-01	4.4696	6.99871e-01	9.3748
2.51021e-01	1.0952	7.50831e-01	4.7677	5.99827e-01	8.5594
3.01109e-01	1.3790	8.05174e-01	12.2354	4.99252e-01	7.6086
3.51236e-01	1.3953	8.51881e-01	11.4649	4.00053e-01	6.2274
4.00844e-01	1.9134	9.00427e-01	11.7694	2.98531e-01	4.5694
4.50844e-01	2.2838	9.50206e 01	12.4811	1.99330e-01	2.9332
5.00655e-01	2.8486	9.96583e-01	12.3381	9.82938e-02	1.2492

0,05 P/P<sub>0</sub> (eng yuqori bug' bosimining boshlang'ich bug' bosimiga nisbati), asosiy adsorbsiya jarayoni 0,75 P/P<sub>0</sub> gacha davom etishi aniq bo'lib 4,7677 sm<sup>3</sup>/g ni yutadi, 0,805 P/P<sub>0</sub> esa 12,2354 sm<sup>3</sup>/g yutadi.

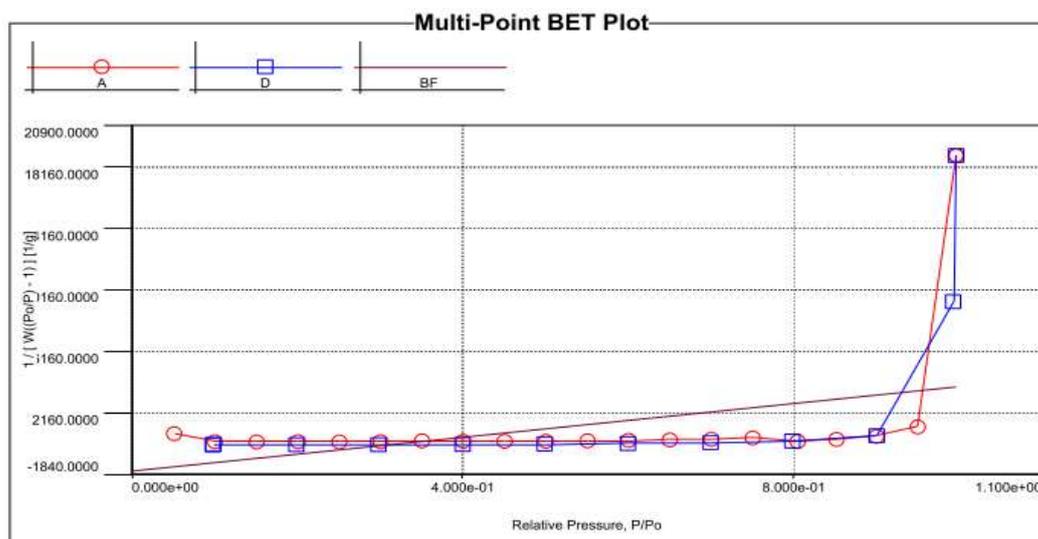
Kapillyar kondensatsiya jarayoni 0,85188 P/P<sub>0</sub> da sodir bo'ladi va 0,851 P/P<sub>0</sub> bug' bosimida 11,4649 sm<sup>3</sup>/g azot bug'i ion almashtirgich bilan bog' hosil qildi, desorbsiya jarayoni berilgan bosim 0,996 P/P<sub>0</sub> da sodir bo'ldi. 2.3-rasmda va 2.1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarga asoslanib, namunaning izotermasi chizilgan va

tahlil qilingan. Olingan DSDAFF ion almashtirgich namunasining 0,950 P/P<sub>0</sub> bosimida azot bug'ining eng yuqori yutilishi 12,4811 sm<sup>3</sup>/g ni tashkil etdi va diagramma shaklida taqdim etildi.



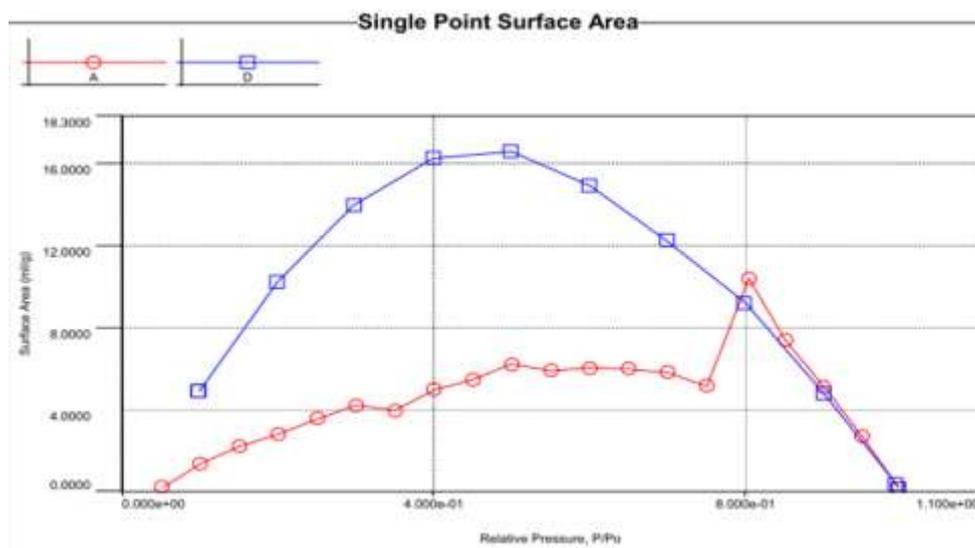
**3-rasm. DSDAFF smolasining izotermlari.**

4-rasmda P/P<sub>0</sub> ga nisbatan 1/[W(P<sub>0</sub>/P – 1)] BET tenglamasining chiziqli grafiqi ko'rsatilgan; ko'pchilik qattiq jismlar uchun azotni adsorbat sifatida ishlatganda adsorbsion izoterma hududi o'rganiladi, odatda P/P<sub>0</sub> 0,05 dan 0,35 gacha. Ushbu chiziqli maydon mikrog'ovak materiallarning past nisbiy bosimida teshiklarni o'rganish uchun ishlatiladi. 2.4-rasmda ko'p nuqtali BET grafiqi ko'rsatilgan.



**4-rasm. Ko'p nuqtali BET grafiqi**

An'anaviy sirt maydoni o'lchovlari uchun BET qiymatlari har bir yutilish nuqtasida adsorbsiya uchun alohida beriladi. Izoterma ning faqat bitta nuqtasidan foydalangan holda soddalashtirilgan yondashuv mumkin. Azot uchun C qiymati odatda BET tenglamasidagi kesishish nolga teng ekanligini ko'rsatish uchun yetarlicha katta.



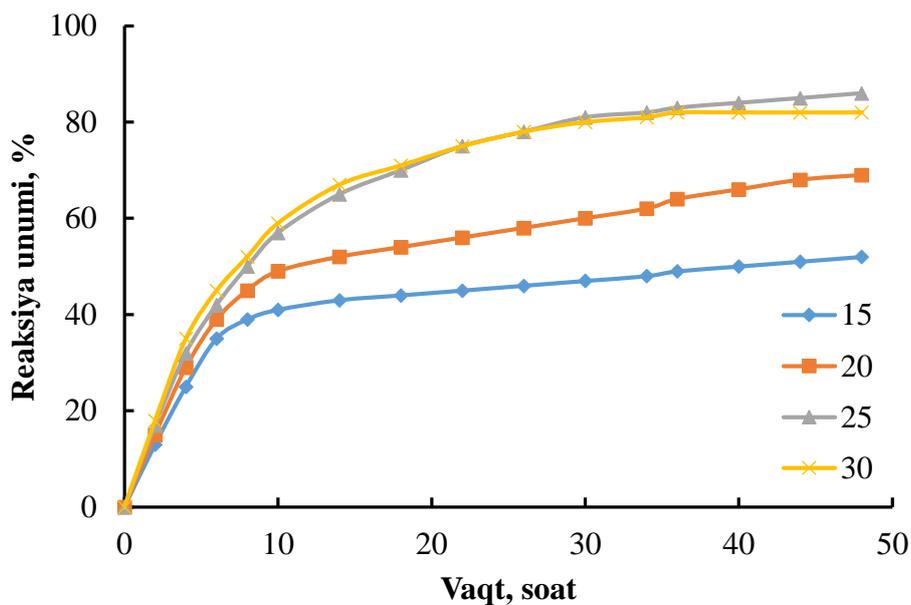
### 5-rasm. Bir nuqtadagi sirt maydoni

Shunday qilib, 0,950  $P/P_0$  bosimdagi DSDAFF ion almashirgichining namunalarida azot bug'ining yutilishini o'rganish 12,4811  $\text{sm}^3/\text{g}$  ni tashkil etdi. Azot bug'ini yutishda azot bug'ining 0,750  $P/P_0$  va 4,7677  $\text{sm}^3/\text{g}$  gacha yutilishi aniq bo'ladi, shundan keyin kapillyar kondensatsiya kuzatiladi. Keyin esa, azot bug'i ion almashiruvchi bilan bog'lanadi, deb taxmin qilinadi, keyin desorbsiya jarayoni berilgan bosim 0,996  $P/P_0$  da sodir bo'ladi.

Dissertatsiyaning **“Ikkilamchi xomashyolar asosida ion almashiruvchi ionitlar olish hamda ularning fizik-kimyoviy xossalarini o'rganish”** deb nomlangan uchinchi bobida metilmetakrilat va krotonidenimin o'zaro ta'sirlashishi natijasida polimer hosil bo'lishdagi qonuniyat natijalari keltirilgan.

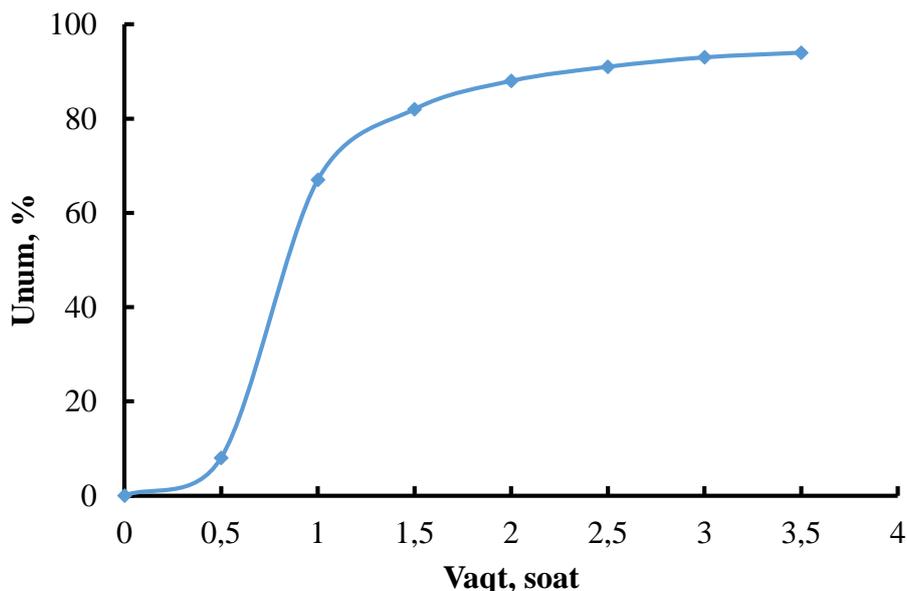
Metilmetakrilat va krotonideniminning o'zaro ta'sirlashish reaksiyasi uchun optimal harorat 25°C ni tashkil etishini ko'rish mumkin. 30°C ham shunga yaqin natijalar olish mumkin, lekin reaksiya unumi 25°C dagiga qaraganda sal pastroq bo'lishini ko'rish mumkin. 25°C da 86,8 % ni tashkil etganligini tajriba natijalaridan ko'rish mumkin. Reaksiya uchun optimal vaqt esa 48 soat deb olindi, chunki 48 soatdan keyin reaksiya unumida deyarli o'zgarish sodir bo'lmasligini ko'rish mumkin.

Reaksiyaning ikkinchi bosqichida sintez qilib olingan N-metakriloilkrotonilidenimin polimerlanish reaksiyasini inisiator ishtirokida olib bordik. Zamonaviy yuqori sifatli ion almashiruvchilar asosan suvli muhitda monomerning o'zaro polimerizatsiyasi tufayli amalga oshadi, bunda monomerning o'zaro ta'sirlashishi oqibatida polimer mahsuloti hosil bo'ladi. Shu munosabat bilan N-metakriloilkrotonilidenimin monomerining polimerizatsiyasi alohida qiziqish uyg'otadi, chunki N-metakriloilkrotonilidenimin suvda yaxshi eriydi va qutbli guruhga ega va bu xususiyatlar polimer-monomer zarrachalarining shakllanishiga ham, polimerizatsiya kinetikasiga ham ta'sir qilishi kerak.



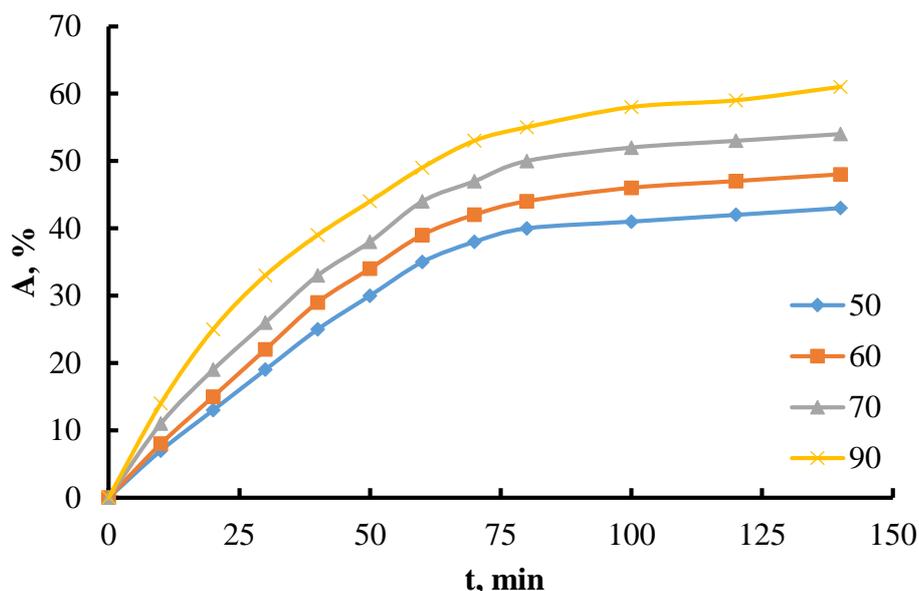
**6-rasm. Metilmetakrilat va krotonideniminning har xil haroratlarda 15, 20, 25 va 30°C ta'sirlashish grafigi.**

Polimer unumining reaksiya davomiyligiga bog'liqligini ham ko'rishimiz mumkin, ular S shakliga ega, jarayon o'z-o'zidan tezlashishi bilan kechadi. Shu bilan birga, polimerning unumi monomerlarning reaksiyaga kirishuvchi aralashmasining tarkibiga juda bog'liq emas va aralashmadagi N-metakriloilkrotonilidenimin miqdori 1,7 dan 8 mol% gacha o'zgarganda, polimerlanish reaksiya tezligi hamda polimer unumining oshishida ma'lum bir tendentsiya mavjud. Bu shuni ko'rsatadiki, N-metakriloilkrotonilidenimin monomeri konsentrasiyasi miqdori ko'p bo'lgan vaqtda ko'proq reaktivlikka ega, bu ehtimol monomer tarkibida ikkita to'yinmagan bog'lanish mavjudligi bilan bog'liq.



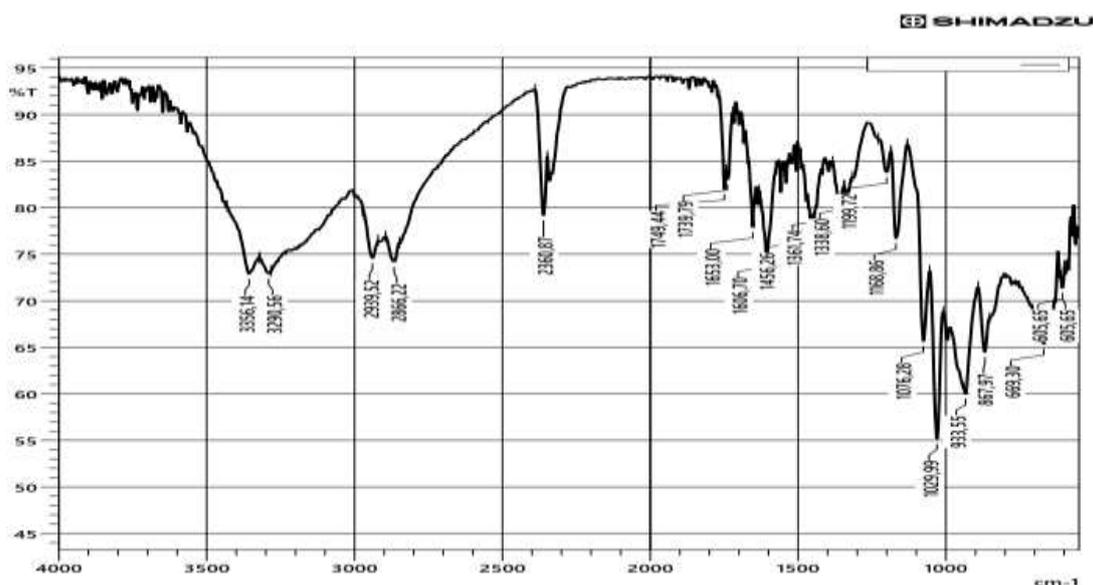
**7-rasm. N-metakriloilkrotonilidenimin monomerining polimerizatsiya unumining reaksiya davomiyligiga bog'liqligi.**

Disiandiamid, ftal kislota diamidi bilan formaldegid o'zaro ta'sirlashish reaksiyasini suvli muhitda 40% li formalindan foydalangan holda polikondensasiya reaksiya tezligi turli haroratlarda, ya'ni 50, 60, 70, 80 va 90 °C olib borildi.



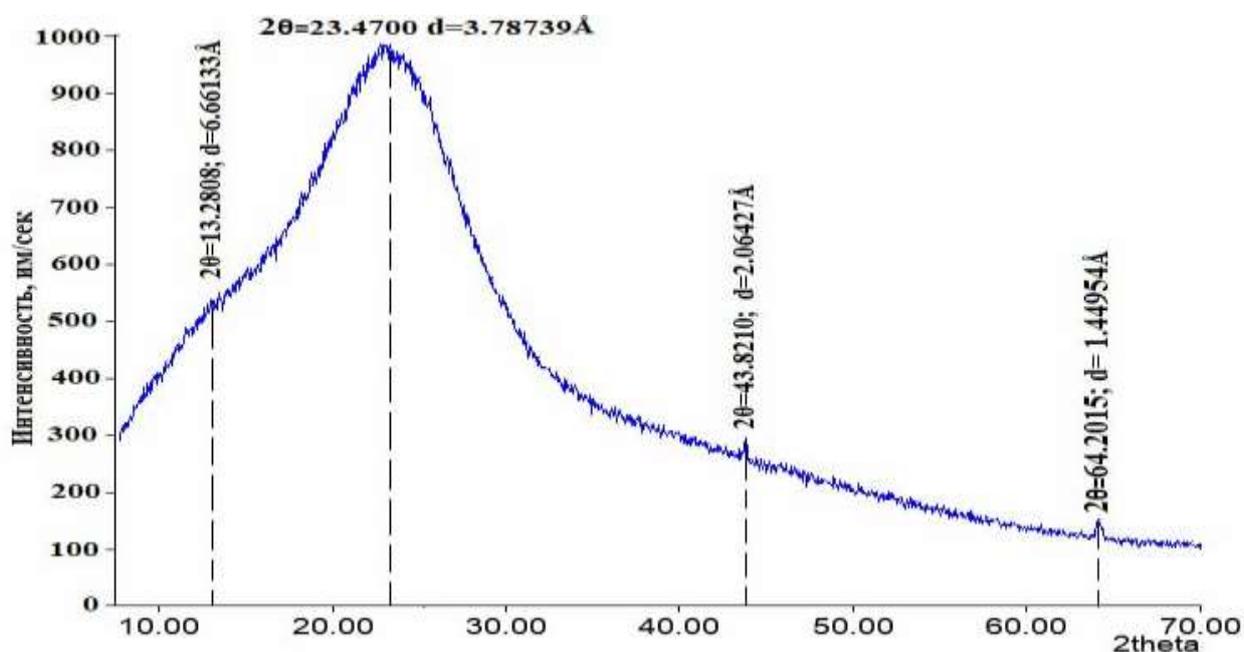
**8-rasm. Disiandiamid, ftal kislota diamidining formaldegid bilan polikondensatsiyasining turli haroratlarda tugallanish darajasi**

Bunda reaksiyaga kirishuvchi boshlang'ich moddalar 1:2:1 nisbatni tashkil etdi. Disiandiamid-formaldegid-ftal kislota diamidi smolasining IQ-spektri tasvirlangan. Olingan IQ-spektroskopiya ma'lumotlaridan shuni ko'rish mumkinki, 3356-3290  $\text{cm}^{-1}$  sohada makromolekulada qolib ketgan metilol guruhidagi  $-\text{OH}$  guruhlarga tegishli valent tebranish yutilishni ko'rish mumkin. 1749-1739  $\text{cm}^{-1}$  sohada ayrim azot elementining to'rtlamchi ammoniy ko'ronishini ko'rish mumkin. 1633-1606, 605-669  $\text{cm}^{-1}$  sohalarda esa  $\text{CO}-\text{N}$  bog'larga tegishli bo'lgan deformasion yutilish chizig'ini ko'rish mumkin.



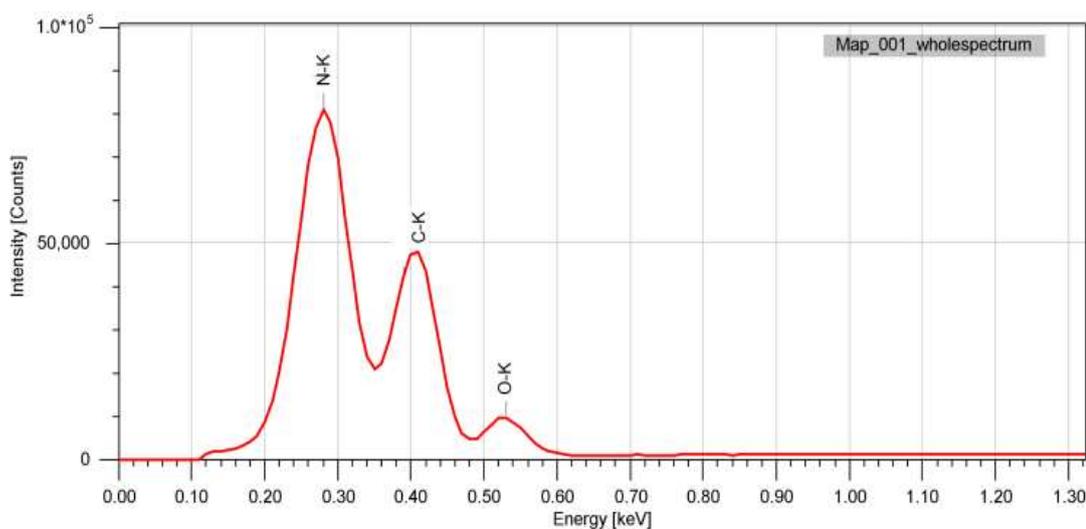
**9-rasm. Disiandiamid-formaldegid-ftal kislota diamidi smolasining IQ-spektri.**

DSDAFF smolasining rentgenofazaviy tahlili keltirilgan bo'lib, 4 ta fazadagi burchak cho'qqilarda nomoyon bo'ladi. Bu burchaklar 3 tasi kichik intensivlarda va bitta katta burchakda hosil bo'lgan ( $2\theta=13, 43$  va  $63$  gradus burchaklar), yuqori intensivdagi cho'qqi faqatgina  $23$  gradus burchakda kuzatiladi. Difraktogrammadan ko'rinadiki, olingan cho'qqilar smola tarkibi amorf holatda ekanligini ko'rsatadi hamda bunda krishtallik holati deyarli kuzatilmaydi.  $2\theta$  burchak detektor va rentgen nuri tushishi orasidagi burchakdir.



**10-rasm. DSDAFF smolaning rentgenofazaviy tahlili**

Sintez qilingan ion almashuvchi smolaga morfologiyasini EDX spektrometri yordamida ham o'rganildi.



**11-rasm. DSDAFF smolasining EDX spektrlari**

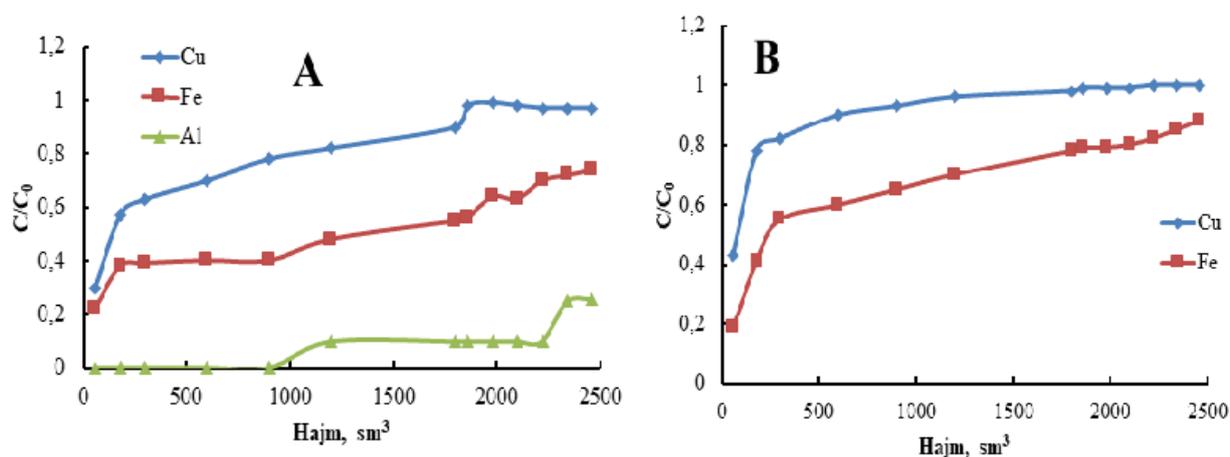
Olingan EDX analizi natijalardan sintez qilingan ion almashuvchi smolaning tarkibidagi elementlarning miqdorini, hosil qilgan smolaning kimyoviy tarkibi va konsentratsiyasini ko'rishimiz mumkin.

Boshlang'ich DSDAFF namunasining element tahlili

Element	Line	Mass %	Atom%
N	K	52.15±0.10	49.59±0.09
C	K	38.27±0.03	42.44±0.03
O	K	9.58±0.05	7.97±0.05
Total	K	100.00	100.00

Bundan tashqari bu yerdan ko'rishimiz mumkinki, azot miqdori C elementiga nisbatan ko'proq ekanligini ko'rsatadi. C-miqdori 38.27±0.03% dan 42.44±0.03 oshgan, N miqdori esa 52.15±0.01% dan 49.59±0.09% gacha kamayganini ko'rishimiz mumkin, bu esa sintez qilish jarayonida smola tarkibidagi azot ammiak gazi holida ajralib chiqishi sababli kamayadi deyish mumkin.

Kolonkada sorbsiyalash tajribalari asosida DSDAFF va PMKI uchun eng yaxshi yutilish egri chiziqlari ko'rsatilgan. Egri chiziqlar faqat galvanik element tarkibida ko'p miqdorda bo'lgan  $\text{Cu}^{2+}$  uchun olingan. Ushbu tajribalarda galvanik element tarkibidagi eritmalar (10 marta suyultirilgan) akril kolonkalar (balandligi: 6,0 sm, diametri: 4,3 sm) tarkibidagi qatronlardan (20 g) 60 sm<sup>3</sup>/min oqim tezligida o'tkazildi. Bu raqamlar DSDAFF  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarining to'yinganlik nuqtasi 60 sm<sup>3</sup>/min oqim tezligida taxminan 100 ppm  $\text{Cu}^{2+}$  bo'lgan 1860 sm<sup>3</sup> qoldiq eritmada o'tgandan keyin sodir bo'lganligini ko'rsatadi. O'z navbatida, PMKI to'yinganlik nuqtasi 2220 sm<sup>3</sup> eritma qoldig'i elyuirlanganidan keyin sodir bo'lishini ko'rish mumkin.



12-rasm. DSDAFF (a) va PMKI (b) uchun eng yaxshi yutilish egri chiziqlari

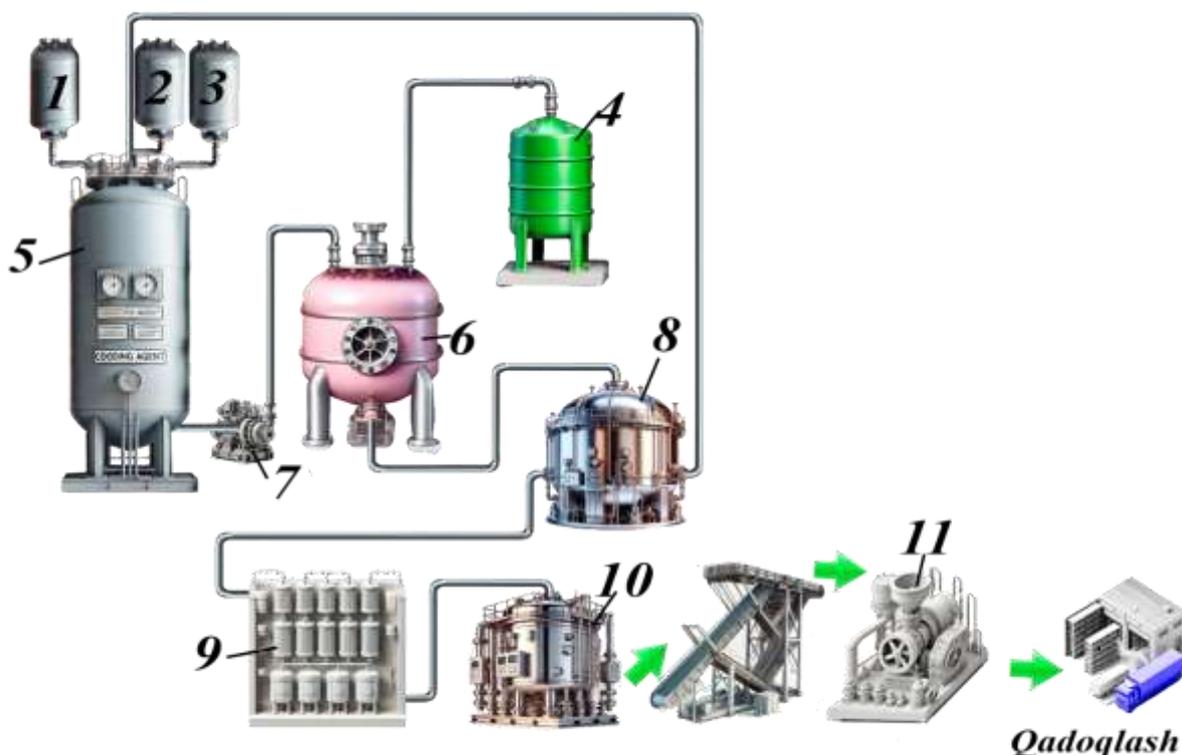
Mis o'zining yaxshi plastikligi, egiluvchanligi va kimyoviy korroziyaga chidamliligi kabi foydali fizik va kimyoviy xossalari tufayli ko'plab sanoat tarmoqlarida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Galvanik element qoldiq eritmalarini ikkala qatron bilan to'ldirilgan kolonkalar orqali o'tkazish, so'ngra 2,4 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yoki 2,0 M HCl bilan regeneratsiya qilish orqali galvanik element qoldig'idan misning olinishiga erishildi. Galvanik element tarkibidan  $\text{Cu}^{2+}$  ionlarini tanlab olish uchun fraksiyalangan cho'ktirishning maqsadga muvofiqligi o'rganilgan, lekin  $\text{Cu}^{2+}$  va

Fe<sup>3+</sup> bir xil pH oralig'ida cho'kadi.

Shunday qilib, DSDAFF ning sorbsion qobiliyati q<sub>e</sub> 0,1-1,9 mg/g Cu<sup>2+</sup> ionlari uchun, 0,01-0,6 mg/g Fe<sup>3+</sup> ionlari uchun 0,2-0,4 mg/g Al<sup>3+</sup> ionlari uchun teng ekanligi aniqlangan. O'z navbatida, PMKI uchun q<sub>e</sub> qiymatlari metall konsentratsiyasi va ta'sir vaqtiga qarab Cu<sup>2+</sup> uchun 0,01 dan 0,4 mg/g gacha va Fe<sup>3+</sup> uchun 0,01 dan 0,2 mg/g gacha o'zgarib turadi. Kinetik tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, psevdolikkinchi tartibli model ikkala ion almashinadigan qatronlarda eksperimental va prognoz qilingan ion adsorbsiya tezligi o'rtasida eng yaxshi moslikni ta'minladi. Ikki smoladagi Cu<sup>2+</sup> va Fe<sup>3+</sup> ning adsorbsion muvozanati Freundlix izotermasidan keyin sodir bo'ldi. 100 ppm da Cu<sup>2+</sup> kolonka balandligi: 6,0 sm va d: 4,3 sm, oqim tezligi 60 sm<sup>3</sup>/min bo'lgan kolonkadagi 20,0 g qatronlar orqali 1860 va 2220 sm<sup>3</sup> qoldiq eritmani o'tkazgandan keyin sodir bo'ldi. Ustun 2,4 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (kationli) va 2,0 M HCl (anionli) yordamida beshta sorbsiya-desorbsiya tsikli o'rganildi.

Dissertatsiyaning **“Ion almashuvchi ionitlar olishning texnologik sxemasi va texnik-iqtisodiy samaradorligi”** deb nomlangan to'rtinchi bobida suvlarni metall ionlaridan tozalash uchun ionitlar olishning texnologik sxemasi ishlab chiqilganligi va texnik iqtisodiy asoslanganligi haqida gap boradi.

Reseptura bo'yicha o'lgangan 5-reaktorga 1,2 va 3 idishlardan boshlang'ich mahsulotlar, ya'ni disiandiamid, formaldegid va ftal kislota diamidi solib, reaksiya aralastirib turgan holda olib borildi.



1,2,3-Disiandiamid, formaldegid va ftal kislota diamidi uchun sig'im; 4- suv uchun sig'im. 5- va 6-reaktorlar. 7-nasos. 8-9-filtrlar. 10-quritish apparati. 11-maydalagich.

**12-rasm. Ion almashuvchi ionitlar olishning texnologik sxemasi**

Raksiya issiqlik ajralishi bilan sodir bo'ladi. Shuning uchun reaksiyani olib borishda haroratni 70°C oralig'ida olib borish tavsiya etiladi. Sababi yuqorida aytilganidek haroratni ushlab turilmasa reaksiyaga kirishayotgan moddalar o'zaro ta'siri natijasida katta miqdorda energiyaning chiqishi reakrotdagi mahsulotlarni hosil bo'lishini tezlashtirib yuborishi mumkin. Ikkita boshlang'ich moddalar o'zaro ta'sirlashishi natijasida reaksiya mahsulot hosil bo'la boshlaydi. Reaksiya davri 4 soat vaqtda amalga oshadi. Bunda reaksiya davomiyligi 4 soatni tashkil qiladi. Reaksiya natijasida disiandiamid-formaldegid-ftal kislota diamidi smolasi hosil bo'ladi. Hosil bo'lgan smolani qo'shimchalardan ajratish uchun avval sovuq holdagi etanol bilan, so'ngra distillangan suv bilan yuvib 8-9 filtrlar yordamida ajratib olinadi va 10 quritish apparati orqali quritiladi. So'ngra hosil bo'lgan smola issiq suvda yuvilib, Reaktorda o'zaro aralashtirish natijasida smola cho'kmaga tushadi. Cho'kma ajratib olinib quritiladi va hosil bo'lgan mahsulot maydalagichda maydalanib qadoqlash uchun yuboriladi. Qadoqlangan mahsulot ionit sifatida ishlatiladi. Hosil bo'lgan tayyor ionitlar saqlash omboriga o'tkaziladi va qadoqlab istemolchilarga etkazib beriladi.

### ***Ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy samaradorligi***

Tadqiqotlar natijasiga ko'ra sintez qilingan ionitlar, bular asosan polimer materiallarning o'zaro ta'siriga ko'ra turli sohalarida ishlatiladi. Ionitlar olish texnologiyasini ishlab chiqish mavzusidagi yangi tarkibida azot va kislorod saqlovchi ionitlari sintez qilingan. Ionitlarni qo'llash bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida: ionitlar qo'llanilgan ion almashuvchi materiallar «Muborak gazni qayta ishlash» MCHJ korxonasiida texnik suv tayyorlashda amaliyotga joriy qilingan. («O'zbekneftgaz» AJ «Muborak gazni qayta ishlash zavodi» ning 2022 yil 23 maydagi 522/GK-05-son ma'lumotnomasi). Natijada, ionitlar asosida ishlab chiqarilayotgan ionitlarning ekspluatasion xossalariining oshish imkonini bergan va import qilinadigan ionitlar o'rnini bosuvchi mahalliy mahsulot sifatida qo'llanildi.

**3-jadval.**

### **1 tonna Ion almashuvchi DSDAFF ionitning tannarxi**

<b>№</b>	<b>Nomlanishi</b>	<b>Narxi, so'm</b>
1	Ishchilar maoshi	2 200 000
2	Yagona ijtimoiy to'lov, 12%	264 000
3	Xomashyo narxi	18 213 200
4	Qo'shimcha harajatlar (shu jumladan issiqlik va elektr uchun)	1 000 000
5	Ko'zda tutilmagan harajatlar	300 000
6	Foyda, 25%	4 553 000
<b>Jami</b>		<b>26 530 200</b>
7	QQS, 12%	3 183 624
<b>Umumiy</b>		<b>29 713 824</b>
Purolite C100E xorijiy sanoat sorbenti narxi		37 000 000
<b>Iqtisodiy samaradorlik</b>		<b>7 286 176</b>

Ko‘rinib turibdiki, 1 tonna mahsulot ishlab chiqarish uchun barcha harajatlar 29 713 824 so‘mga teng ekanligi hisoblab topildi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, yangi olingan ionitlar yordamida sanoat-korxonalarining chiqindi suvlari tarkibidagi og‘ir metallarni tozalashda kutilgan iqtisodiy samaradorlikga erishiladi.

## XULOSALAR

1. Sintez qilingan disiandiamid-formaldegid-ftal kislota diamidi smolani 70-90°C haroratda, 1:2:1 nisbada 4 soat davomida reaksiyasi olib borilib, DSDAFF markali ionitlar olishning optimal reaksiya sharoitlari taklif etildi.

2. Sintez qilingan N-metakriloilkrotonilidenimin polimerlanishi DAK inisiatori ishtirokida 80°C haroratda, 6 soat davomida reaksiyasi olib borilib, PMKI markali ionitlar olishning optimal reaksiya sharoitlari taklif etildi.

3. Sintez qilingan ionitlarning fizik-kimyoviy xossalari IQ-spektroskopiya usulidan foydalangan holda tahlil qilindi. Amino va metilol guruhlar hisobiga Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining yutilish chastotalaridagi siljish natijalari o‘rganilgan va ionitlarni tuzilish formulalari keltirilgan.

4. DSDAFF va PMKI ionitlarining termogravimetrik va differensial termik analizi natijalariga ko‘ra, ionitlarni qizdirish jarayonida birikmalar tuzilishining barqarorligi va egri chizig‘i natijalari tahlili keltirilgan. Skanerlovchi elektron mikroskopi yordamida olingan yangi ion almashuvchi ionitlarning va ba‘zi metallar bilan sorbsiyasining morfologik xususiyatlari tahlil qilingan.

5. Sintez qilingan ionitlarda sorbsiya izotermasi mis (II) va temir (III) ionlari bo‘yicha o‘rganildi va olingan natijalar grafik ko‘rinishida berildi. Ionitlarning sorbsiya jarayoni Lengmyur hamda Freyndlix izotermalari yordamida qayta ishlangan bo‘lib, uning turli haroratlardagi barqarorlik doimiysini aniqlangan hamda kompleks hosil qiluvchi ionitlarda ba‘zi metall ionlari sorbsiyasining pH muhitga bog‘liqligi o‘rganilgan.

6. Sintez qilingan ion almashuvchi ionitlarning kimyoviy barqarorligi kuchli kislota va ishqorlarning 10% li eritmaları kabi turli agressiv muhitlarda sinovdan o‘tkazildi hamda ushbu ionitlarning statik almashinish sig‘imining kamayishi 7-9 marta sorbsiya-desorbsiya siklida 6-10% ni tashkil etishi ko‘rsatildi. Olingan DSDAFF va PMKI ionitlarini kuchsiz kislotali muhitda metall ionlarini sorbsiyalashga tavsiya etildi.

7. Tarkibida azot va kislorod bo‘lgan ion almashuvchi polifunksional ionitlar olish texnologiyasi ishlab chiqildi va texnik-iqtisodiy asoslandi. Ionitlar olish texnologiyasi “Muborak gazni qayta ishlash zavodi” MCHJda sanoat oqava suvlarini ayrim metall ionlaridan tozalash uchun amaliyotda qo‘llashga tavsiya etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.16/30.12. 2019.К/Т.87.01 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**МАМАЖОНОВ БАХОДИР МАДАМИНОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ  
ИОНИТОВ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО СИРЯ**

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

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2022.2.PhD/T2778

Диссертация выполнена в Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице по адресу [www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу [www.ziyo.net/uz](http://www.ziyo.net/uz)

**Научный руководитель:** Бекпазаров Хасан Сойибпазарович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Нуркулов Файзулла Нурмуминович  
доктор технических наук, профессор  
Мяхкамов Музаффар Абдугаппорович  
доктор химических наук, профессор

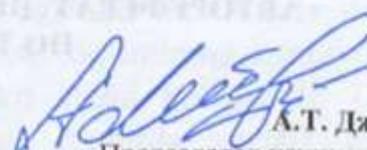
**Ведущая организация:** Термезский государственный университет

Защита диссертации состоится 24 февраля 2025 г. в «9<sup>00</sup>» часов на заседании Ученого совета DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 при Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 111116, Ташкентская область, Ташкентский р.-н, ул. Шурабазар, тел: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz).

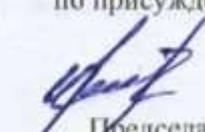
Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии за № 2025/01, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (111116, Ташкентская область, Ташкентский р.-н, п.о.Шурабазар, тел: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

Автореферат диссертации разослан «04» февраль 2025 года.  
(протокол рассылки № 2025/01 от «04» февраль 2025 года).



  
А.Т. Джалилов  
Председатель научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.х.н., проф., академик

  
Ш.Н. Киёмов  
Ученый секретар научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., с.н.с.

  
Ф.Н. Нуркулов  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., проф.

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В настоящее время потребность в ионитах с высокой сорбционной способностью для извлечения ионов металлов из сточных вод промышленных предприятий и их обезвреживания растет во всем мире. В связи с этим разработка технологии получения ионитов с высокой сорбционной емкостью, селективным воздействием, устойчивых в различных средах, с функциональными группами, оказывающими сильное влияние на ионы металлов, а также совершенствование существующих технологий очистки промышленных сточных вод имеют важное значение.

В мире ведутся научные исследования по улучшению свойств органоэлементных соединений, содержащих N, P и S, которые включают активные функциональные группы, с целью синтеза новых видов сорбентов на основе органических ионитов и их эффективного использования. В данном направлении особое внимание уделяется упрощению процесса получения ионитов с высокой сорбционной способностью, созданию новых видов сорбентов, работающих в различных агрессивных средах, разработке механически прочных материалов с возможностью целенаправленного изменения сорбционных свойств, а также расширению областей их применения.

В нашей республике достигаются научные и практические результаты по производству новых видов импортзамещающие ионитов на основе местного сырья и вторичных продуктов и испытанию их сорбционных свойств. «Государственная программа по реализации стратегии развития нового Узбекистана на 2022–2026 годы» определяет важные задачи, направленные на «создание технологий производства импортзамещающей продукции из местного сырья и вторичных ресурсов»<sup>1</sup>. В связи с этим важна разработка экологически чистых, экономически эффективных и инновационных технологий получения новых высокоэффективных ионитов из местного сырья для очистки промышленных сточных вод от вредных компонентов и ионов металлов.

Указ Президента Республики Узбекистан №ПФ-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы», 7 февраля 2017 года «О Стратегии развития Республики Узбекистан на 2017 год- 2022 г. Решения PQ-3236, № PQ-4947, № 28, 2022 г., «О Стратегии действий по дальнейшему развитию», № PQ-3236, № 23, 2021 г. Настоящее диссертационное исследование служит в определенной степени реализации задачи, определенные в решении PQ-3983 «Об опережающем развитии химической промышленности Республики Узбекистан» от 25 августа 2018 года и других нормативно-правовых документах, связанных с данной деятельностью.

### **Соответствие исследования основным приоритетным направлениям**

---

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

**развития науки и технологий Республики.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан VII «Химическая технология и нанотехнология»

**Степен изученности проблемы.** О производстве чистой питьевой воды и добыче металлов в мире Ж. Перез-Арантегуи, Ж. Молера, А. Ларреа, С. Падовани, С. Сада, П. Маззолди, А.А. Загородни, А.К. Микитаев Т. Моллер, Н.А. Мукменев, Э.Н. Ҳ. Лауделоут, Р. ван Бладел, Г. Ҳ. Болт, Ҳарланд С.Э., Ҳорнг, Л.Л.; Слиффорд, Д и учение Узбекистана А.Т. Жалилов, О.С. Махсумова, А. Икромов, З.А. Тожихўжаев, Туробжонов С.М., Х.И. Акбаров, М.Г. Мухамедиэв и другие ученые проводили научные исследования.

Этими учеными проведены научные исследования, направленные не только на развитие технологий производства ионно-обменных ионитов, включая аниониты и катиониты, на основе органических соединений, содержащих азот, серу и фосфор, но и на синтез высокоэффективных органоэлементных ионно-обменных ионитов, содержащих N, P и S, на основе стирола, дивинилбензола, фенолформальдегида, акриламидов и их металлических комплексов.

На современном этапе развития научных работ и практических разработок в области производства чистой питьевой и технической воды для промышленности проводятся научные исследования по эффективности использования ионообменных ионов и производству и практическому использованию новые типы анионов и катионов.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, где выполняется диссертация.** Диссертационные исследования в соответствии с планом НИР Ташкентского химико-технологического института ФЗ-201908169 «Разработка новых эффективных нанопористых углеродных сорбентов для плазменной сорбции из синтетических материалов и создание технологии оценки биосовместимости» (2020-2022 годы) и ПЗ-201709285. проводилос в рамках практических и инновационных проектов по теме «Разработка технологии производства химически прочного активированного угля на основе местного сырья для сорбции золота в растворе» (2018-2020 гг.).

**Целью исследования** является разработкой технологии получения органических ионитов с высокими сорбционными свойствами на основе вторичного сырья.

**Задачи исследования:**

определение оптимальных условий синтеза ионитов, содержащих азот, на основе кротонилиденимина, метилметакрилата, дициандиамида, формальдегида и диамида фталевой кислоты;

анализ состава и структуры синтезированных ионитов с использованием физико-химических методов, а также научное обоснование влияния функциональных групп на их сорбционные свойства;

определение сорбции ионов металлов и статической обменной емкости синтезированных ионитов;

разработка технологии получения ионитов на основе вторичного сырья и

технико-экономическое обоснование их эффективности.

**В качестве объекта исследования** выбраны органические соединения, такие как кротонилиденимин, метилметакрилат, дициандиамид, диамид фталевой кислоты и формальдегид, а также ионно-обменные материалы (иониты), синтезируемые на их основе.

**Предметом исследования** синтезированные ионно-обменные иониты изучаются с точки зрения методов их синтеза, технологии получения, сорбционной емкости, сорбции отдельных металлов, влияния различных факторов на процесс сорбции, а также процессов десорбции.

**Методы исследования.** В ходе исследований структура и состав полученных ионитов изучались с использованием физических и химических методов, таких как ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия (SEM), элементный анализ, термогравиметрический и дифференциальный термический анализ (TG-DTA), спектрофотометрия и комплексонометрия.

#### **Научная новизна исследования.**

синтезированы новые иониты. на основе кротонилиденимина, метилметакрилата, диамида фталевой кислоты, дициандиамида и формальдегида;

оптимальные условия синтеза, состав и структура полученных ионитов определены с помощью физико-химических методов;

научно доказано влияние гидроксильных, аминных и метилольных групп на структуру, физико-химические свойства и степен сорбции синтезированных ионитов;

определены статические обменные ёмкости синтезированных ионитов по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ , а также установлена последовательность сорбции этих металлов на полученных ионитах;

разработана технология получения ионитов на основе кротонилиденимина, метилметакрилата, диамида фталевой кислоты, дициандиамида и формальдегида.

#### **Практические результаты исследования.**

определены оптимальные параметры технологического процесса получения высокоэффективных ионитов на основе вторичного сырья;

разработаны механизмы процесса десорбции для повышения долгосрочной эффективности работы ионитов;

установлено, что синтезированные иониты сохраняют высокие сорбционные и ионно-обменные свойства в различных химически агрессивных средах и термических условиях.

**Достоверность результатов исследований.** Состав и строение всех синтезированных ионообменных ионитов в рамках данного исследования подтверждены современными физико-химическими методами, такими как ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофазовый анализ, а также эффективность поглощения Ионов металлов на основе термодинамических и кинетических законов процесса сорбции изучено и обосновано, что объясняется взаимностью результатов испытаний,

проводимых в экспериментальном и производственном процессах.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в теоретическом обосновании повышения устойчивости новых поколений ионно-обменных материалов, содержащих азот, к высоким температурам и агрессивным химическим средам, выявлении полифункциональных свойств гидроксильных, аминных и метилольных групп в их составе, а также в совершенствовании физических и химических свойств и механизмов влияния на процессы ионного обмена на основе данных материалов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке технологии создания ионно-обменных материалов с высокой сорбционной способностью, которые могут успешно применяться в различных отраслях промышленности, в частности, в системах очистки воды, обезвреживании и извлечении тяжелых металлов, а также в рациональном использовании возобновляемых ресурсов, способствуя их внедрению в практическое применение.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных научных результатов по производству и практическому применению технологии получения синтезированных ионообменных органических ионитов:

органические иониты, полученные на основе кротонилиденимина и метилметакрилата, внедрены в практику на «Мубарекском газоперерабатывающем заводе» АО «Узбекнефтегаз» (справка №522/ГК-05 «Мубарекского ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» от 23 мая 2022 года). В результате уже после 10 циклов сорбции-десорбции было извлечено 98-99% ионов меди;

иониты на основе дициандиамида, диамида фталевой кислоты и формальдегида были внедрены в практику на «Мубарекском газоперерабатывающем заводе» АО «Узбекнефтегаз» (справка №522/ГК-05 «Мубарекского ГПЗ» АО «Узбекнефтегаз» от 23 мая 2022 года). В результате стало возможным производить органические иониты для замены импортных продуктов, предназначенные для очистки промышленных сточных вод.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационной работы были обсуждены на 7 международных и республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе 6 научных статей, 4 из которых опубликованы в зарубежных и в 2 отечественных журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 103 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

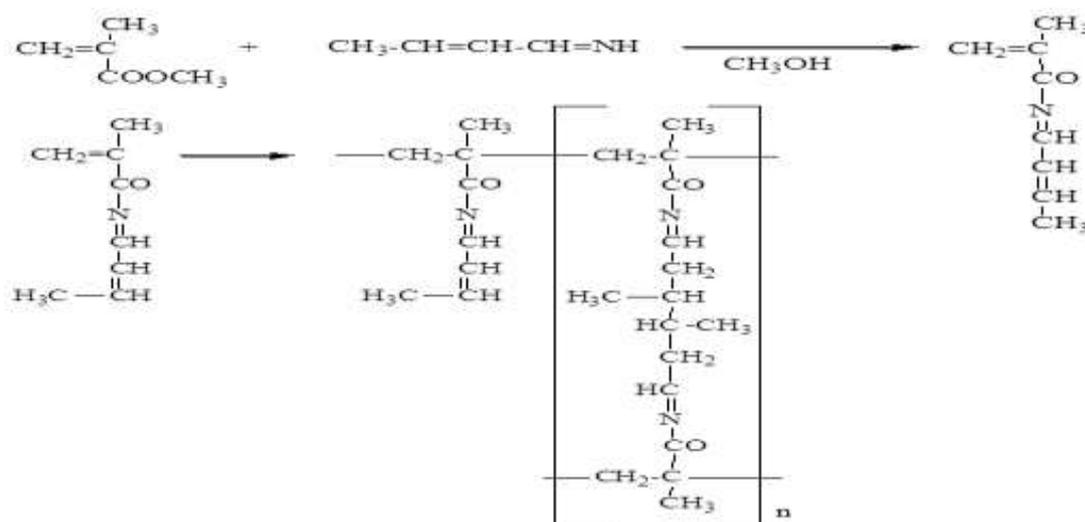
Введение основывается на актуальности и необходимости темы, цели и задачах исследования, описываются объект и предмет, уровень исследования, методы исследования, совместимость исследования с приоритетными

направлениями исследования. Показаны развитие науки и техники Республики Узбекистан, научная новизна и практическая значимость исследования, сведения о внедрении результатов исследования, достоверности, утверждении и публикации результатов, размере и структуре диссертации. представлено.

В первой главе диссертации под названием «**Современные технологии и современные перспективы производства ионообменных ионитов**» подробно изложены результаты исследований по теме, анализ зарубежной и отечественной литературы. Обобщены данные и сделаны научно-аналитические выводы, а на основе информации научной литературы определены цель, задачи, актуальность и значение диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «**СИНТЕЗ ИОНООБМЕННЫХ ИОНИТОВ И МЕТОДЫ ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ**» представлены синтез ионообменных ионитов и кинетика процессов их адсорбции.

Реакция метилметакрилата и кротонилиденимина и процесс полимеризации полученного мономера показаны на рисунке 1.



**Рисунок 1: Процесс полимеризации полиметакрилоилкротонилиденимина (РМКІ).**

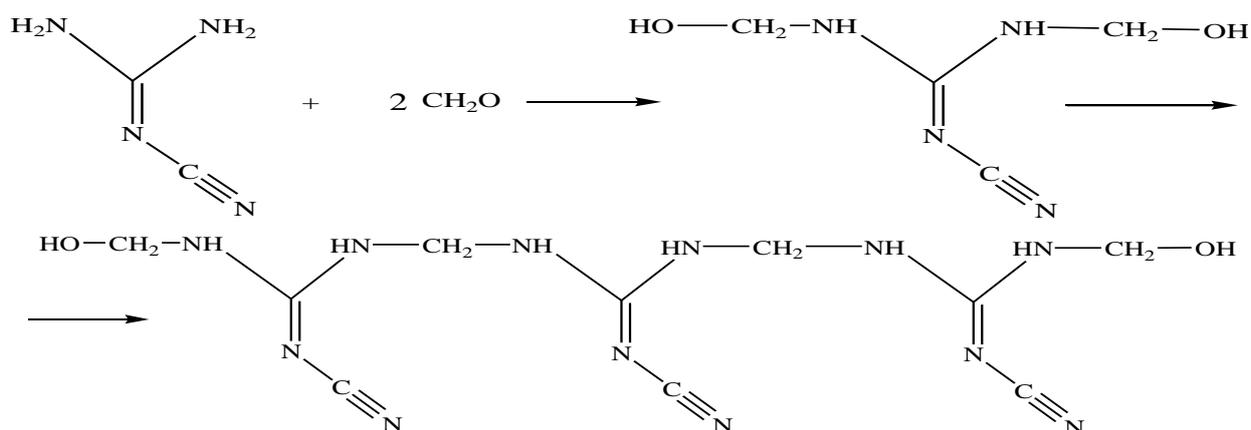
Полиметакрилоилкротонилиденимин (РМКІ) синтезировали путем сшивающей полимеризации, как показано на фигуре 1. Мономер получали реакцией метилметакрилата и кротонилиденимина при 30 °С в течение 48 часов. Процесс полимеризации протекает следующим образом: смесь мономера, исходных мономеров и пероксида бензоила в мольном соотношении 100:1 (31,9 г: 0,84 г) перемешивают при 70 °С в течение 3 часов. Полученный полимер трижды промывали дистиллированной водой для удаления излишков мономеров и сушили перед дальнейшей химической обработкой. Этот опыт также можно усилит взвешенной реакцией. Соотношение реагентов такое же, как указано выше (3,2 кг: 1 кг), но температура реакции составляет 80 °С, что выше, чтобы обеспечит полную полимеризацию.

**Синтез ионита марки (DSDAFF) на основе реакции диамида фталевой кислоты, дициандиамида и формальдегида.**

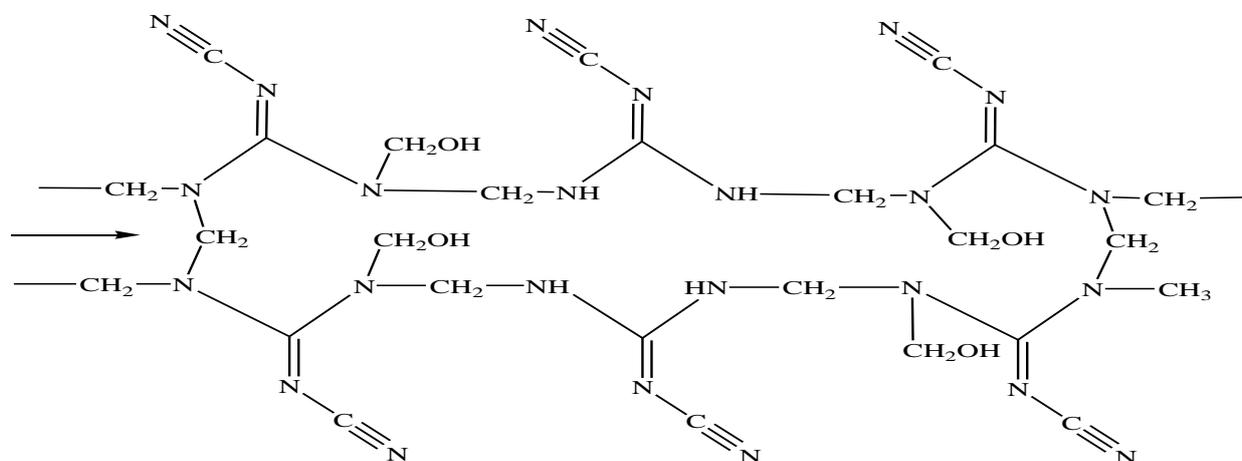
В трехгорлую колбу загружают 13 частей формалина и нагревают до 30-35 0С при перемешивании, в случае 20-30% водного раствора добавляют 0,3-0,4 части уротропина и через 5 мин определяют значение рН. решения определяется. При достижении рН 7,4-8,2 медленно добавляют дициандиамид в течение 6 часов, поддерживая температуру реакционной смеси на уровне 30-35 0С. После полного растворения дициандиамида и диамида фталевой кислоты добавили 0,3 части щавелевой кислоты в виде 20%-ного водного раствора (рН 7,4-8,0) и продолжали процесс до тех пор, пока в полученном растворе не оставалос 10-12% свободного формальдегида. Реакцию поддерживали при температуре 30-35°С и продолжали до достижения рН 5,5-6,0. Повышение температуры конденсации выше 35 °С приводит к экзотермической реакции и образованию твердых нерастворимых продуктов (гелей). Температуру реакции постепенно повышали до 90°С. Выдерживали при этой температуре 60 минут, после чего в ходе реакции начал выпадат белый осадок. По окончании реакции образовавшийся осадок несколько раз промывают дистиллированной водой для удаления непрореагировавшего рмальдегида. Полученное вещество высушивают.

Схему реакции между диамидом фталевой кислоты, дициандиамидом и формальдегидом можно записат следующим образом:

### Реакция первой стадии



### Реакция пристального внимания второй стадии



**Рисунок 2. Схема реакции диамида фталевой кислоты, дициандиамида и формальдегида.**

## Адсорбция паров аммиака с ионитом DSDAFF.

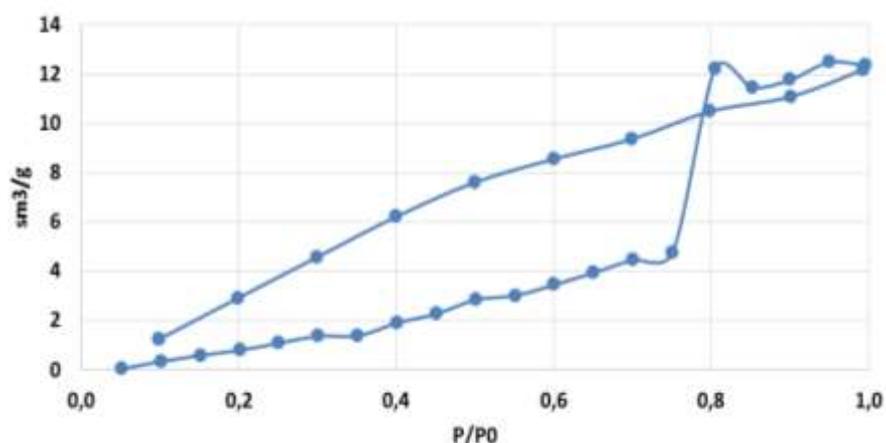
Таблица 1

### Результаты адсорбции паров азота на полученном образце ионообменного ионита DSDAFF.

Относительное давление $P/P_0$	Объем поглощения $см^3/г$	Относительное давление $P/P_0$	Объем поглощения $см^3/г$	Относительное давление $P/P_0$	Объем поглощения $см^3/г$
5.16478e-02	0.0559	5.16478e-01	3.0244	9.93056e-01	12.1916
1.00771e-01	0.3478	6.00763e-01	3.4596	9.00757e-01	11.0837
1.51069e-01	0.5983	6.50663e-01	3.9442	7.98805e-01	10.4927
2.01106e-01	0.8059	7.00630e-01	4.4696	6.99871e-01	9.3748
2.51021e-01	1.0952	7.50831e-01	4.7677	5.99827e-01	8.5594
3.01109e-01	1.3790	8.05174e-01	12.2354	4.99252e-01	7.6086
3.51236e-01	1.3953	8.51881e-01	11.4649	4.00053e-01	6.2274
4.00844e-01	1.9134	9.00427e-01	11.7694	2.98531e-01	4.5694
4.50844e-01	2.2838	9.50206e-01	12.4811	1.99330e-01	2.9332
5.00655e-01	2.8486	9.96583e-01	12.3381	9.82938e-02	1.2492

0,05  $P/P_0$  (отношение пикового давления пара к начальному давлению пара), основной процесс адсорбции, очевидно, будет продолжаться до 0,75  $P/P_0$ , поглощая 4,7677  $см^3/г$ , 0,805  $P/P_0$  и поглощая 12,2354  $см^3/г$ .

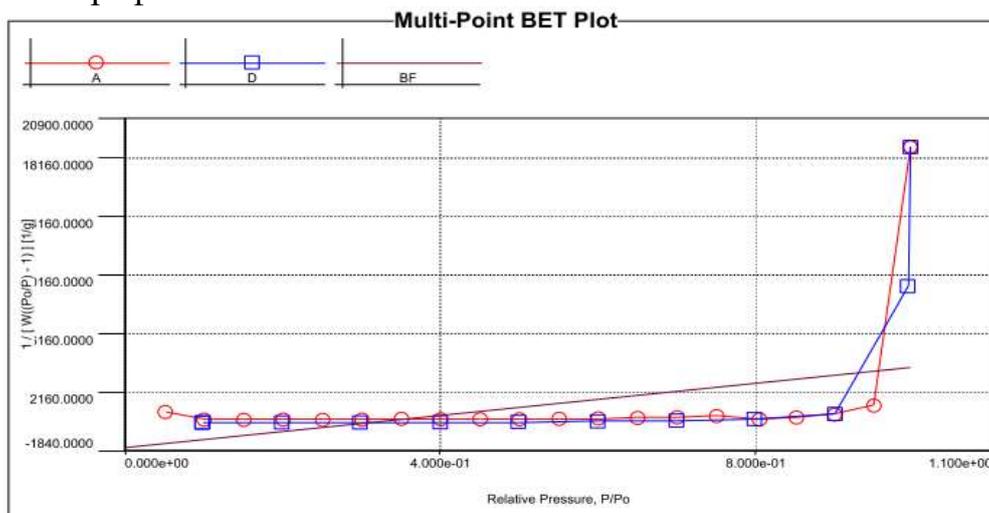
Процесс капиллярной конденсации происходит при 0,85188  $P/P_0$  и при давлении пара 0,851  $P/P_0$  11,4649  $см^3/г$  паров азота образует связь с ионообменником, процесс десорбции происходит при заданном давлении 0,996  $P/P_0$  он имеет был. На основании данных, представленных на рисунке 2.3 и в таблице 2.1, была построена и проанализирована изотерма образца. На образце ионообменника DSDAFF при давлении 0,950  $P/P_0$  максимальная адсорбция паров азота составила 12,4811  $см^3/г$ , и результаты были представлены в виде диаграммы.



**Рисунок 3. Изотермы смолы DCDAFF.**

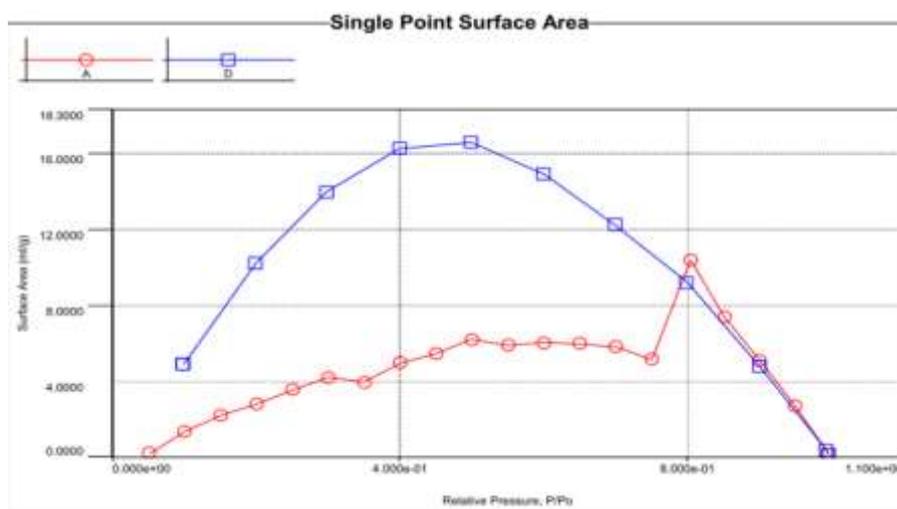
На рисунке 4 показан линейный график уравнения БЭТ  $1/[W(P_0/P - 1)]$  в зависимости от  $P/P_0$ ; для большинства твердых тел област изотермы адсорбции изучается при использовании азота в качестве адсорбата, обычно

$P/P_0$  от 0,05 до 0,35. Это линейное поле используется для исследования пор микропористых материалов при низких относительных давлениях. На рисунке 2.4 показан график многоточечной ставки.



**Рисунок 4. График многоточечной ставки**

Для обычных измерений площади поверхности значения БЭТ приводятся отдельно для адсорбции в каждой точке поглощения. Возможен упрощенный подход с использованием только одной точки изотермы. Значение  $C$  для азота обычно достаточно велико, чтобы показать, что точка пересечения в уравнении БЭТ равна нулю.



**Рисунок 5. Площадь поверхности в точке**

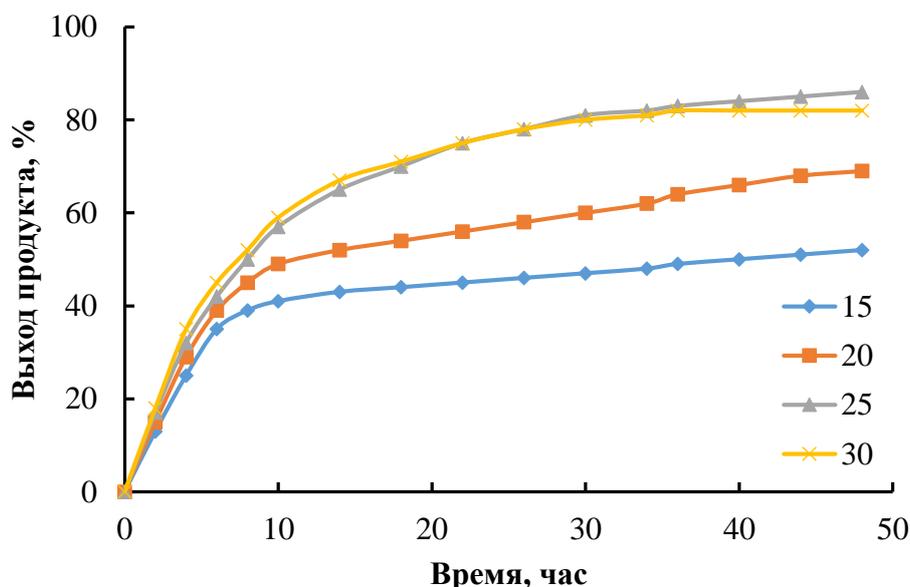
Таким образом, изучение адсорбции паров азота на образцах ионообменника DSDAFF при давлении  $0,950 P/P_0$  показало результат  $12,4811 \text{ см}^3/\text{г}$ . При абсорбции паров азота видно, что пары азота поглощаются до  $0,750 P/P_0$  и  $4,7677 \text{ см}^3/\text{г}$ , после чего наблюдается капиллярная конденсация. Далее предполагается, что пары азота связываются с ионообменником, после чего происходит процесс десорбции при заданном давлении  $0,996 P/P_0$ .

В третьей главе диссертации под названием «**Получение ионообменных ионитов на основе вторичного сырья и изучение их физико-химических свойств**» представлены результаты закономерностей образования полимеров

в результате взаимодействия метилметакрилата и кротониденимина.

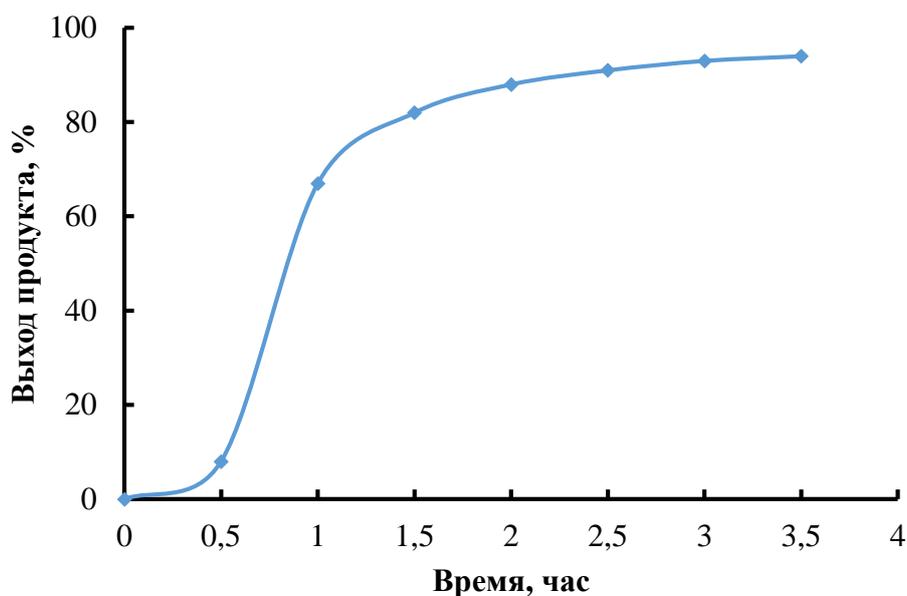
Видно, что оптимальная температура реакции метилметакрилата и кротониденимина составляет 25°C. Аналогичные результаты можно получить и при 30°C, но видно, что выход реакции несколько ниже, чем при 25°C. Из результатов эксперимента видно, что при 25°C она составила 86,8%. Оптимальное время реакции было принято 48 часов, так как через 48 часов видно, что выход реакции практически не меняется.

На второй стадии реакции провели реакцию полимеризации синтезированного N-метакрилоилкротонилиденимина в присутствии инициатора. Современные качественные ионообменники реализуются преимущественно за счет перекрестной полимеризации мономеров в водной среде, в которой в результате взаимодействия мономеров образуется полимерный продукт. В связи с этим особый интерес представляет полимеризация мономера N-метакрилоилкротонилиденимина, поскольку N-метакрилоилкротонилиденимин хорошо растворим в воде и имеет полярную группу, и эти свойства должны влиять как на образование полимер-мономерных частиц, так и на кинетику полимеризации.



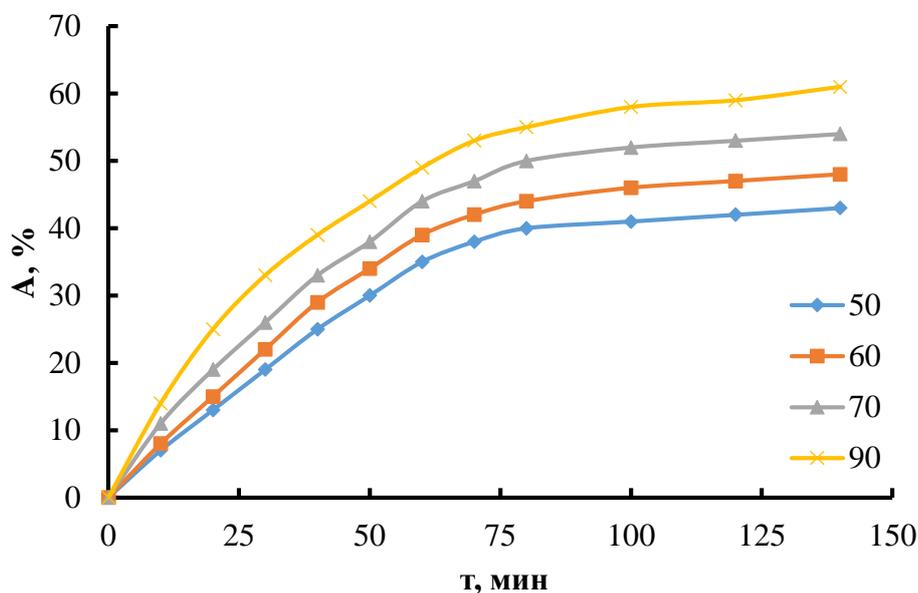
**Рисунок 6. График воздействия метилметакрилата и кротониденимина при различных температурах 15, 20, 25 и 30°C.**

Также мы можем видеть зависимость выхода полимеров от продолжительности реакции, они имеют S-образную форму, процесс является самоускоряющимся. В то же время выход полимера не сильно зависит от состава реагирующей смеси мономеров, и при изменении количества N-метакрилоилкротонилиденимина в смеси от 1,7 до 8 мол% наблюдается определенная тенденция к увеличению скорости реакции полимеризации и выход полимера увеличивается. Это показывает, что мономер N-метакрилоилкротонилиденимина обладает большей реакционной способностью при более высоких концентрациях, что, вероятно, связано с наличием двух ненасыщенных связей в мономере.



**Рисунок 7. Зависимость выхода полимеризации мономера N-метакрилоилкротонилиденимина от продолжительности реакции.**

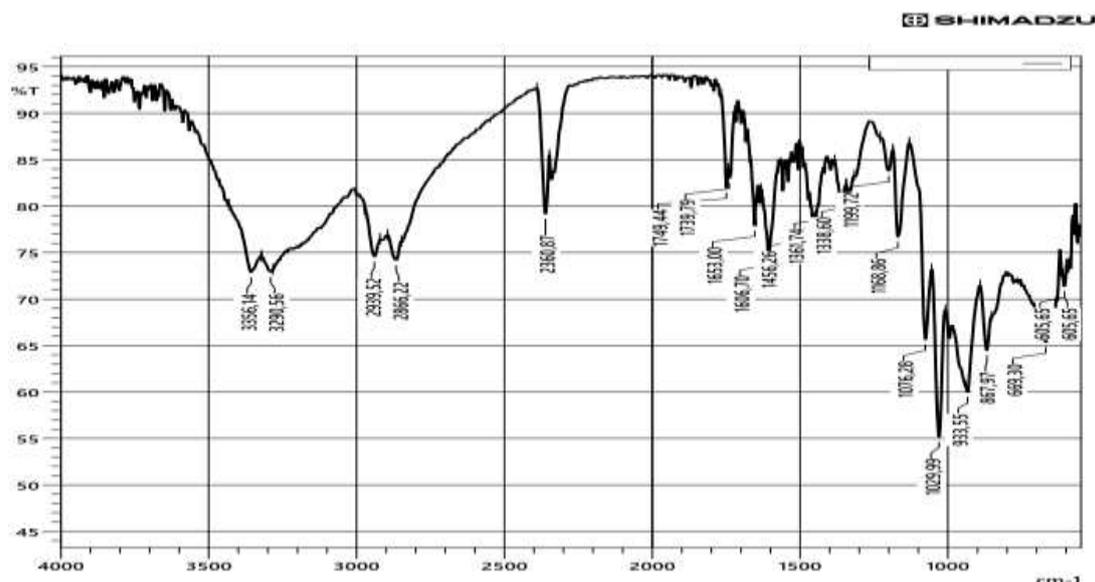
Реакция взаимодействия дициандиамида, диамида фталевой кислоты и формальдегида проводилась в водной среде с использованием 40%-ного формалина. Скорость поликонденсационной реакции изучалась при различных температурах: 50, 60, 70, 80 и 90 °С.



**Рисунок 8. Степень завершения поликонденсации дициандиамида и диамида фталевой кислоты с формальдегидом при различных температурах.**

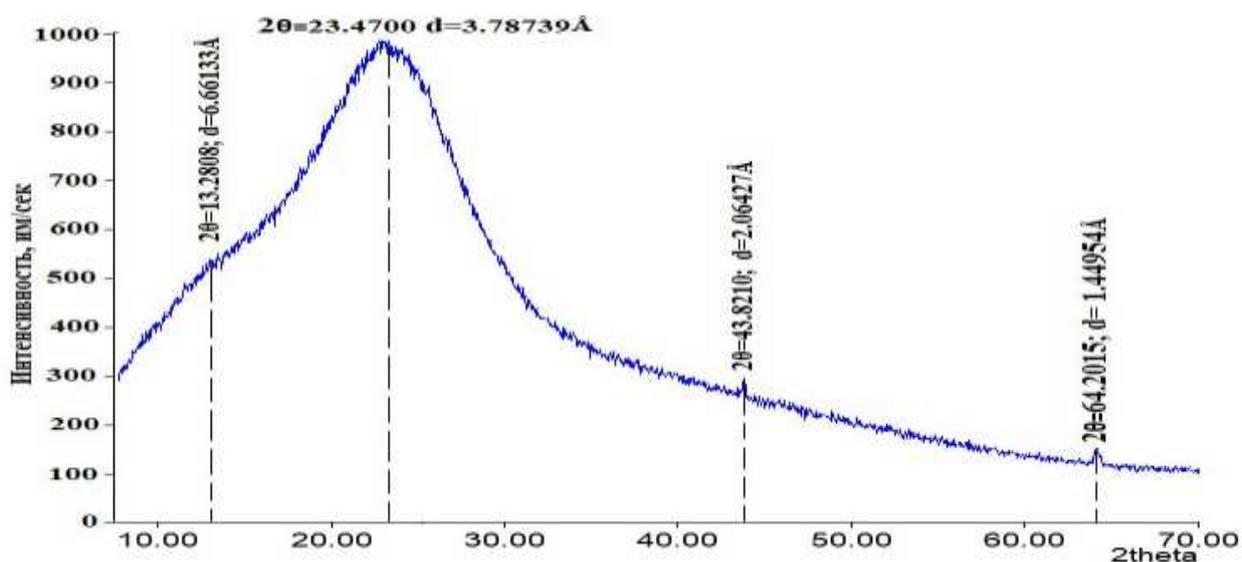
При этом соотношение реагирующих исходных веществ составляло 1:2. Представлен ИК-спектр смолы дициандиамид-формальдегид-диамид фталевой кислоты. Из полученных данных ИК-спектроскопии видно, что в области 3356-3290 см<sup>-1</sup> видно валентное колебательное поглощение,

соответствующее оставшимся в макромолекуле –ОН-группам метилольной группы. В области 1749-1739 см-1 можно увидеть четвертично-аммонийное появление некоторых азотистых элементов. В областях 1633-1606, 605-669 см-1 видна линия поглощения деформации, принадлежащая связям CO–N.



**Рисунок 9. ИК-спектр смолы дициандиамид-формальдегид-диамида фталевой кислоты.**

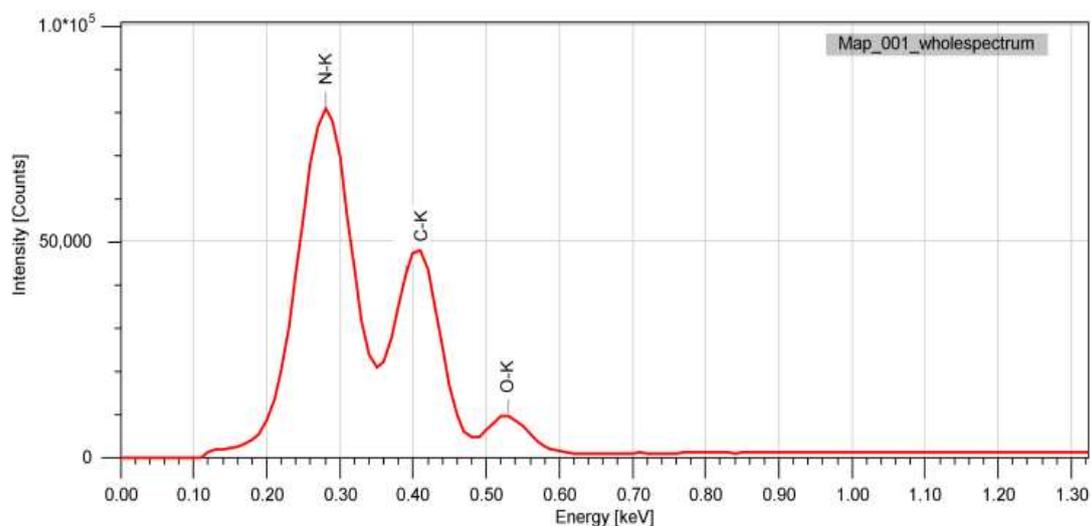
Приведен рентгенофазовый анализ смолы DSDAFF, который проявляется на пиковых углах в четырех фазах. Из этих углов 3 образуются при малых интенсивностях и один при большом угле (2-й = углы 13, 43 и 63 градуса), пик при большой интенсивности наблюдается только под углом 23 градуса. Из дифрактограммы видно, что полученные пики показывают, что композиция смолы находится в аморфном состоянии, а кристаллическое состояние практически не наблюдается. Второй угол — это угол между детектором и падающим рентгеновским лучом.



**Рисунок 10. Рентгенофазовый анализ смолы DSDAFF**

Морфологию синтезированной ионообменной смолы также изучали с

помощью EDX-спектрометра.



**Рисунок 11. EDX-спектры смолы DSDAFF**

По полученным результатам EDX-анализа можно увидеть количество элементов в синтезированной ионообменной смоле, химический состав и концентрацию полученной смолы.

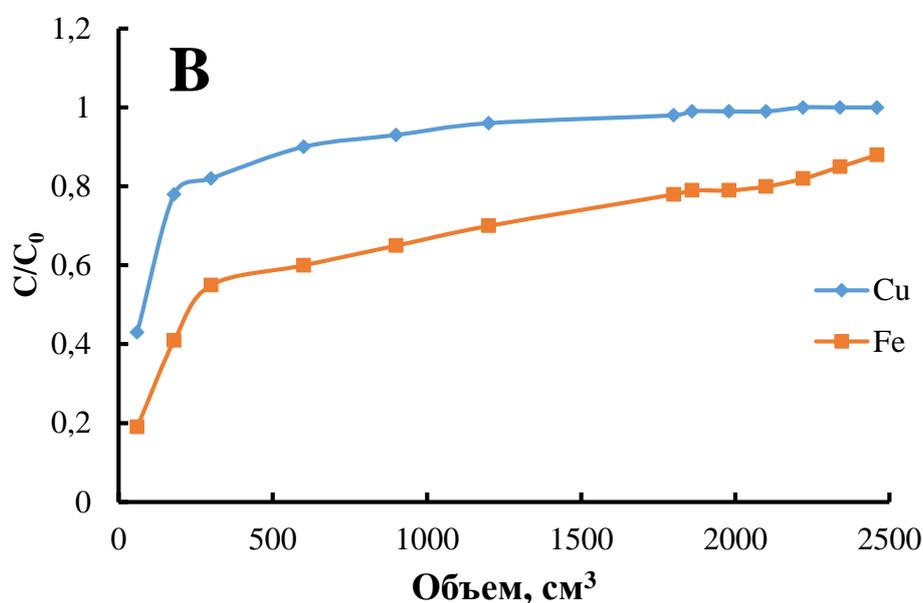
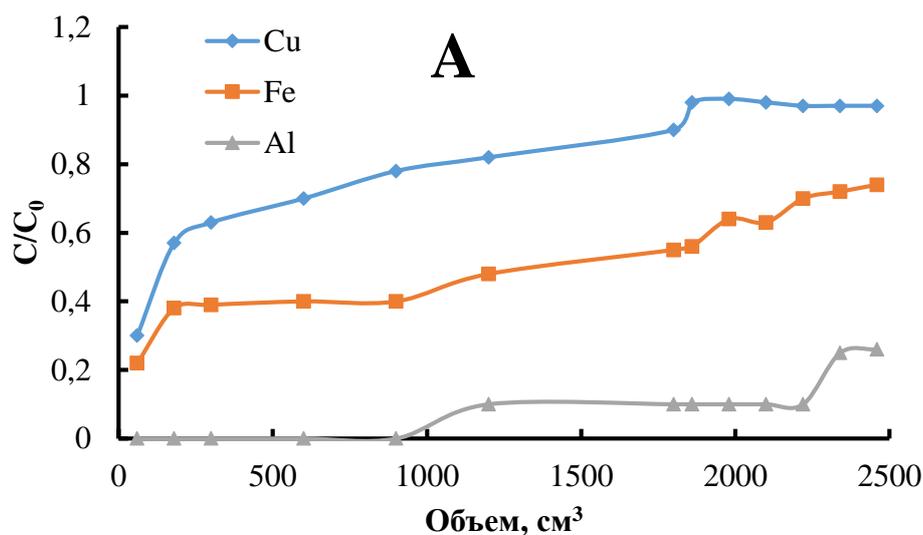
**Таблица 2.**

**Элементный анализ исходного образца DSDAFF**

Element	Line	Mass %	Atom%
N	K	52.15±0.10	49.59±0.09
C	K	38.27±0.03	42.44±0.03
O	K	9.58±0.05	7.97±0.05
Total	K	100.00	100.00

Кроме того, мы видим здесь, что содержание азота превышает содержание элемента С. Видно, что количество С увеличилось с  $38,27 \pm 0,03\%$  до  $42,44 \pm 0,03$ , а количество N уменьшилось с  $52,15 \pm 0,01\%$  до  $49,59 \pm 0,09\%$ , что можно назвать следствием снижения выделения азот в виде газообразного аммиака в смоле во время синтеза.

На основе сорбционных экспериментов в колонке показаны наилучшие изотермы поглощения для DSDAFF и ПМКИ. Кривые получены только для  $\text{Cu}^{2+}$  в больших количествах в гальваническом элементе. В этих экспериментах растворы гальванических элементов (разбавленные в 10 раз) пропускали через смолу (20 г) в акриловых колонках (высота: 6,0 см, диаметр: 4,3 см) со скоростью потока  $60 \text{ см}^3/\text{мин}$ . Эти данные показывают, что точка насыщения для ионов  $\text{Cu}^{2+}$  на DSDAFF достигается после прохождения примерно  $1860 \text{ см}^3$  остаточного раствора с концентрацией около 100 ppm  $\text{Cu}^{2+}$  при скорости потока  $60 \text{ см}^3/\text{мин}$ . В свою очередь видно, что точка насыщения ПМКИ наступает после элюирования  $2220 \text{ см}^3$  остатка раствора.



**Рисунок 12. Наилучшие кривые поглощения для DSDAFF (а) и PMKI (б).**

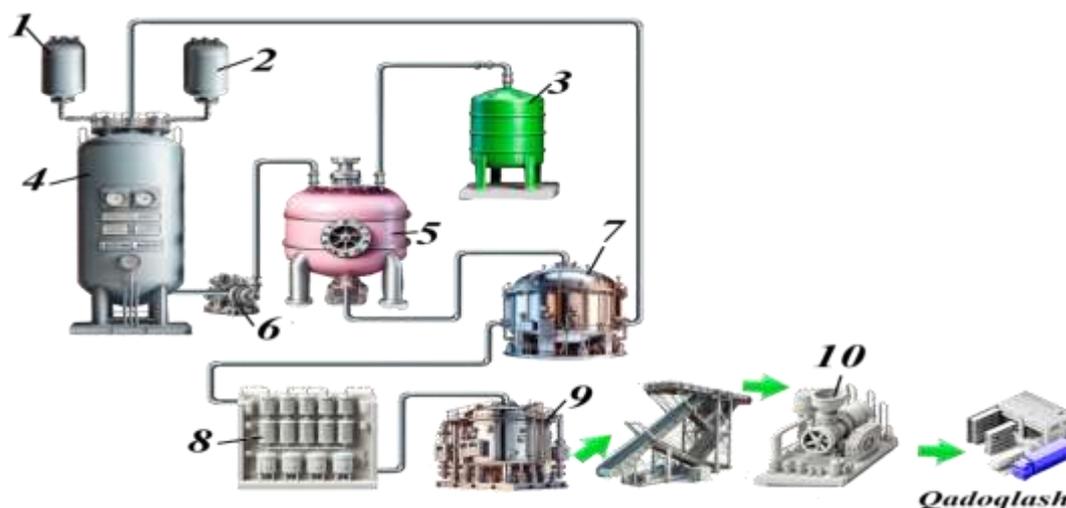
Мед играет решающую роль во многих отраслях промышленности благодаря своим полезным физическим и химическим свойствам, таким как хорошая пластичность, пластичность и стойкость к химической коррозии. Извлечение меди из остатков гальванических элементов осуществляли пропусканием растворов остатков гальванических элементов через колонки, заполненные обеими смолами, с последующей регенерацией 2,4 М H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или 2,0 М HCl. Фракционное осаждение было изучено для отбора ионов Cu<sup>2+</sup> из гальванического элемента, но Cu<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> осаждаются в том же диапазоне pH.

Таким образом, было установлено, что сорбционная способность DSDAFF составляет 0,1–1,9 мг/г для ионов Cu<sup>2+</sup>, 0,01–0,6 мг/г для ионов Fe<sup>3+</sup> и 0,2–0,4 мг/г для ионов Al<sup>3+</sup>. В свою очередь значения q<sub>e</sub> для ПМКИ изменяются от 0,01 до 0,4 мг/г для Cu<sup>2+</sup> и от 0,01 до 0,2 мг/г для Fe<sup>3+</sup> в зависимости от

концентрации металла и времени воздействия. Кинетические исследования показали, что модел псевдвторого порядка обеспечивает наилучшее соответствие экспериментальных и прогнозируемых скоростей адсорбции ионов на обеих ионообменных смолах. Адсорбционное равновесие  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в двух смолах соответствовало изотерме Фрейндлиха.  $\text{Cu}^{2+}$  при 100 ppm возникала после пропускания 1860 и 2220  $\text{см}^3$  остаточного раствора через 20,0 г смолы в колонке высотой 6,0 см и  $d$  4,3 см, скорост потока 60  $\text{см}^3/\text{мин}$ . Изучено пят циклов сорбции-десорбции на колонке с 2,4 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (катионная) и 2,0 М  $\text{HCl}$  (анионная).

В четвертой главе дипломной работы под названием «Технологическая схема и технико-экономическая эффективность получения ионообменных ионитов» рассказывается о разработке технологической схемы получения ионитов для очистки воды от ионов металлов и ее технико-экономических основах.

Согласно рецептуре, в реактор №5 из емкостей 1, 2 и 3 добавлены исходные материалы — дициандиамида, формальдегид и диамида фталевой кислоты, и реакция проводилас при постоянном перемешивании.



- , 2, 3 — ёмкости для дициандиамида, формальдегида и диамида фталевой кислоты; 4 — ёмкост для воды; 5 и 6 — реакторы; 7 — насос; 8 и 9 — фильтры; 10 — сушильный аппарат; 11 — измельчитель.

**Рисунок 12. Технологическая схема получения ионообменных ионитов**

Реакция протекает с выделением тепла. Поэтому во время реакции рекомендуется поддерживать температуру в пределах 70°C. Причина в том, что при неподдержании температуры в результате взаимодействия реагирующих веществ выделение большого количества энергии может ускорит образование продуктов в реакторе. В результате взаимодействия двух исходных веществ начинает образовываться продукт реакции. Время реакции 4 часа. Продолжительность реакции составляет 4 часа. В результате реакции образуется дициандиамидоформальдегидная смола. Полученную смолу для удаления примесей сначала промывают холодным этанолом, затем

дистиллированной водой и отделяют с помощью фильтров 8–9, после чего высушивают в сушильном аппарате 10. Затем полученную смолу промывают горячей водой, и в результате взаимного перемешивания в реакторе смола оседает. Осадок отделяют и сушат, полученный продукт измельчают в измельчителе и отправляют на упаковку. Фасованный продукт используется в качестве ионита. Произведенные готовые иониты передаются на склад хранения и после упаковки доставляются потребителям.

### ***Технико-экономическая эффективность производства***

Синтезированные в результате исследований иониты находят применение в различных областях преимущественно при взаимодействии полимерных материалов. По теме развития технологии извлечения ионита синтезированы азот- и кислородсберегающие иониты в новом составе. На основе полученных научных результатов по использованию ионитов: ионообменные материалы с использованием ионитов внедрены в практику при подготовке технической воды на предприятии ООО «Мубаракский газоперерабатывающий завод». (Справка АО «Узбекнефтегаз» «Мубаракский ГПЗ» от 23 мая 2022 года № 522/ГК-05). В результате иониты, произведенные на основе ионитов, стали использоваться как местный продукт, что позволило повысить эксплуатационные свойства и заменить импортные иониты.

**Таблица 3.**

#### **Стоимость 1 тонны ионообменного ионита ДСДФ**

<b>№</b>	<b>Именованье</b>	<b>Цена, сум</b>
1	Заработная плата рабочих	2 200 000
2	Единый социальный платеж, 12%	264 000
3	Цена сырья	18 213 200
4	Дополнительные расходы (в том числе на тепло и электроэнергию)	1 000 000
5	Непредвиденные расходы	300 000
6	Прибыль, 10%	4 553 000
Итого		26 530 200
7	НДС, 12%	3 183 624
Общий		29 713 824
цена зарубежного промышленного сорбента Purolite C100E		37 000 000
Экономическая эффективность		<b>7 286 176</b>

Очевидно, что все затраты на производство 1 тонны продукции составляют 29 713 824 сум, согласно расчетам.

Исходя из вышеизложенного, с помощью вновь полученных ионитов достигается ожидаемая экономическая эффективность при очистке тяжелых металлов в сточных водах промышленных предприятий.

## ВЫВОДЫ

1. Были предложены оптимальные условия реакции для получения ионитов марки DSDAFF: синтезированную смолу дициандиамида-формальдегид-диамид фталевой кислоты подвергали реакции при температуре 70-90°C в соотношении 1:2:1 в течение 4 часов.

2. Проведена полимеризация синтезированного N-метакрилоилкротонилиденимина при температуре 80°C в течение 6 часов в присутствии инициатора ДАК и предложены оптимальные условия реакции для получения ионитов ПМКИ.

3. Физико-химические свойства синтезированных ионитов проанализированы методом ИК-спектроскопии. Изучены результаты сдвигов частот поглощения комплексных соединений, образованных ионами Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II) за счет амино- и метилольных групп, и представлены формулы строения ионита.

4. На основании результатов термогравиметрического и дифференциального термического анализа ионитов DSDAFF и ПМКИ представлен анализ стабильности структуры соединений и их термограмм в процессе нагрева. С помощью сканирующей электронной микроскопии проанализированы морфологические характеристики новых ионообменных ионитов и их сорбция некоторых металлов.

5. Изотерма сорбции синтезированных ионитов исследована для ионов меди (II) и железа (III), полученные результаты представлены в графическом виде. С помощью изотерм Ленгмюра и Фрейндлиха обработан процесс сорбции ионитов, определена константа его устойчивости при различных температурах, изучена зависимость сорбции ионов некоторых металлов от pH комплексообразующих ионитов.

6. Химическая устойчивость синтезированных ионообменных ионитов была проверена в различных агрессивных средах, таких как 10%-ные растворы сильных кислот и щелочей, и установлено, что снижение статической обменной емкости этих ионитов составило 6-10% после 7-9 циклов сорбции-десорбции. Полученные иониты DSDAFF и ПМКИ рекомендованы для сорбции ионов металлов в слабокислой среде.

7. Разработана технология получения ионообменных полифункциональных ионитов, содержащих азот и кислород, и созданы ее технико-экономические основы. Технологию экстракции ионита рекомендовано к использованию на практике для очистки промышленных сточных вод от ионов некоторых металлов на ООО «Мубаракский ГПЗ».

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 AT TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH  
INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

---

**TASHKENT SCIENTIFIC RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL  
TECHNOLOGY**

**MAMAJONOV BAHODIRJON MADAMINOVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PRODUCING EFFECTIVE  
ION EXCHANGERS BASED ON SECONDARY SIR**

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

**DISSERTATION OF ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2025**

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2022.2.PhD/T2778.

The dissertation has been prepared at the Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology.

The abstract of dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the scientific council [www.tkiti.uz](http://www.tkiti.uz) and on the website of «ZiyoNet» Information and Educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

**Research supervisor:**

**Beknazarov Xasan Soyibnazarovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Nurqulov Fayzulla Nurmuminovich**  
Doctor of technical sciences, professor

**Mahkamov Muzaffar Abdug'aporovich**  
Doctor of chemical sciences, professor

**Leading organization:**

**Termez State University**

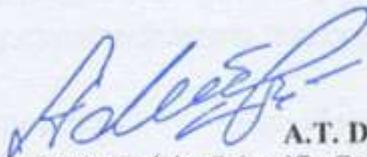
The defense of the dissertation will take place on 24 February 2025 at "9<sup>00</sup>" hours at a meeting of the Scientific Council DSc.16/30.12.2019.K/T.78.01 at the Tashkent Research Institute of Chemical Technology at the address: 111116, Tashkent region, Tashkent district, pos. Ibrat n/a Shurabazar phone: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz).

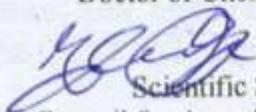
The dissertation was registered at the Information Resource Center of Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology No. 2025/01, which can be found at the IRC (111116, Tashkent region, Tashkent district, Shurabazar phone: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru), [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)).

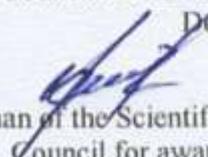
The abstract of the dissertation was sent out "04" february 2025.

(distribution protocol No. 2025/01 dated "04" february 2025).



  
**A.T. Dzhaliylov**  
Chairman of the Scientific Council for  
Awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Akademik

  
**Ш.Н. Кийёмов**  
Scientific Secretary of the Scientific  
Council for Awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences

  
**Ф.Н. Нурқулов**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the research work** development of technology for producing ion exchangers with high sorption properties based on recycled materials.

**The object of research work** Ion exchange ionites synthesized on the basis of crotonylideneimine, methyl methacrylate, dicyandiamide, and formaldehyde were obtained.

**The scientific novelty of the research is:**

new ion exchangers have been synthesized. based on crotonylideneimine, methyl methacrylate, phthalic acid diamide, dicyandiamide and formaldehyde;

optimal synthesis conditions, composition and structure of the obtained ion exchangers have been determined using physicochemical methods;

the influence of hydroxyl, amine and methylol groups on the structure, physicochemical properties and degree of sorption of the synthesized ion exchangers has been scientifically proven;

static exchange capacities of the synthesized ion exchangers in relation to  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$  ions have been determined, and the sequence of sorption of these metals on the obtained ion exchangers has been established;

a technology for producing ion exchangers based on crotonylideneimine, methyl methacrylate, phthalic acid diamide, dicyandiamide and formaldehyde has been developed.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific results on the production and practical application of the technology for producing synthesized ion-exchange organic ion exchangers:

organic ion exchangers obtained on the basis of crotonylideneimine and methyl methacrylate have been put into practice at the Mubarak Gas Processing Plant of Uzbekneftegaz JSC (certificate No. 522/GK-05 of the Mubarak Gas Processing Plant of Uzbekneftegaz JSC dated May 23, 2022). As a result, after 10 cycles of sorption-desorption, 98-99% of copper ions were extracted;

ion exchangers based on dicyandiamide, phthalic acid diamide and formaldehyde were put into practice at the Mubarak Gas Processing Plant of Uzbekneftegaz JSC (certificate No. 522/GK-05 of the Mubarak Gas Processing Plant of Uzbekneftegaz JSC dated May 23, 2022). As a result, it has become possible to produce organic ion exchangers to replace imported products intended for the treatment of industrial wastewater.

**The structure and volume of the dissertation.** The composition of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, A list of used literature and an appendix. The volume of the dissertation is 103 pages.

## E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YHATI

### Список опубликованных работ

#### List of publications

#### I bo'lim (I часть; I part)

1. Мамажонов Б. М., Бекназаров Х. С., Джалилов А. Т. Сорбционные свойства новой ионообменной смолы на основе полиметакрилоилкротонилиденимина // Universum: технические науки. – 2020. – №. 8-3 (77). – С. 17-21.(02.00.00; №1).

2. Мамажонов Б. М., Бекназаров Х. С., Джалилов А. Т. Синтез и изучение адсорбционных свойств полиметилметакрилоилкротонилиденимина //Universum: химия и биология. – 2020. – №. 8-1 (74). – С. 53-57. (02.00.00; №2).

3. Мамажонов Б. М., Бекназаров Х. С., Джалилов А. Т. Исследование дициандиамидоформальдегидной смолы для извлечения металлов из гальванических шламов // Universum: химия и биология. – 2024. – Т. 1. – №. 2 (116). – С. 61-64. (02.00.00; №2).

4. Mamazhonov B., Beknazarov K., Nomozov A. Studying nitrogen adsorption to determine the porosity of the synthesis sorbent //American Journal of Engineering, Mechanics and Architecture (2993-2637). – 2023. – Т. 1. – №. 10. – С. 263-268. ((23) Scientific Journal Impac Factor)

5. Mamajonov B., Beknazarov H. Metilmetakrilat va krotonidenimin asosida polimerlanish reaksiyasini o'rganish //Talqin va tadqiqotlar ilmiy-uslubiy jurnali | № 6(43). 30.03.2024.48-54.b ISSN: 2181- 3035. Impact Factor: 8.2 ((15) Directory Research journal indexing)

6. Mamajonov B., Beknazarov H. Polimetakrilokrotonilidenimin asosidagi ionitlarning sorbsion xususiyatlari //Talqin va tadqiqotlar ilmiy-uslubiy jurnali | № 6(43). 30.03.2024. 35-43b. ISSN: 2181- 3035. Impact Factor: 8.2 ((15) Directory Research journal indexing)

#### II bo'lim (II часть; II part)

7. Мамажонов Б. М., Изучение адсорбционных свойств полиметилметакрилоилкротонилиденимина. // Всероссийская школа-конференция молодых ученых. Фундаментальные науки специалисту нового времени // (С международным участием) 26– 30 апреля 2021 года. Стр-70

8. Мамажонов Б. М., Бекназаров Х. С., Джалилов А. Т. Синтез полиметакрилоилкротонилиденимина и изучение их свойств. Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети. Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истиқболлари мавзусидаги халқаро илмий-техник анжумани 17-19 сентябрь, 2020 йил Тошкент. 310-312 б

9. Мамажонов Б. М., Бекназаров Х. С., Джалилов А. Т. Сорбционные свойства полиметакрилоилкротонилиденимина. Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети. Бердақ номидаги Қорақалпоқ давлат университети инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит

муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истиқболлари мавзусидаги халқаро илмий-техник анжумани 17-19 сентябрь, 2020 йил Тошкент. 222-224 б

10. Мамажонов Б. М., Бекназаров Х. С., Джалилов А. Т. Изучение сорбционных свойств дициандиамидоформалдегидной смолы. Namangan muhandislik-texnologiya instituti “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. 9-10 fevral. Namangan – 2024. 1869-1872-b.

11. Mamajonov B. M., Beknazarov H. S., Ikkilamchi va mahalliy xom ashyolar asosida poli nmetakriloilkrotolidenimin sintezi. Ministry of higher education, science and innovation of the republic of Uzbekistan Tashkent state technical university named after Islam Karimov Tabiiy fanlar sohasidagi dolzarb muammolar va innovatsion texnologiyalar xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 4-5 aprel 2024. Toshkent 45-47.b

12. Mamajonov B. M., Beknazarov H. S., Disiandiamid bilan formaldegid reaksiyasi asosida DSDAF markali ionit sintezi. Ministry of higher education, science and innovation of the republic of Uzbekistan Tashkent state technical university named after Islam Karimov Tabiiy fanlar sohasidagi dolzarb muammolar va innovatsion texnologiyalar xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 4-5 aprel 2024. Toshkent 47-48.b

13. Mamajonov B. M., Beknazarov H. S., Sintez qilingan ion almashinuvchi ionitlarni sorbsiyasini baholash. Ministry of higher education, science and innovation of the republic of Uzbekistan Tashkent state technical university named after Islam Karimov Tabiiy fanlar sohasidagi dolzarb muammolar va innovatsion texnologiyalar xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 4-5 aprel 2024. Toshkent 317-319.b

Avtoreferat «O‘zbekiston kimyo jurnali» tahririyatida tahrir qilindi



№ 10-3279

Bosishga ruxsat etildi: 04.02.2025.

Bichimi: 60x84 <sup>1/16</sup> «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.

Shartli bosma tabog‘i 2,75. Adadi 100. Buyurtma: № 24

Tel: (99) 832 99 79; (77) 300 99 09

Guvohnoma reestr № 10-3279

“IMPRESS MEDIA” MChJ bosmaxonasida chop etildi.

Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6-uy