

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

JAMILOVA NIGINABONU QOBIL QIZI

**FURFUROL ASOSIDA BELGILANGAN XOSSALI BIRIKMALARNING
OLINISHI, XOSSALARI VA TEXNOLOGIYASI**

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
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Jamilova Niginabonu Qobil Qizi

Furfurol asosida belgilangan xossali birikmalarning
olinishi, xossalari va texnologiyasi..... 5

Жамилова Нигинабону Кобил кизи

Получение, свойства и технология соединений с заданными свойствами на
основе фурфурола..... 21

Jamilova Niginabonu Qobil Qizi

Obtaining property and technology of compounds
with specified properties based on furfural..... 39

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ
List of published works 43

**TOSHKENT KIMYO-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.T.04.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

JAMILOVA NIGINABONU QOBIL QIZI

**FURFUROL ASOSIDA BELGILANGAN XOSSALI BIRIKMALARNING
OLINISHI, XOSSALARI VA TEXNOLOGIYASI**

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 komissiyada B2024.2.PhD/T4592 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Buxoro davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi (ik-kimyo.nuu.uz) hamda "Ziyonet" Axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Axmedov Voxid Nizomovich
texnika fanlari nomzodi, professor

Rasmiy opponentlar:

Adilov Ravshan Irkinovich,
texnika fanlari doktori, professor

Fayzullayev Normurod Ibodullayevich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Namangan davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya instituti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.T.04.01 raqamli Ilmiy Kengashning "___" _____ 2025 yil soat "___" dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100011, Toshkent sh., Shayxontoxur tumani, A.Navoiy ko'chasi, 32-uy. Tel.: (99871)244-79-20, faks: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz). Toshkent kimyo-texnologiya instituti ma'muriy binosi, 2-qavat, anjumanlar zali).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: (100011, Toshkent sh., Shayxontoxur tumani, A.Navoiy ko'ch.32. Tel.: (99871) 244-79-20).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil "___" _____ kuni tarqatildi.
(2025 yil "___" _____ dagi № ___ raqamli reestr bayonnomasi).

S.M. Turobjonov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor, akademik

X.I. Kadirov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash kotibi, t.f.d., professor

G. Raxmonberdiyev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi ilmiy seminar
raisi, k.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiya annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda sanoat organik mahsulotlarga bo‘lgan ehtiyoj ortishi, neft-gaz zaxiralarining chegaralanganligi bilan, yangi tabiiy resurslardan foydalanish muammosini keltirib chiqarmoqda. Ma’lumki, furan halqalari tabiiy birikmalar, dori preparatlari (fubromigan, ranitidin, didanozin, zidovudin, ftorafur va bosh.) tarkibida saqlanib, akrilatlar va epoksid smolalar ishlab chiqarishda “yashil” erituvchi sifatida foydalaniladi, ekologik toza dizel yoqilg‘isi va texnik tozalash aralashmalari tarkibiga kiritilgan. Tabiiy qayta tiklanuvchi xomashyo resurslardan foydalanish, jumladan kimyoviy tabiatga ega, fizik - mexanik, magnit, optik-elektron va boshqa tukuraviy xususiyatlarga ega, tavsifi bo‘yicha individual tarkibiy komponentlardan muhim, komponentlar kombinatsiyasi asosida shakllantirilgan furan asosli polimer kompozitsion materiallarning yangi turlarini ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda furan asosli polimer kompozitsion materiallar tarkibini ishlab chiqish, ularning amaliy qo‘llanilish imkoniyatlarini oshiruvchi spirtlarni tanlab modifikatsiyalash bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, furan birikmalarini atsetilen bilan vinillash, “yashil” kimyo usulini qo‘llab, furan fragmentini saqlagan vinil efirlari sintez qilish, polifunksional furan strukturalarining dizayni uchun matritsa hisoblanuvchi gibrid kompozitsiyalar olish, ular asosida sanoatda maqsadli foydalanish mumkin bo‘lgan materiallar chiqarish texnologiyalarini yaratish va sinovdan o‘tkazishga alohida e’tibor berilmoqda.

Respublikamizda furan halqasi saqlovchi birikmalar asosida kimyoviy modifikatsiyalangan, zararsiz komponentlar kombinatsiyasi asosi yuqori molekulyar mahsulotlar olish, ulardan energiya va resurs tejankor tizimlarda foydalanishga alohida e’tibor qaratilib, muayyan ilmiy natijalarga erishildi. Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan “mavjud imkoniyatlarni to‘liq ishga solgan holda mahalliy sanoat tarmoqlari salohiyatini yanada rivojlantirish, tashqi bozor va xalqaro talablarga javob beradigan standartlarni joriy etish”¹ kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, furan halqasi saqlovchi geterosiklik birikmalarning vinil hosilalari ishtirokida zol-gel sintez mahsulotlari asosida gibrid polimer sistemalar olinish, kompozitsiya sorbentlar uchun organik matritsa, proton o‘tkazuvchi membranalar, emulgatorlar, dorivor preparatlar ishlab chiqarish qaratilgan tadqiqotlar alohida ahamiyat kasb etadi.

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, 2017 yil 23 avgustdagi PQ-3236-son “2017-2021 yillarda kimyo sanoatini rivojlantirish dasturi to‘g‘risida”gi, 2019-yil 3-apreldagi PQ-4265-sonli “Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2019 yil 3 apreldagi №PQ-4265-son “Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investitsiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi farmon va qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli bo‘lgan boshqa

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” farmoni

me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni bajarishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

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

Muammoni o'rganilganlik darajasi. Furan halqasi saqlagan vinil hosilalar sintezi bo'yicha C.Walsh Daniel, E.Mbuligwe Stephen, R.Alam, K.Sugihiro, S.Mamoru, Schwetlick Wolfgang, J.Reich, B.A. Trofimov, O.N. Temkin, R.M. Flid, L.B. Fisher, I.L. Kotlyarevskiy, A.A. Petrov, B. Gusev, A.V. Shelkunov, Paru Ram Pao, L. Panivnika, Yoko Yamamoto, Biao Jiang, A.G. Maxsumov, K.M. Axmerov, T.S. Sirliboyev, D. Yusupov, A. Ikramov, B.F. Muxiddinov, S.E. Nurmonov, R. Nazirova, F.A. Magrupov, G. Raxmonberdiev, A.T. Djalilov, S.M. Turobjonov va boshqalar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Ular tomonidan, atsetilen birikmalar va ionitlar sintez qilingan, faol vodorodli organik birikmalarni vinillash uslublari ishlab chiqilgan, furan halqali birikmalar kimyoviy modifikatsiyalangan, komponentlar kombinatsiyasi asosi yuqori molekulyar mahsulotlar olish texnologiyalari tavsiya etilgan.

Shu bilan birga, furan halqali geterosiklik birikmalarning vinil hosilalarini olish, ular ishtirokida zol-gel sintezi mahsulotlari asosida gibrid polimer sistemalar tarkibini ishlab chiqish, kompozitsion sorbentlar uchun organik matritsa, proton o'tkazuvchi membranalar ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratish bo'yicha tadqiqotlar bugungi kunga qadar bajarilmagan.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim va ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Buxoro muhandislik texnologiya instituti ilmiy tadqiqot ishlari rejasining №37-22 raqamli "Antibakterial kompozitsiya uchun tarkib ishlab chiqish va texnologiyasini yaratish" (2020-2022 yy.) mavzularidagi amaliy loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi furan halqasi saqlagan vinil efirlarining sopolimerlanishi asosida organo-noorgano gibrid kompozitlar olish texnologiyasini yaratishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

vinilfurfurol va akril kislota asosidagi sopolimerlar sintez qilish, olingan mahsulotlarining tarkibi va tuzilishini aniqlash;

polisilikat kislota va furan halqali birikmalarning vinil hosilalari ishtirokida zol-gel sintez usuli bilan gibrid kompozitlarni shakllantirish;

gibrid kompozitlarning tarkibi va tuzilishini o'rganish;

olingan ionit - kompozitlarning metall ionlariga nisbatan sorbsion faolligini aniqlash;

furan halqasi saqlagan gibrid kompozitning olinish texnologiyasini yaratish.

Tadqiqotning obyekti sifatida furfurol, atsetilen, akril kislota, polisilikat kislota, furan qatori birikmalarning vinil hosilalari, vinilfurfurol va akril kislota asosidagi sopolimerlar olingan.

Tadqiqotning predmetini vinilfurfurol va akril kislotasining sopolimerlash va polimerlash jarayonlari mahsulotlari asosida gibrid kompozit, metall ionlari sorbentlari tarkibini ishlab chiqish tashkil etgan.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya ishini bajarishda olingan mahsulotlarning matematik statistika va modellashtirish, mass-spektroskopiya, titrimetrik va gravimetrik tahlil usullari va bulardan tashqari fizik-mexanik, texnologik va ekspluatatsion xususiyatlarini aniqlashda standartlashtirilgan sinov uslublaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

vinilfurfurolning erituvchilar ishtirokida akril kislota bilan radikal katalitik sopolimerlanish mahsuloti zol-gel usulida olingan polisilikat kislota bilan gibrid kompozit hosil qilishi isbotlangan;

yuqori termik va kimyoviy barqaror gibrid kompozitlarda matritsa organik sopolimerlar bilan mustahkam bog'langan uch o'lchamli kremniy dioksid ekanligi asoslangan;

vinilfurfurol va akril kislota sopolimeri asosidagi kompozitlar metallarning ionlarini adsorbsiyalash mexanizmi harorat ta'sirida o'zgarish qonuniyatlari aniqlanib, past haroratda jarayon fizik adsorbsiyaligi isbotlangan;

kompozitlarda metall ionlarining adsorbsiyasi ionit sirtida amalga oshishi aniqlanib, harorat ko'tarilishi kimyoviy faol guruhlar bilan metall ionlarining kompleks hosil qilishi ilmiy asoslangan;

sintez qilingan sopolimerlar polisilikat kislota bilan gidrolitik polikondensatlanish mahsulotlari asosida ionitlar olinish texnologiyasi ishlab chiqilgan va amaliy asoslangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

furfurolni atsetilen bilan vinillash mahsulotining akril kislota bilan sopolimeri asosida polisilikat kislota asosli ionitlar ishlab chiqarish maqbul parametrlari aniqlangan;

furan halqasi saqlagan vinil efirlarning sopolimerlanishi asosida yangi gibrid kompozitlar olish maqbul parametrlari aniqlangan;

furan halqasi saqlagan vinil efirlar sopolimerlarining polisilikat kislota bilan gidrolitik polikondensatlanish mahsulotlari asosida proton o'tkazuvchi ionitlar olinish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi tahlilda zamonaviy fizik-kimyoviy tadqiqot uslublari, yuqori termik va kimyoviy barqaror gibrid kompozitlar matritsa olish tizimini takomillashtirilishi, furan halqasi saqlagan sopolimerlar polisilikat kislota bilan gidrolitik polikondensatlanish mahsulotlari asosida proton o'tkazuvchi selektiv ionitlar ishlab chiqarish texnologiyalarini sanoatga joriy etilganligi bilan isbotlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati metall ionlariga nisbatan yuqori sorbsion faol, statik sorbsion yutish koeffitsienti va mexanik mustahkamligi yuqori gibrid polimer sistemalar ishlab chiqish, kompozitsion sorbentlar uchun organik matritsa, proton o'tkazuvchi membranalar tarkibini olish ilmiy asoslarini yaratilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, furan halqasi saqlagan sopolimerlarning polisilikat kislota bilan gidrolitik polikondensatlanish mahuloti asosida texnologik eritmalaridan ionlarini selektiv ajratuvchi, termik va kimyoviy barqaror ionitlar olish texnologiyasini ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Vinilfurfurol, akril va polisilikat kislota asosidagi gibrid kompozitlar olish texnologiyasini ishlab chiqish va ionitlar sifatida qo'llash bo'yicha erishilgan ilmiy natijalar asosida:

zol-gel jarayoni mahsulotlaridan olingan gibrid-ionitlar "Navoiy kon-metallurgiya kombinati aksiyadorlik jamiyati"da oqova suvlarini tozalashda ishlab chiqarishga joriy qilingan ("Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ 2024 yil 12 dekabrda 23/01-01-07/798-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, selektiv gibrid-ionitlarni qo'llab, korxonada oqova suvlarini Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} ionlaridan samarali tozalash imkonini bergan;

vinilfurfurolni akril kislota bilan sopolimeri va polisilikat kislota asosidagi zol-gel jarayoni mahsulotidan olingan gibrid kompozit ionit sifatida "Navoiy kon-metallurgiya kombinati aksiyadorlik jamiyati"da oqova suvlarini tozalashda ishlab chiqarishga joriy qilingan ("Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ 2024 yil 12 dekabrda 23/01-01-07/798-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, amaldagi ionitga nisbatan Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} ionlarni yutish qobiliyati 1,25 barobar samarali, mexanik mustahkamligi 1,24 marta mustahkam bo'lib, agressiv muhitlarga barqarorligi undan turli muhitlarda foydalanish imkoniyatini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 4 ta xalqaro va 3 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlar va simpoziumlarda muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 13 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari (PhD) asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan mahalliy ilmiy nashrlarda 6 ta, xorijiy jurnallarda 4 ta maqola nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, uchta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 113 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati bayon etilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Furfurol va u asosidagi tadqiqotlarning rivojlanish istiqbollari va zamonaviy holati**" deb nomlangan birinchi bobida, furfurol kimyosining rivojlanish tendensiyalari, samarali ionitlarning yaratilish sohasidagi

tadqiqotlarning rivojlanish istiqbollari va zamonaviy holati tahlil qilinib, natijada mazkur tadqiqotning maqsadi va vazifalari ifodalangan.

Dissertatsiyaning “**Furfurol asosidagi organik ionitlarning sintezi va tadqiqot usullari**” deb nomlangan ikkinchi bobida tadqiqot obyektini tanlash, reagentlarni tayyorlash uslubiyoti, sintezni amalga oshirish tartibi va sintez qilingan ionitlarni mexanik, sorbsion va kimyoviy tadqiq qilish metodlari bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning “**Furan guruhi saqlagan birikmalarning vinil hosilalarini akril monomerlari bilan sopolimerlanishi**” deb nomlangan uchinchi bobida furfurol vinilatsetilen bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri vinillash haqida ma’lumotlar juda cheklangan. Ishqoriy muhitda furfurolni Kanitsarro reaksiyasiga kirishishini e’tiborga olgan holda toza furfurol tanlandi. Sintez natijasida furfurol va vinilatsetilendan yuqori asosli sistemada, xona sharoiti va atmosfera bosimida olindi.



Yuqori asosli tizim ishtirokida reaksiyaning davomiyligi, haroratga bog‘liq holda reaksiya unumi 80 % ni tashkil etadi.

1-jadval

1-(furanil-2)-penten-4-in-2-ol-1 unumiga haroratning ta’siri (katalizator KOH ning miqdori furfurol massasiga nisbatan - 15%) Reaksiya davomiyligi, 3 soat (mahsulot shartli JNQ-1 deb nomlandi)

№	Reaksiya harorati, °C	1-(furanil-2)-penten-4-in-2-ol-1 unumi, %
1	30	9,6
2	35	13,8
3	40	19,6
4	45	25,4
5	50	35,2
6	55	45,6
7	60	58,2
8	65	65,2
9	70	75,3
10	75	80,1
11	80	78,2
12	85	72,2
13	90	67,8
14	100	57,6
15	110	52,7
16	120	48,8

Ekstraksiya usuli uchun erituvchini tanlashda biz erituvchilar ta'sirida reaktivlar va reaksiya mahsulotlarining eruvchanligi hisobga olindi.

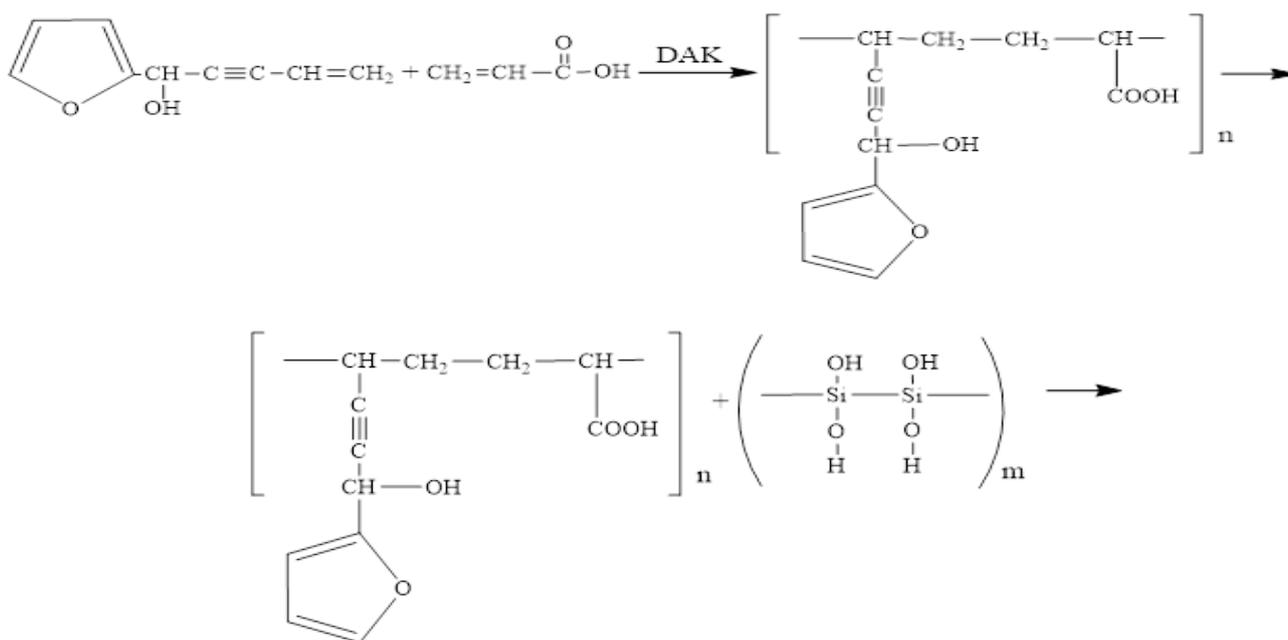
2-jadval

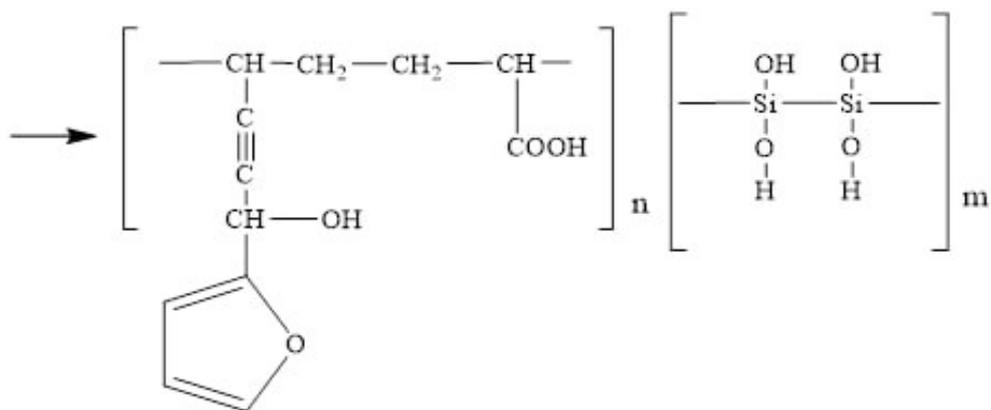
Reaksiyaga kirishuvchi moddalar va mahsulotlarning erituvchilarda eruvchanligi

№	Erituvchilar	Dastlabki moddalar			Mahsulot
		Furfurol	Vinilatsetilen	Akril kislota	JNQ-1
1	Izopropil	eriydi	erimaydi	erimaydi	Erimaydi
2	Oktan	erimaydi	erimaydi	erimaydi	Erimaydi
3	Izobutil	eriydi	eriydi	eriydi	Eriydi
4	Geptan	eriydi	erimaydi	eriydi	erimaydi
5	Toluol	erimaydi	eriydi	eriydi	eriydi
6	Geksan	erimaydi	erimaydi	eriydi	erimaydi
7	Amil spirti	erimaydi	erimaydi	eriydi	eriydi
8	Dekan	erimaydi	erimaydi <td eriydi	erimaydi	
9	Etil spirti	erimaydi	eriydi	eriydi	eriydi
10	Dimetilformamid	eriydi	eriydi	eriydi	eriydi

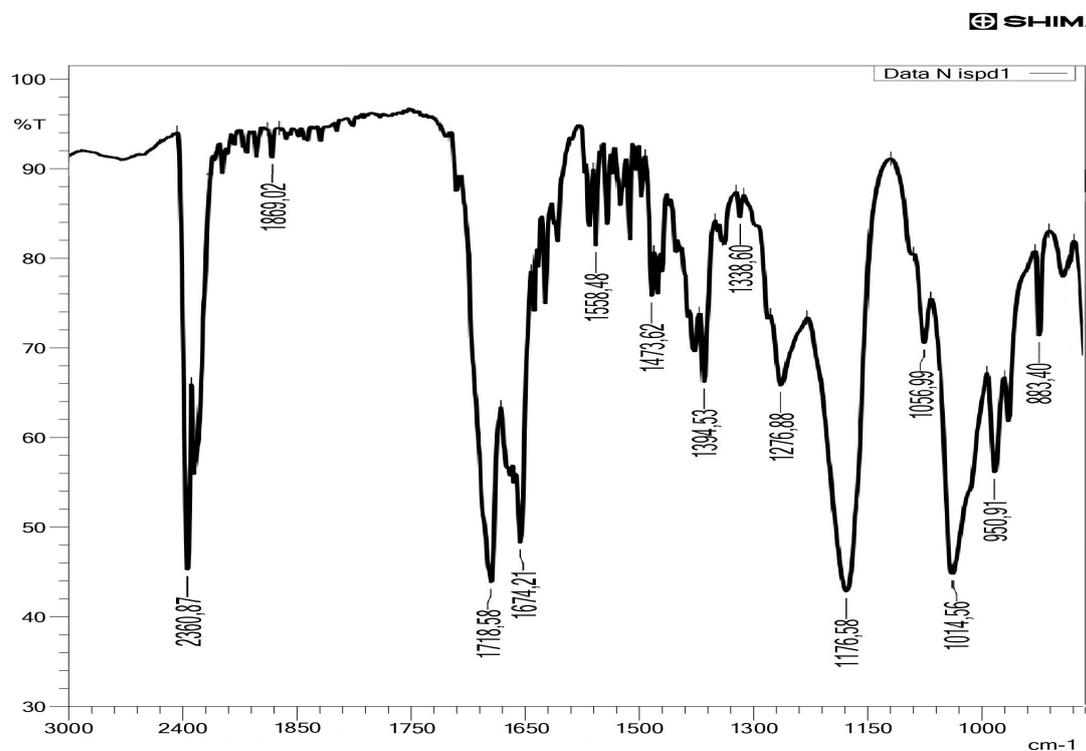
2 – jadvalda ko'rinib turibdiki, dastlabki reagentlar etil, amil spirtida, dimetilformamidda, toluol, izobutilda erib, mahsulot dekan, oktan, geksanda erimasligidan foydalanib, oligomerni toza holda geptan ishtirokida ajratib olindi va uning fizik xossalari o'rganildi.

Sintez qilingan sopolimerning polisilikat kislota (PSK) matrisaligida olingan granulari o'zining ion almashinish sig'imi yuqoriligi bilan ajralib turadi. Olib borilgan jarayonni umumiy holda quyidagi reaksiya sxemasi bilan ifodalash mumkin.





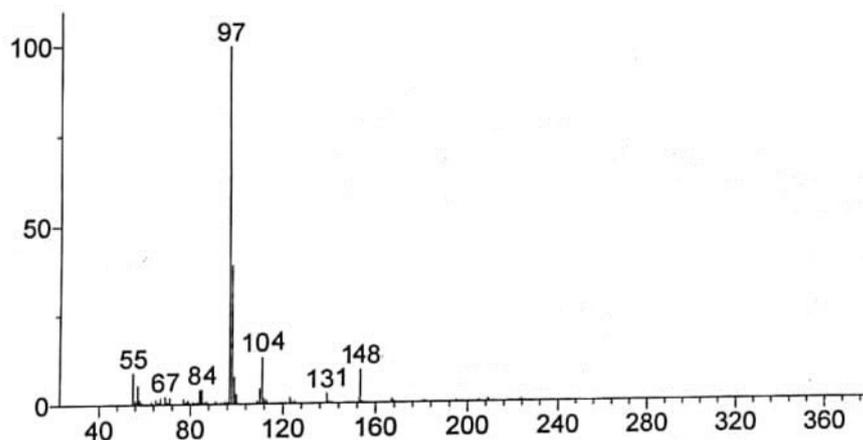
Sintez qilingan oligomerni identifikatsiyalash zamonaviy tekshirish usulida olib borildi. Olingan modda IQ spektrda tekshirildi va reaksiya tenglamasiga keltirilgan tarkibdagi funksional guruhlarga mos ekanligi aniqlandi.



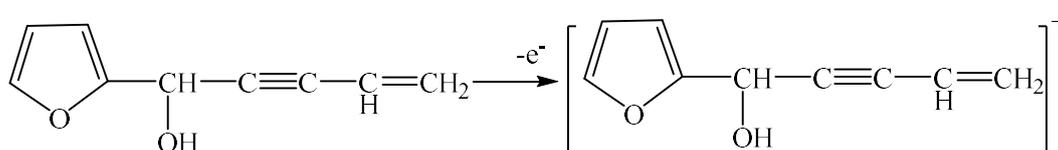
1-rasm. Sintez qilingan birikmaning IQ spektr tasviri.

1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, 1176 cm^{-1} barcha OH guruhlari, oraliq OH uchun tekis bo‘lmagan egilish tebranishlarining keng polosasi, gidroksil guruh tebranishlari va C – O bog‘lar, $1014,56\text{ cm}^{-1}$ Si-O-Si tebranishi kuchli, $1276,88\text{ cm}^{-1}$ aromatik va vinil guruh = C – O – C -, halqaning tebranishi kuchli, 1718 cm^{-1} sohada to‘yinmagan karbon kislota, $1674,21\text{ cm}^{-1}$ C=C uyg‘unlashmagan makromolekulalardagi nosimmetrik tebranishlari, sintez qilingan modda tarkibiga mos kelishini ifodalaydi.

1-(furanil-2)-penten-4-in-2-ol-1ning xromato-mass spektrometriga kiritilgandan keyin, tanlangan sharoitda 3.573 dan 3.597 minut oralig‘ida m/z 148 bo‘lgan 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 molekulyar ioni hosil bo‘ldi.

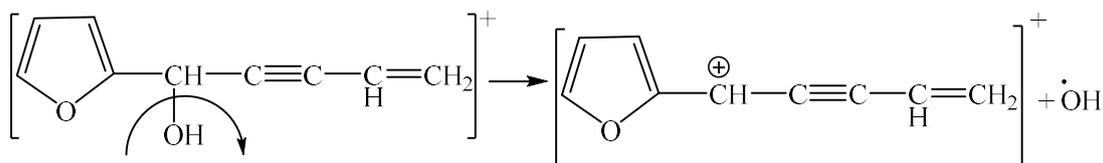


2-rasm. 1-(furanil-2)-penten-4-in-2-ol-1ningning xromato-mass spektri.



Mr=148

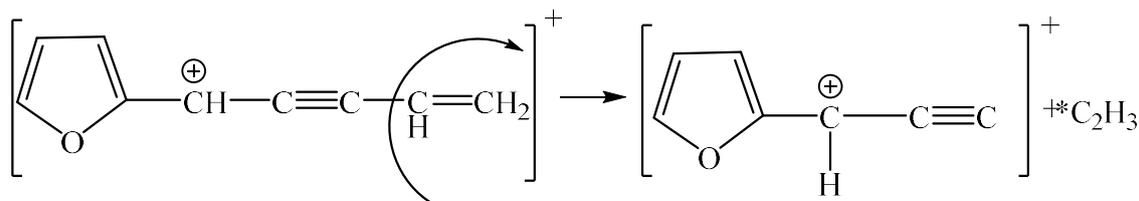
Bundan tashqari spektrda massasi m/z 131, m/z 104, m/z 97, m/z 84, m/z 67 va m/z 55 bo'lgan bo'lakli ionlarning hosil bo'lishi aniqlandi. 1-(furanil-2)-penten-4-in-2-ol-1ionidan 3.573 minutda gidroksil (-OH) radikalining ajralib chiqishi natijasida m/z 131 ionining ajralishi namoyon bo'ldi. Bu cho'qqi m/z 131 bo'lgan 1-(furan-2-il)penten-4-in-2-il-1 ioniga mos keladi va bu bog' energiyalariga ham mos keladi.



Mr=148

Mr=131

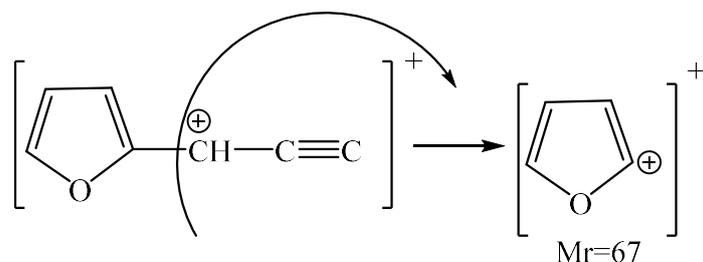
Uchlamchi 1-(furan-2-il)penten-4-in-2-il-1 ionidan metilen (*C₂H₃) radikalining ajralib chiqishi hisobiga m/z 86 ionining ajralishi namoyon bo'ladi. Bu cho'qqi m/z 104 bo'lgan 1-(furan-2-il)-3λ³-propin-2-il-1 ioniga mos keladi.



Mr=131

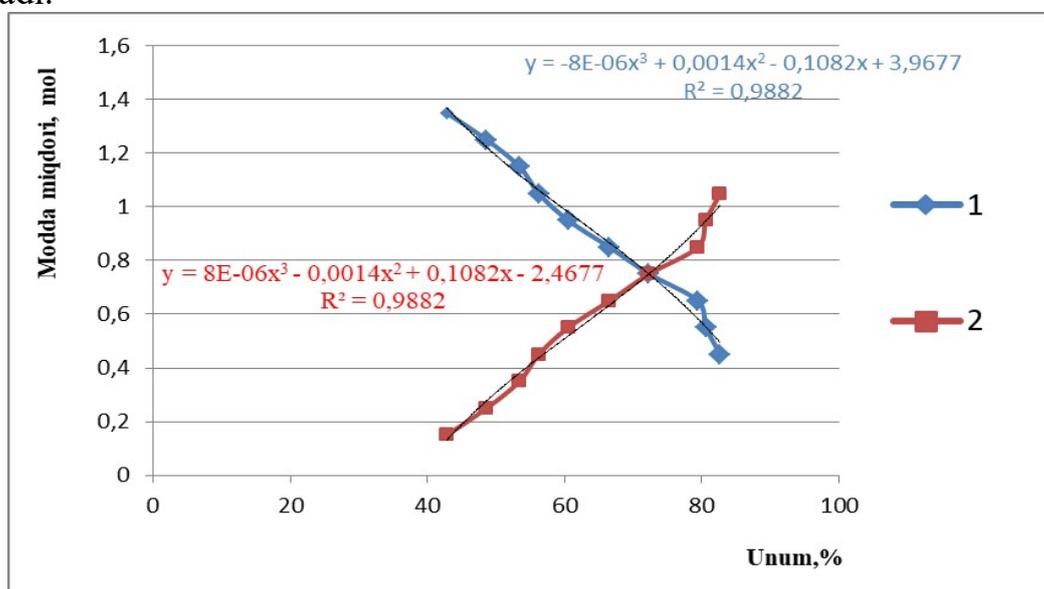
Mr=104

O'z navbatida 1-(furan-2-il)-3λ³-propin-2-il-1 ionidan 3.597 minutda radikalining ajralib chiqishidan m/z 67 ionining ajralishi namoyon bo'ldi.



Tahlil oxirida hosil bo'lgan ionlarning kinetik qonuniyatlari ham o'z navbatida halqaning ochilish murakkabligiga mos holda sodir bo'ladi. Dastlabki bosqichda yon zanjirning ionlari ajralishi va so'nggra halqaning parchalanishi moddaning strukturasi to'g'riligi va aniq identifikatsiya qilinganligi, qonuniyatlarga mosligi bilan tasdiqlaydi.

Dastlabki aralashmada 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 ning monomerning ulushi ortishi bilan sopolimerlarning molekulyar massalari ko'payishiga sabab bo'ladi. Bu esa o'z navbatida vinil guruhning polimerlanishga moyilligi yuqoriligi bilan izohlanadi.



3-rasm. 1-(furanil-2)-penten-4-in-2-ol-1 ning akril kislota bilan sopolimerlanish reaksiyasida 1-(furan-2-il)-penten-4-in-2-il-1 miqdorining unumga bog'liqligi; 2-1-(furan-2-il)penten-4-in-2-il-1 ning akril kislota bilan sopolimerlanish reaksiyasida akril kislota miqdorining unumga bog'liqligi.

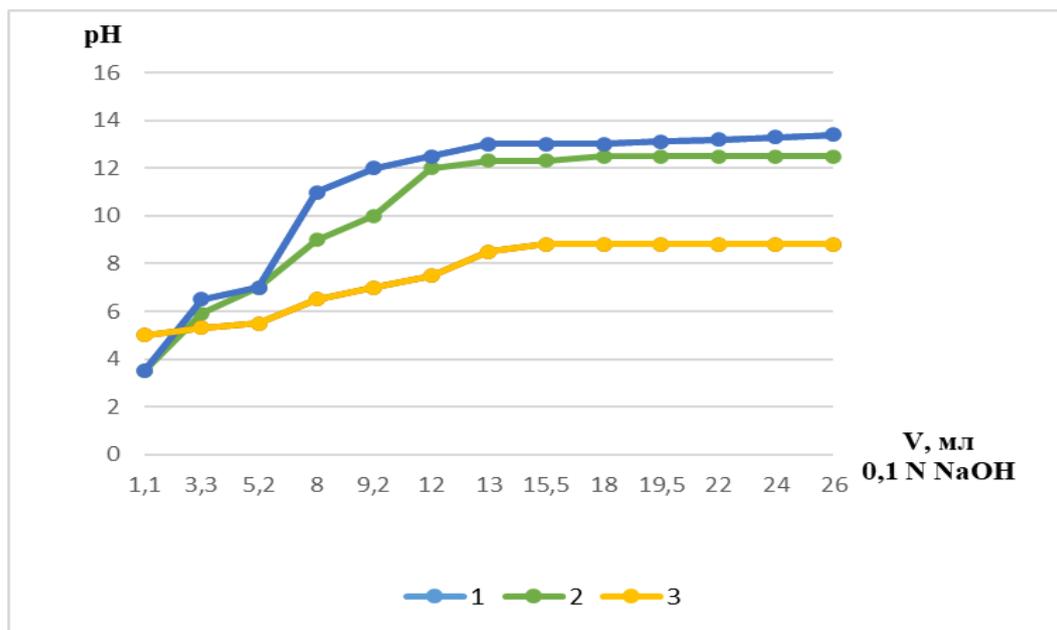
3-rasmdan ko'rinib turibdiki, reaksiyaga kirishuvchi monomerlarning miqdorini unumga bog'liqligi matematik dastur asosida tahlil etilganda, olingan natijalarning matematik qayta ishlanishidan olingan regressiya tenglasmasida R ning qiymati birga yaqinlashganligi olingan natijalarning matematik qayta ishlash bilan bir xilligini ko'rsatibgina qolmasdan natijalarning to'g'riligini tasdiqlaydi. Shuningdek, monomerlarning har biri uchun olingan regressiya tenglamasining va chiziqlarning bir-biriga teskari proporsionalligi ham natijalarning to'g'riligini tasdiqlaydi. Har ikkala monomerning ham miqdorini o'zgarishi bir xil tenglama bilan amalga oshirishini ko'rsatdi. Nazariy hisoblar amaliy tajribalarni to'ldiradi.

Olingan kationitning fizik-kimyoviy va sorbsion xossalarini o'rganish. Furan halqasi choklagan ionit murakkab uch o'lchovli tuzilishga ega mustahkam, donador

bo'lganligi sababli, uning tuzilishini o'rganishda kimyoviy tahlil usullari bilan parallel ravishda fizik-kimyoviy tahlil usullari foydalanilib tadqiq etildi.

Sintez qilingan ionitdagi ko'p funksiyalar orasidagi ionogen guruhlarining funktsionalligini va dissotsiyalanish darajasini aniqlash maqsadida analitik usul - potentsiometrik titrlash egri chiziqlari olindi.

Eritmalarning muhiti ya'ni pH muvozanati pH metrda aniqlandi, kationitning eritmalar bilan ion almashinish muddati bir hafta davomida o'rganildi. Kationitning potentsiometrik titrlash egri chizig'idan olinadigan eng asosiy xulosa bu pH qiymati oshishi bilan ion almashinish qobiliyatining ortib borishini ko'rsatuvchi monotonik pasayish egri chizig'i bilan tavsiflanadi (4- rasm).



4- rasm. Kation almashinuvchining potentsiometrik titrlash egri chizig'i.

- 1) 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 +AK+PSK; 2) 1-(furanil-2)-penten-4-in-2-ol-1 +AK, 3) 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 +PSK.

Akril kislota karboksil guruhi bilan bir vaqtda gidroksil guruh bilan uning almashinish sig'imini belgilab beradi va bu potentsiometrik titrlashda yaqqol ko'zga tashlanadi.

Statik rejimda adsorbsiya parametrlarini aniqlash. Statik rejimda adsorbsiya parametrlarini aniqlash uchun adsorbsiya izotermasini ko'rish va ma'lumotlarni matematik qayta ishlash usullaridan foydalaniladi. Adsorbsiya egrisini ko'rish uchun 10 g namuna sorbent, 100 l tarkibida 0,1 dan 1 g/l miqdorgacha og'ir metal birikmalari bo'lgan konsentratsiyada avvaldan tayyorlangan model eritmaga joylashtiriladi. Sorbentning eritma bilan kontaktda bo'lish vaqti 3 soatni tashkil etadi, shu vaqt o'tgach, og'ir metallarning muvozanat konsentratsiyalari o'lchanadi va "A-S_{muv}". Bog'liqlik koordinatsiyalari chiziladi. Bunda A quyidagi formula bo'yicha topiladi:

$$A = (S_0 - S_{mus}) \cdot \frac{V}{m}$$

bu yerda; A – 1 g sorbentga nisbatan aniqlanayotgan ionning adsorbsiyasi, mg/g;

S_0 va $S_{\text{muv.}}$ – ionlarning boshlang'ich va muvozanat konsentratsiyalari, mg/l;

V – eritma hajmi, l;

m – sorbentning massasi, g.

Kalsiy xloridni aniqlash. Titrlash uchun ishlatiladigan titrant hajmi pH=10 va pH=12 da titrlash uchun ishlatiladigan Trilon B hajmlari orasidagi farqdan hisoblanadi. Eritmadagi CaO oksidining miqdori quyidagi formulalar bilan hisoblanadi:

$$m_{Ca^{2+}} = \frac{C_{TB} \cdot V_{TB}^a \cdot M_{Ca^{2+}} \cdot V_k}{V_{\text{aliquot}} \cdot 1000},$$

bu yerda; C_{TB} - Trilon B konsentratsiyasi;

V_{TB}^a – titrlash uchun sarflangan Trilon B hajmi;

V_{aliquot} – analiz qilinayotgan eritmaning alikovit qismi;

V_k – analiz qilinayotgan eritmaning hajmi;

$(V_{TB}^a - V_{TB}^b)$ – pH = 10 va pH = 12 bo'lganda titrlashda sarflangan Trilon B hajmlari farqi

$$C_{Ca^{+2}} = \frac{C \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2}$$

$$C_n = \frac{m_1}{E \cdot V} = \frac{2,3125}{186,12 \cdot 1} = 0,0124 \frac{g}{ekv}$$

$$m_1 = C_o \cdot E \cdot V = 0,5 \cdot 20 \cdot 1 = 10 \frac{g}{l}$$

$$m_2 = C_m \cdot E \cdot V = 0,04 \cdot 20 \cdot 1 = 0,08 \frac{mg}{l}$$

$$\frac{(C_o - C_m) \cdot V}{m} = \frac{(0,5 - 0,04) \cdot 50}{1} = 23 \frac{mlg}{ekv/g}$$

Adsorbentning to'liq dinamik hajmiy sigimini (TDHS) quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$TDHS = (S_0 - S_{\text{mus}}) \cdot \frac{V_{er}}{m_s}$$

$$D_{tdhs} = \frac{(C_o - C) \cdot V_{er}}{m_c} = \frac{(0,01 - 0,0005) \cdot 1}{5} = 0,0019 \frac{g/ekv}{g}$$

bu yerda; S_0 – tozalanadigan kationlarning boshlang'ich konsentratsiyasi, mg/l;

S – tozalanadigan kationlarning oxirgi konsentratsiyasi, mg/l;

V_{er} – model eritmaning umumiy hajmi, l.

m_s – kolonkadagi sorbent massasi, g.

3-jadval

JNQ-1 ning ionitlik xossasining metallar bilan ionlarining sorbsiyasi

№	O'rganilayotgan ionlarning dastlabki konsentratsiyasi	R-H	R-Na
1.	Magniy xlorid	3,01 – 3,11	4,38 – 4,85
2.	Kalsiy xlorid	3,43 – 4,17	5,88 – 6,51

Mis ionlarining sorbsiyasiga muhitning pH qiymati va kation almashinuvchi shaklining ta'siri

Kation almashinuvchi shakli	Mis ionlarining sorbsiyasi, mg-ekv/g ($C_{\text{chiqH}_2\text{SO}_4} = 1\text{g/l}$)			K disp, mg - ekv/g.	
	pH=5,5	pH=9	pH=11	pH=5,5	pH=9
H - shakli	2,2	2,4	3,0	116	175
Na-shakli	3,3	3,6	4,5	400	450

Kationitning asosiy xossalari

Ko'rsatgichlar nomi	Ko'rsatgichlarning qiymati		
	Gidrometallurgiya sanoati chiqindi suvlarini	MHga ko'ra	Taklif etilgan ionit bilan tozalangan so'ng
pH	7,8	6-9	6,9
Quruq qoldiq	10158,0 mg/dm ³	1500,00 mg/dm ³	1250 mg/dm ³
Qattiq modda	60,9 mg/dm ³	30,0 mg/dm ³	18 mg/dm ³
Suvning umumiy qattiqligi	78,0 mmol/dm ³	10,00 mmol/dm ³	1,5 mmol/dm ³
Kalsiy Ca ²⁺	901,8 mg/dm ³	-	30,1 mg/dm ³
Magniy Mg ²⁺	401,3 mg/dm ³	-	<1,0 mg/dm ³
Xloridlar(Cl ⁻)	1035,3 mg/dm ³	350,00 mg/dm ³	194,97 mg/dm ³
Nitritlar(NO ₂ ⁻)	0,18 mg/dm ³	3,0 mg/dm ³	-
Nitratlar (NO ₃ ⁻)	40,7 mg/dm ³	45,00 mg/dm ³	-
Sulfatlar (SO ₄ ²⁻)	2578,9 mg/dm ³	500,00 mg/dm ³	380 mg/dm ³
Marganes (Mn) ⁺²	0,17 mg/dm ³	0,1 mg/dm ³	0,025 mg/dm ³
Qo'rg'oshin (Pb) ⁺²	0,04 mg/dm ³	0,03 mg/dm ³	0,019 mg/dm ³
Mis (Cu) ⁺²	2,9 mg/dm ³	1,0 mg/dm ³	0,89 mg/dm ³
Xrom (Cr) ⁺³	<0,05 mg/dm ³	0,05 mg/dm ³	0,048 mg/dm ³

Statik almashinish qobiliyatidan tashqari, biz mis ionlarining dinamik sharoitda sorbsiyasini ham o'rgandik, bu kation almashinuvchining ion shakliga, oqim tezligiga va boshqalarga bog'liq. Na-shaklida bir xil oqim tezligida mis ionlarining sorbsiya qobiliyati H-shakliga qaraganda kattaroqdir, ya'ni, 170,6 mg/g va 148 mg/g. So'rilgan mis ionlarining desorbsiyasi sulfat kislotaning ikki normal eritmasini mis ionlari tomonidan so'rilgan ion almashinuvchi qatlamidan o'tkazish yo'li bilan amalga oshirildi. Mis ionlarining desorbsiyasi 92% ni tashkil etdi.

JNQ-1 va KB-4 kationitning asosiy xossalari

№	Ionitning xossalari	Kation turi:	
		1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 -akril kislota-PSK	Nazorat- KB-4
1.	Umumiy massa, g/ml	0,54	0,6-0,55
2.	Ionitning suvda bo'kkan solishtirma hajmi, ml/g		
	R-H shakli	3,48-3,72	2,53-2,28
	R -Na shakli	5,15-5,46	4,1-4,25
3.	Ionogen guruhlar	-COOH, -H	-COOH
4.	0,1 n li NaOH eritmasida statik ion almashinish sig'imi mg-ekv/g	5,92-6,46	4,4-5,0
5.	Statik sig'im 0,1 n. li MgCl ₂ eritmasida		
	R-H tip, mg-ekv/g	3,23-3,02	2,8-3,0
	R-Na tip, mg-ekv/g	4,56-5,03	4,2-4,5
6.	Statik sig'im 0,1 n. li CaCl ₂ eritmasida		
	H-shakl, mg-ekv/g	3,56-4,22	3,2-4,0
	Na shakl, mg-ekv/g	6,03-6,43	6,2-6,6
7.	Statik sig'im 0,1 n. li CuSO ₄ eritmasida CuSO ₄ , (C _{dast} = 1 g/l) R-Na tip, mg-ekv/g	2,88-3,08	2,1-1,8
8.	Statik sig'im 0,1 n. li NiSO ₄ eritmasida NiSO ₄ (C _{dast} = 1 g/l) R-Na tip, mg-ekv/g	2,62-2,83	2,6-3,0
9.	Mexanik mustahkamlik %	98	96-98

Ba'zi metall ionlarining sorbsiyasini o'rganish bo'yicha olingan ma'lumotlar turli xil suvlardan ushbu metall ionlarini sorbsiyalash jarayonlarida hosil bo'lgan kation almashinuvchidan foydalanish imkoniyatini ko'rsatadi.

Sopolimerlarning olinish texnologiyasi. Taklif etilayotgan texnologiya asosida (5-rasm) tarkib uchun kerakli reagentlar (C₂H₂) aralashmasi 2:1 nisbatda adsorber(2)da seolit yordamida quritilib, 20 m³/s sarf bilan R-1 reaktorga dimerlash uchun yuboriladi. Reaktorda oldindan an'anaviy tayyorlangan CuCl+HCl va ammoniy xlorid tarkibli to'yingan katalizator qatlamidan o'tkaziladi. Katalizatorning faolligi gazning o'tish tezligiga bog'liq ravishda o'zgaradi. Mazkur holatdi gazning o'tish tezligiga bog'liq 100-150 daqiqa atrofida bo'ladi. Katalizatorni regeneratsiyalash davrida, kelayotgan xom ashyo oqimi zaxiradagi reaktorga yo'naltiriladi. Bunda R-1 reaktorning harorati 50 °C ni tashkil etadi. Hosil bo'lgan gazlar aralashmasi (atsetilen, vinilatsetilen) 1,5 MPa bosim ostida kompressor(4) orqali sovitgich(5)da sovutuvchi eritma - rassol yordamida sovitilib, separator(6)ga ajratish uchun yuboriladi. Separatorning ish prinsipiga ko'ra ikki qismga ajralgan

komponentlardan reaksiyaga kirishmagan atsetilen yuqori qismidan kompressor(3) orqali chiqarilib adsorberga 0,8MPa bosim ostida yuboriladi. Separator(6)ning pastki qismidan olingan vinilatsetilen ish unumdorligi (60- 80 %) 6 m³/s bo‘lgan nasos (7) yordamida 8- bilan qizdirilib, R-2 reaktoring quyi qismidan furfuroлга biriktiriladi. Bunda mahsulot hosil bo‘ladi. 85 °C haroratli ko‘ylakli reaktor(10)ga yuqori asosli tizim katalizatori 0,5-1,0 kg/s, DMSO erituvchisi 0,8-1,2 kg/s sarf bilan kiritiladi. Aralashtirgich yordamida ko‘ylakli reaktor(10)dagi aralashma 160-180 daqiqa davomida intensiv aralashtirilib turiladi.

Tayyorlangan katalizator va erituvchidan iborat bo‘lgan sistemani, hajmi 2 m³ bo‘lgan tayyorlash sig‘imi(11)ga 1,2-1,8 kg/s sarf bilan furfuroлга aralashtirish uchun kiritiladi. Sig‘imga furfuroл 4,0-6,0 kg/s sarf bilan kiritiladi.

Sig‘im(11)da erituvchi va katalizator furfuroл bilan 150- 180 daqiqa davomida intensiv aralashtiriladi. Mernik yordamida keyingi uzluksiz jarayonlarni mahsulot bilan talab etilgan sarfda ta‘minlab turadi. Hosil bo‘lgan katalitik sistema R-2 reaktoring yuqori qismidan 3,0-5,0 kg/s sarf bilan kiritiladi.

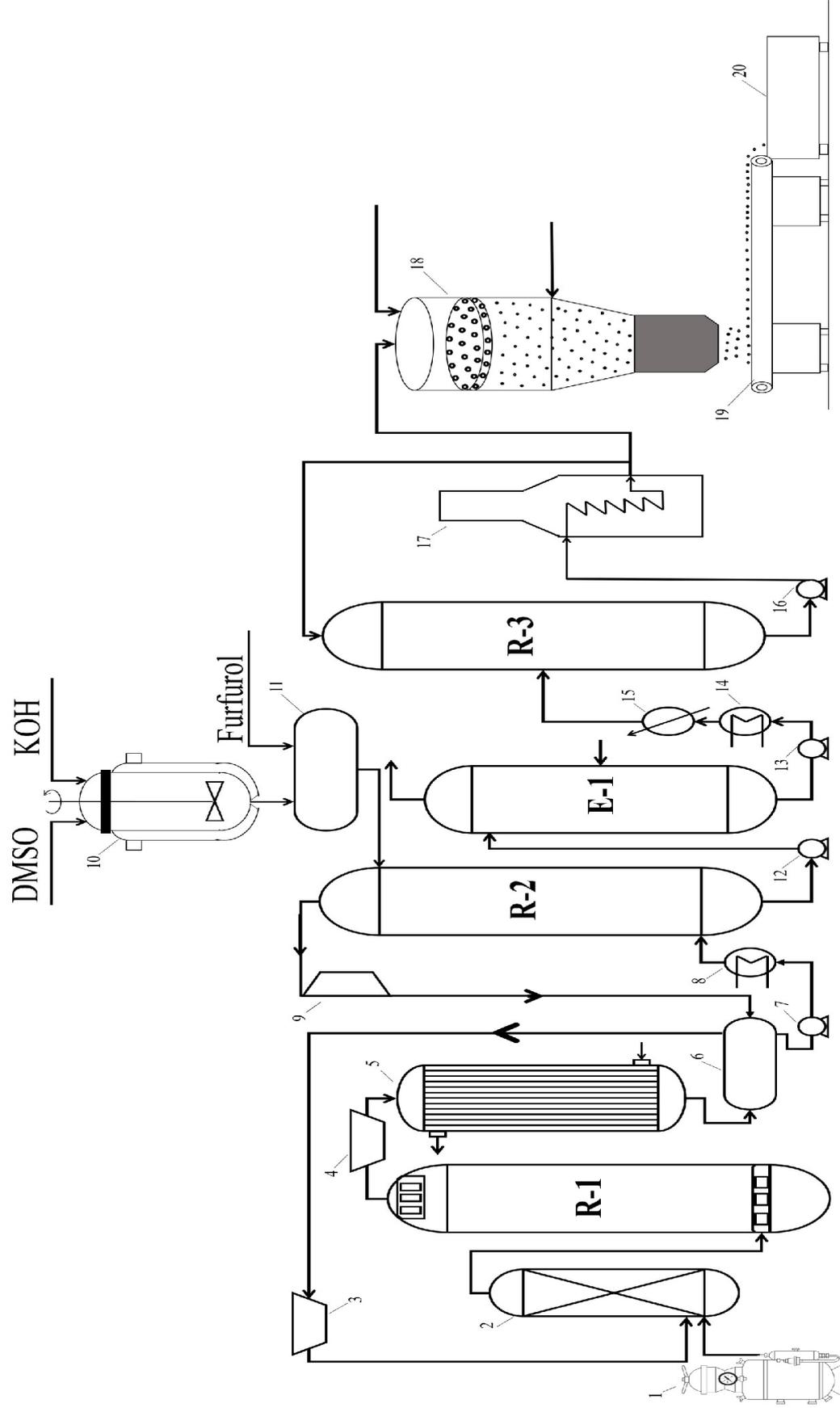
Furfuroл vinil hosila sintezini uzluksiz amalga oshirish uchun R-2 reaktorga reglamentda ko‘rsatilgan hajmlarda xom ashyo yuklanadi.

R-2 reaktoring nasadkali bo‘lishi suyuq furfuroлni va gaz holatdagi vinilasetilenning o‘zaro to‘qnashishlar sonini oshirishi sababli reaksiya unumini yuqori bo‘lishiga olib keladi. Reaksiyaga kirishmagan vinilatsetilen reaktoring tepa qismidan chiqarilib sirkulyatsion gaz sifatida tizimga qaytariladi va unum yuqori bo‘lishi ta‘minlanadi. Hosil bo‘lgan reaksiya aralashmalar (DMSO, KOH, vinil hosila) 0,1 m³/s sarf bilan reaktoring pastki qismida nasos(12) yordamida atrof muhit haroratida (25 °C) hajmi 1 m³ bo‘lgan dietil efirli E-1 ekstraktor kolonnasiga yuboriladi. Bunda, aralashma tarkibidagi DMSO, KOH, furfuroл dietil efir ekstragentida eriganligi sababli kolonnaning yuqori qismida yig‘iladi, asosiy mahsulot vinil hosila esa ekstragentda erimaganligi uchun kolonna tubidan chiqariladi.

Ekstragent va unga erigan qo‘shimchalardan iborat ekstrakt kolonnaning tepa qismidan chiqariladi.

Toza holda ajratib olingan asosiy mahsulot vinil hosila nasos (13) orqali 0,1 m³/s sarf bilan isitgich(14)ga vinil hosilani akril kislota bilan sopolimerlarini hosil qilish uchun yuboriladi. Bu yerda akril kislota va vinil hosila initsiator ishtirokida 75-95 °C haroratda sopolimerlanishga kirishadi. Hosil bo‘lgan sopolimerni 0,1 m³/s sarf bilan sovutgich(15)da sovutib, R-3 reaktorga yuboriladi. R-3 reaktorda matritsa polisilikat kislota bilan gomogenizatsiyalanadi. Reaktoring pastki qismidan chiqarilgan reaksiya mahsuloti nasos(16) orqali 0,1 m³/s sarf bilan pech(17)da 80-120 °C haroratgacha qizdirilib granulyator (18)ga yuboriladi. Granulyator yuqori qismidan tetrabutiltalat yuboriladi va yon qismidan sovuq havo yuboriladi.

Granulyator chiqqan granular elevator(19)ga uzatiladi. Granula o‘lchamiga ko‘ra sinflanadi va undan so‘ng qadoqlash(20)ga yuboriladi. Taklif etilgan texnologiya asosida an‘anaviy ionitlarning tannarxini qiyoslash orqali har bir tonnasiga 5 mln so‘m iqtisodiy samaradorlikka erishishimiz mumkin (2023 yildagi talab 120 ming tonna).



5- rasm. Ionitning olishning printsipliy texnologik sxemasi. 1-Generator, 2-adsorber, R-1,R-2,R-3-reaktor, 3,4,9-kompressor, 5,15-sovitgich, 6-separator, 7,12,13,16-nasos, 11-reagentlarni tayyorlash sig‘imi, 10 – ko‘ylakli reaktor, E-1-ekstraktor, 8,14-isitgich, 17-pech 18- granulyator, 19-elevator, 20-qadoqlash sig‘imi.

XULOSA

1. Polisilikat kislota asosida zol-gel usulida 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1-akril kislota sopolimeri ishtirokida organo-noorganik gibrid kompozitlar olindi. Kompozitlar strukturasi organik sopolimerlar mustahkam joylashgan uch o'lichamli kremniy dioksiddan matrissaligida shakllangan bo'lib, ularning yuqori termik va kimyoviy barqarorligini ta'minlaydi.

2. DMSO eritmasida radikal sopolimerlanish bilan 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1-akril kislota sistemali yangi sopolimerlar 85 °C da initsiator ishtirokida 3 soat davomida 78 % unum bilan olindi. Halqali monomerlar ularning somonomerlariga nisbatan yuqori reaksiya qobiliyatini namoyon qilishi aniqlandi, unumga dastlabki moddalar miqdori ta'sir etishi aniqlandi.

3. 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 – akril kislota va PSK asosidagi gibrid kompozitlar kislotali va ishqoriy muhitda kalsiy, magniy, mis ionlariga nisbatan yuqori sorbsion faollikni namoyon qiladi. Sorbsion sig'imning va fazalararo taqsimlanish koeffitsientining eng katta qiymatlari 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 - AK-PSK sistemasida karboksil va gidroksil guruhlar hisobiga ionitlik xossasini namoyon qilib, statik sorbsion yutish koeffitsienti 1,25 marta, mexanik mustahkamligi 1,24 marta yaxshiligi aniqlandi.

4. Sintez qilingan sopolimerlar polisilikat kislota bilan gidrolitik polikondensatlanish mahsulotlari asosida kation o'tkazuvchi materiallar xossasiga ega bo'lgan yangi gibrid kompozitning olinish texnologiyasi asoslandi.

5. 1-(furanil-2)penten-4-in-2-ol-1 – akril kislota va PSK sopolimeri asosidagi kompozitlarning metallarning ionlarini adsorbsiyalash mexanizmining harorat bilan o'zgarishi aniqlandi,

6. “Navoiy kon-metallurgiya kombinati” AJ Markaziy ilmiy-tadqiqot laboratoriyasida o'tkazilgan sinovlarda ionitlarning kalsiy, magniy va mis ionlarini yutish qobiliyati hamda mexanik mustahkamligi Davlat standartlari talablariga javob beradi.

7. Ionit ishlab chiqarishning prinsipial texnologik sxemasi ishlab chiqildi, 1 tonna uchun mos ravishda 5 mln so'mni tashkil etuvchi ionitning iqtisodiy samaradorligi hisoblab chiqildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSC.03/30.12.2019.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ЖАМИЛОВА НИГИНАБОНУ КОБИЛ КИЗИ

**ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ СОЕДИНЕНИЙ С ЗАДАННЫМИ
СВОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ ФУРФУРОЛА**

02.00.14- Технология органических веществ и материалов на их основе.

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ
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 B2024.2.PhD/T4592

Диссертационная работа выполнена в Бухарский государственный технический университета.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на сайте Ученого совета (ik-kimyo.nuu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Zionet» (www.zionet.uz)

Научный руководитель: **Ахмедов Вохид Низомович**
кандидат технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Адилев Равшан Иркинович**
доктор технических наук, профессор

Файзуллаев Нормурод Ибодуллаевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: **Наманганский государственный технический университет**

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2025 г. в « ____ » часов на заседании Ученого совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте. (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхантахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел: (99871) 244-79-20, факс: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz). Административное здание Ташкентского химико-технологического института, 2-этаж, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института (зарегистрирована за № 2024/1) (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхантахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел: (99871) 244-79-20)

Автореферат диссертации разослан « ____ » _____ 2025 года.
(протокол рассылки № ____ от « ____ » _____ 2025 г.).

С.М. Туробжонов

Председатель учёного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор, академик

Х.И. Кадиров

Секретарь ученого совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Г. Рахмонбердиев

Председатель научного семинара
при ученом совете по присуждению
учёных степеней, д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В связи с растущим спросом на промышленные органические продукты в мире, учитывая ограниченность запасов нефти и газа, возникает проблема использования новых природных ресурсов. Известно, что фурановые кольца содержатся в природных соединениях, фармацевтических препаратах (фубромиган, ранитидин, диданозин, зидовудин, фторфуран и др.), используются в качестве «зеленых» растворителей в производстве акрилатов и эпоксидных смол, входят в состав экологически чистого дизельного топлива и технических моющих средств. В этом аспекте особую важность имеет использование природного возобновляемого сырья, в том числе разработка новых типов полимерных композиционных материалов на основе фурана, сформированных на основе комбинации компонентов, обладающих химической природой, физико-механическими, магнитными, оптико-электронными свойствами и другими текстурными свойствами.

Во всем мире ведутся научные исследования по разработке состава полимерных композиционных материалов на основе фурана и селективной модификации спиртов с целью повышения их практических областей применения. В этом аспекте уделяется особое внимание винилированию фурановых соединений ацетиленом, синтезу виниловых эфиров, содержащих фурановый фрагмент, методом «зеленой» химии получению гибридных композиций, служащих матрицами для проектирования многофункциональных фурановых структур, а также созданию и апробации технологий получения материалов на их основе для целевого использования в промышленности.

В нашей республике уделяется особое внимание получению высокомолекулярных продуктов из комбинаций химически модифицированных, безвредных компонентов на основе соединений, содержащих фурановые кольца, их использованию в энерго- и ресурсосберегающих системах, и достигнуты определенные научные результаты в этом направлении. В стратегии развития Нового Узбекистана определены важные задачи, в частности «дальнейшее развитие экспортного потенциала отраслей местной промышленности на основе максимального задействования имеющихся возможностей, внедрение стандартов, соответствующих требованиям внешнего рынка и соответствующая международным стандартам»¹. В этом отношении, особое значение имеют исследования по получению гибридных полимерных систем на основе продуктов золь-гель синтеза с участием винилпроизводных гетероциклических соединений, содержащих фурановое кольцо, производству органической матрицы для сорбентов, протонпроводящих мембран, эмульгаторов и фармацевтических препаратов.

Данное диссертационное исследование в определенной мере служит реализации задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на

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

2022-2026 годы», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О Программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», № ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной привлекательности химической промышленности» и других нормативно-правовых актах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. Научные исследования по синтезу винильных производных, содержащих фурановое кольцо, проведены такими учёными как C.Walsh Daniel, E.Mbuligwe Stephen, R.Alam, K.Sugihiro, S.Mamoru, Schwetlick Wolfgang, J.Reich, Б.А. Трофимов, О.Н. Темкин, Р.М. Флид, Л.Б. Фишер, И.Л. Котляревский, А.А. Петров, Б. Гусев, А.В. Шелкунов, Paru Ram Rao, L. Panivnika, Yoko Yamamoto, Biao Jiang, А.Г. Махсумов, К.М. Ахмеров, Т.С. Сирлибоев, Д. Юсупов, А. Икрамов, Б.Ф. Мухиддинов, С.Э. Нурмонов, Р. Назирова, Ф.А. Магруппов, Г. Рахмонбердиев, А.Т. Джалилов, С.М. Туробжонов и др.

Ими синтезированы ацетиленовые соединения и иониты, разработаны методы винилирования органических соединений, содержащих активный водород, химически модифицированы соединения фуранового цикла, предложены технологии получения высокомолекулярных продуктов на основе комбинирования компонентов.

Однако, на сегодняшний день недостаточно проведены исследования по получению винилпроизводных гетероциклических соединений с фурановым кольцом, разработке с их участием состава гибридных полимерных систем на основе продуктов золь-гель синтеза, созданию технологий производства органических матриц и протонпроводящих мембран для композиционных сорбентов.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Бухарского инженерно-технологического института в рамках прикладного проекта № 37-22 «Разработка состава и создание технологии антибактериальной композиции» (2020-2022 гг.).

Целью исследования является создание технологии получения органо-неорганических гибридных композитов на основе сополимеризации виниловых эфиров, содержащих фурановое кольцо.

Задачи исследования заключаются в следующем:

синтезирование сополимеров на основе винилфурфурола и акриловой кислоты, определение состава и структуры полученных продуктов;

формирование гибридных композитов методом золь-гель синтеза с участием винильных производных поликремниевой кислоты и соединений, содержащих фурановое кольцо;

изучение состава и структуры гибридных композитов;
определение сорбционной активности полученных ионит-композитов по отношению к ионам металлов;
создание технологии получения гибридного композита, содержащего фурановое кольцо.

Объектами исследования выбраны фурфурол, ацетилен, акриловая кислота, поликремниевая кислота, винилпроизводные соединений фуранового ряда, сополимеры на основе винилфурфурола и акриловой кислоты.

Предметом исследования является разработка гибридных композитов и сорбентов ионов металлов на основе продуктов процессов сополимеризации и полимеризации винилфурфурола и акриловой кислоты.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы использовались методы математической статистики и моделирования, масс-спектрокопии, титриметрического и гравиметрического анализа, а также стандартизированные методы испытаний для определения физико-механических, технологических и эксплуатационных свойств полученных продуктов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

доказано, что продукт радикальной каталитической сополимеризации винилфурфурола с акриловой кислотой в присутствии растворителей образует гибридный композит с поликремниевой кислотой, полученной золь-гель методом;

обосновано, что в высокотермических и химически стабильных гибридных композитах матрицей является трехмерный диоксид кремния, прочно связанный с органическими сополимерами;

определены закономерности изменения механизма адсорбции ионов металлов композитами на основе сополимера винилфурфурола и акриловой кислоты, доказано, что при низких температурах процесс является физической адсорбцией;

выявлено, что ионы металлов адсорбируются на поверхности ионита в композитах, и научно обосновано, что при повышении температуры образуются комплексы с химически активными группами ионов металлов;

практически обоснована и разработана технология получения ионитов на основе продуктов гидролитической поликонденсации синтезированных сополимеров с поликремниевой кислотой.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены оптимальные параметры получения ионитов полисиликатной кислоты на основе сополимера продукта винилирования фурфурола с ацетиленом с акриловой кислотой;

определены оптимальные параметры получения новых гибридных композитов на основе сополимеризации виниловых эфиров, содержащих фурановое кольцо;

разработана технология получения протон-проводящих ионитов на основе продуктов гидролитической поликонденсации сополимеров винилэфиров, содержащих фурановое кольцо, с поликремниевой кислотой;

Достоверность результатов исследований доказывается использованием в анализе современных физико-химических методов исследования, совершенствованием системы производства матриц для высокотермических и химически стабильных гибридных композитов, внедрением в промышленность технологий получения протон-проводящих селективных ионитов на основе продуктов гидролитической поликонденсации сополимеров, содержащих фурановое кольцо, с поликремниевой кислотой.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований является разработка гибридных полимерных систем с высокой сорбционной активностью по отношению к ионам металлов, статическим коэффициентом сорбционного поглощения и высокой механической прочностью, созданием научных основ получения составов органических матриц и протон-проводящих мембран для композиционных сорбентов.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что разработана технология получения термически и химически устойчивых ионитов, селективно разделяющих ионы из технологических растворов, на основе продукта гидролитической поликонденсации сополимеров, содержащих фурановое кольцо с поликремниевой кислотой.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по созданию технологии получения гибридных композитов из продуктов золь-гель процесса на основе винилфурфурола, поликремниевой кислоты и (олиго)полимеров и их использования в качестве ионитов:

гибридные иониты, полученные из продуктов золь-гель процесса, внедрены в производство для очистки сточных вод в Центральной научно-исследовательской лаборатории акционерного общества «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №23/01-01-07/798 от 12.12.2024 г.). В результате это позволило использовать гибридные иониты, селективно очищающие ионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , обнаруженные в сточных водах;

гибридный композит, полученный из продуктов золь-гель процесса на основе сополимера промышленного мономера винилфурфурола с акриловой кислотой и поликремниевой кислотой, внедрен в качестве ионита в производство в Центральной научно-исследовательской лаборатории акционерного общества «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №23/01-01-07/798 от 12.12.2024 г.). В результате этого удалось получить гибридные иониты, обладающие в 1,25 раза большей поглощающей способностью по ионам меди, алюминия и никеля, в 1,24 раза большей механической прочностью по сравнению с существующими ионитами, а также высокой химической стабильностью.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены на 4 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях, конференциях и симпозиумах.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 6 статьи в отечественных научных изданиях и 4 статьи в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан к публикации основных научных результатов докторских диссертаций (PhD).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, списка условных обозначений и терминов, а также приложений. Объем диссертации составляет 113 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность проведенных исследований, описаны цели и задачи, объект и предметы исследования, показано его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, описана научно-практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования в практику, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной **«Фурфурол, перспективы развития и современное состояние исследований на его основе»** проанализированы тенденции развития химии фурфурола, перспективы развития и современное состояние исследований в области создания эффективных ионитов, по результатам чего сформулированы цели и задачи данного исследования.

Во второй главе диссертации, озаглавленной **«Синтез и методы исследования органических ионитов на основе фурфурола»** приведены сведения о выборе объекта исследования, методике подготовки реагентов, порядке проведения синтеза, методах механических, сорбционных и химических исследований синтезированных ионитов.

В третьей главе диссертации, озаглавленной **«Сополимеризация виниловых производных содержащих фуран соединений с акриловыми мономерами»** весьма ограничена информация о прямом винилировании фурфурола винилацетиленом. Учитывая, что фурфурол вступает в реакцию Каницарро в щелочной среде, был выбран чистый фурфурол. Синтез был осуществлен из фурфурола и винилацетилена в высокоосновной системе при комнатной температуре и атмосферном давлении.



В присутствии высокоосновной системы выход реакции составляет 80% в зависимости от продолжительности реакции и температуры.

Таблица 1

Влияние температуры на выход 1-(фуранил-2)-пентен-4-ин-2-ола-1 (количество катализатора по отношению к массе фурфуrolа составляет 15%)

Продолжительность реакции 3 часа (продукт условно обозначен как JNQ-1)

№	Температура реакции, °С	выход 1-(фуранил-2)-пентен-4-ин-2-ола-1, %
1	30	9,6
2	35	13,8
3	40	19,6
4	45	25,4
5	50	35,2
6	55	45,6
7	60	58,2
8	65	65,2
9	70	75,3
10	75	80,1
11	80	78,2
12	85	72,2
13	90	67,8
14	100	57,6
15	110	52,7
16	120	48,8

При выборе растворителя для экстракции мы учитывали растворимость реактивов и продуктов реакции под воздействием растворителей.

Таблица 2

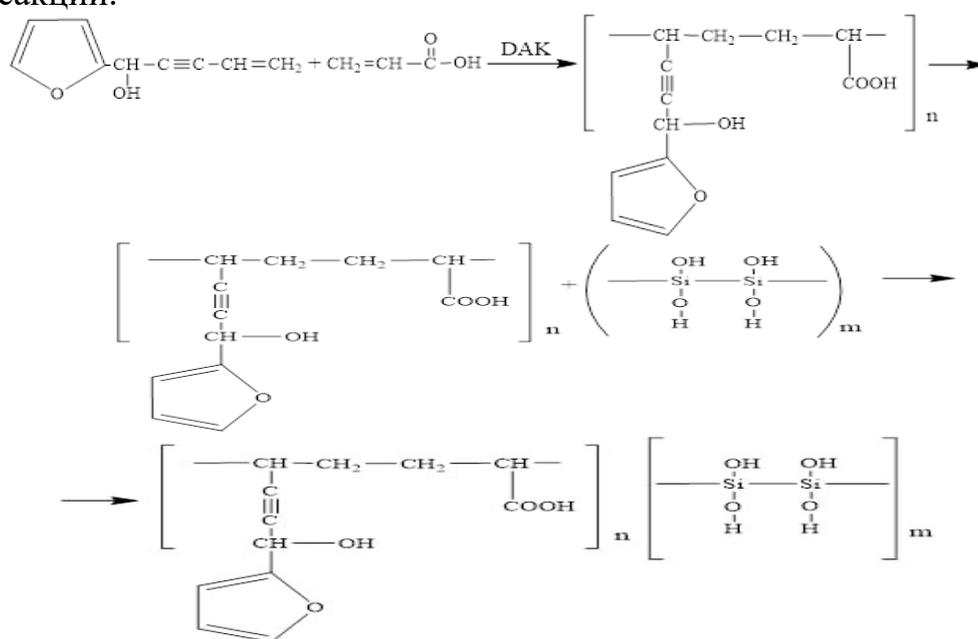
Растворимость входящих в реакцию реактивов и продуктов в растворителях

№	Растворители	Исходные вещества			Продукт
		Фурфурол	Винилацетилен	Акриловая кислота	JNQ-1
1	Изопропил	растворяется	не растворяется	не растворяется	не растворяется
2	Октан	не растворяется	не растворяется	не растворяется	не растворяется
3	Изобутил	растворяется	растворяется	растворяется	растворяется
4	Гептан	растворяется	не растворяется	растворяется	не растворяется
5	Толуол	не растворяется	растворяется	растворяется	растворяется
6	Гексан	не растворяется	не растворяется	растворяется	не растворяется
7	Амиловый спирт	не растворяется	не растворяется	растворяется	растворяется
8	Декан	не растворяется	не растворяется	растворяется	не растворяется
9	Этиловый спирт	не растворяется	растворяется	растворяется	растворяется
10	Диметил-формамид	растворяется	растворяется	растворяется	растворяется

Данные табл. 2 показывают, что исходные реактивы растворялись в этиловом, амиловом спирте, диметилформамиде, толуоле, изобутилене, и

используя нерастворимость продукта в декане, октане и гексане, олигомер выделяли в чистом виде в присутствии гептана и изучали его физические свойства.

Гранулы, полученные из синтезированного сополимера в матрице поликремниевой кислоты (ПСК), характеризуются высокой ионообменной емкостью. Полученный процесс можно в общем виде представить следующей схемой реакции.



Идентификацию синтезированного олигомера проводили с использованием современного метода анализа. Полученное вещество исследовали в ИК-спектре и обнаружили, что его функциональные группы в составе соответствуют приведенным в уравнении реакции.

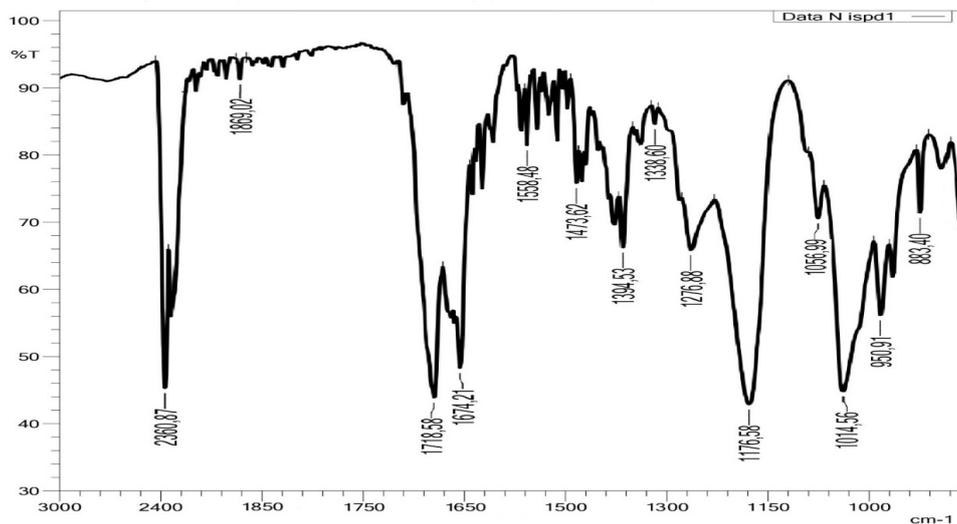


Рис. 1. ИК-спектр синтезированного соединения.

Как видно из рис. 1, область 1176 см^{-1} отображает все группы OH, широкую полосу неплоских изгибных колебаний для промежуточных OH, колебаний гидроксильных групп и связей C – O, при $1014,56 \text{ см}^{-1}$ колебание Si-O-Si сильное, область $1276,88 \text{ см}^{-1}$ отображает ароматическую и винильную группу $= \text{C} - \text{O} - \text{C} -$, колебание кольца сильное, в области 1718 см^{-1} неопределяемая карбоновая кислота, при $1674,21 \text{ см}^{-1}$ симметричные колебания в

нескоординированных макромолекулах C=C, что свидетельствует о том, что синтезированное вещество соответствует своему составу.

Увеличение доли мономера 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1 в исходной смеси приводит к увеличению молекулярной массы сополимеров. Это, в свою очередь, объясняется высокой склонностью винильной группы к полимеризации.

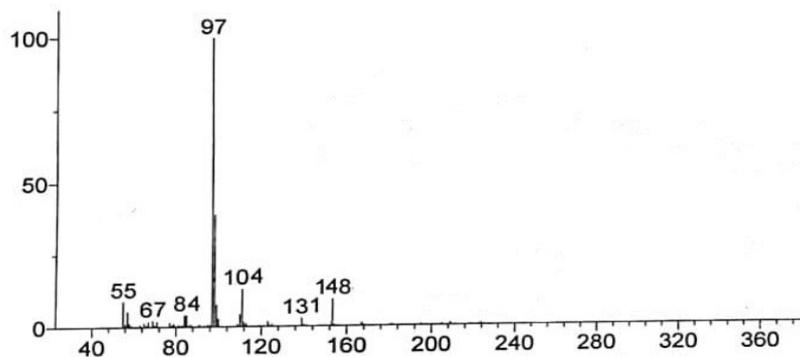
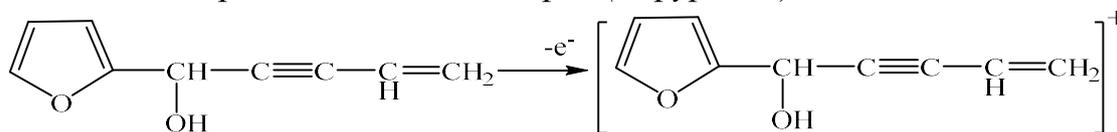
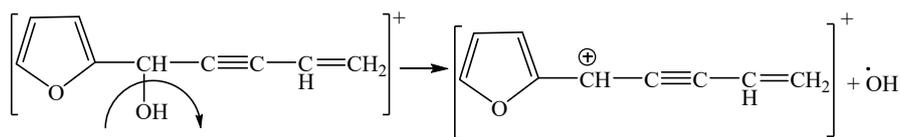


Рис.2. Хромато-масс-спектр 1-(2-фуририл)пентин-4-ин-2-ола-1.



Mr=148

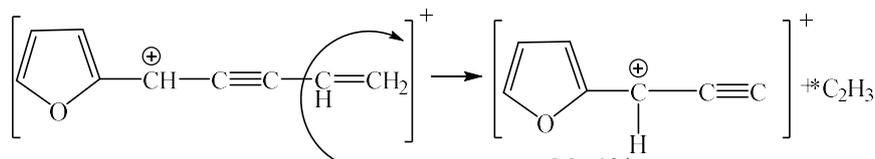
Кроме того, в спектре выявлено образование фрагментных ионов с массами м/з 131, м/з 104, м/з 97, м/з 84, м/з 67 и м/з 55. В результате выделения гидроксильного (-ОН) радикала из 1-(фуранил-2)-пентен-4-ин-2-ол-1-иона на 3,573 мин наблюдалось выделение иона м/з 131. Этот пик соответствует иону 1-(фуран-2-ил)пентен-4-ин-2-ил-1 с м/з 131, что также согласуется с энергиями связи.



Mr=148

Mr=131

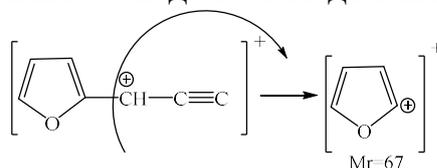
Вследствие выделения метиленового радикала (*C₂H₃) из третичного 1-(фуран-2-ил)пентен-4-ин-2-ил-1 иона наблюдается выделение иона м/з 86. Этот пик соответствует иону 1-(фуран-2-ил)-3λ³-пропин-2-ил-1 с м/з 104.



Mr=131

Mr=104

В свою очередь, в результате выделения радикалов из иона 1-(фуран-2-ил)-3λ³-пропин-2-ил-1 на 3,597 мин наблюдалось выделение иона с м/з 67.



Mr=67

Кинетические законы ионов, образующихся в конце анализа, также происходят в соответствии со сложностью раскрытия кольца. Первоначальная диссоциация ионов боковой цепи и последующий разрыв кольца подтверждают правильность и точность идентификации структуры вещества, её соответствии с законами.

Увеличение доли мономера 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1 в исходной смеси приводит к увеличению молекулярной массы сополимеров. Это, в свою очередь, объясняется высокой склонностью винильной группы к полимеризации.

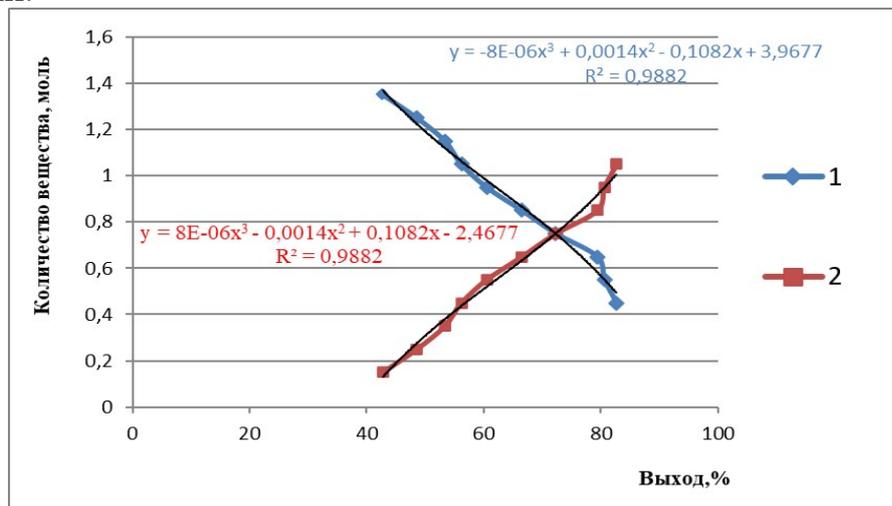


Рис. 3. Зависимость количества 1-(фуран-2-ил)пентен-4-ин-2-ола-1 от выхода в реакции сополимеризации 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ола-1 с акриловой кислотой; Зависимость количества акриловой кислоты от выхода в реакции сополимеризации 2-1-(фуран-2-ил)пентен-4-ин-2-ил-1 с акриловой кислотой.

Данные рис. 3 показывают, что при анализе зависимости количества реагирующих мономеров от выхода с помощью математической программы, принимая во внимание, что значение R в уравнении регрессии, полученном в результате математической обработки полученных результатов, приближается к единице, не только свидетельствует о идентичности полученных результатов математической обработке, но и подтверждает правильность полученных результатов. Обратная пропорциональность уравнения регрессии и полученных линий для каждого из мономеров также подтверждает правильность результатов. Было показано, что изменение количества обоих мономеров осуществляется с помощью одного и того же уравнения. Теоретические расчеты дополняют практические эксперименты.

Изучение физико-химических и сорбционных свойств полученного катионита поскольку ионит со сшитым фурановым кольцом представляет собой твердый гранулированный материал со сложной трехмерной структурой, для изучения его структуры параллельно с методами химического анализа использовались физико-химические методы анализа.

Среди множества функций, для определения функциональности и степени диссоциации ионогенных групп в синтезированном ионите был выбран аналитический метод – получены кривые потенциометрического титрования.

Среду, то есть рН-баланс растворов, определяли с помощью рН-метра, а время ионного обмена катионита с растворами изучали в течение недели. Основной вывод, который можно сделать из кривой потенциометрического титрования катионита, характеризуется кривой монотонного убывания, что свидетельствует об увеличении ионообменной способности с ростом рН (рис 3).

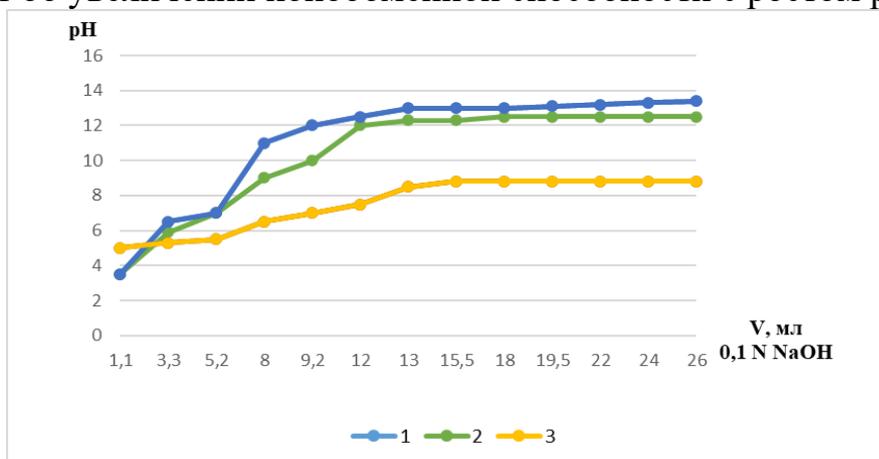


Рис. 4. Кривая потенциометрического титрования катионного заместителя. 1) 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1 + АК+ФСК; 2) 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1 + АК, 3) 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1 + ПСК.

Акриловая кислота определяет свою обменную емкость как с карбоксильной группой, так и с гидроксильной группой, и это хорошо видно при потенциометрическом титровании.

Определение параметров адсорбции в статическом режиме. Для определения параметров адсорбции в статическом режиме используют методы изучения изотермы адсорбции и математической обработки данных. Для наблюдения кривой адсорбции 10 г образца сорбента помещают в 100 л предварительно приготовленного модельного раствора, содержащего соединения тяжелых металлов в концентрации от 0,1 до 1 г/л. Время контакта сорбента с раствором составляет 3 часа, после чего измеряют равновесные концентрации тяжелых металлов и «А-S_{муv}». Составлены координаты связи. В этом случае А находится по следующей формуле:

$$A = (S_0 - S_{\text{муv}}) \cdot \frac{V}{m}$$

где: А – адсорбция определяемого иона относительно 1 г сорбента;
 S_0 и $S_{\text{муv}}$ – начальные и равновесные концентрации ионов, мг/л;
 V – объем раствора, л;
 m – масса сорбента, г.

Определение хлорида кальция объем титранта, использованного для титрования, рассчитывается по разнице объемов трилона Б, использованного для титрования при рН=10 и рН=12. Количество СаО в растворе рассчитывается по следующим формулам:

$$m_{\text{Ca}^{2+}} = \frac{C_{\text{ТВ}} \cdot V_{\text{ТВ}}^a \cdot M_{\text{Ca}^{2+}} \cdot V_k}{V_{\text{алиq}} \cdot 1000},$$

Где: $C_{\text{ТВ}}$ – концентрация трилона Б;
 $V_{\text{ТВ}}^a$ – объем трилона Б, пошедший на титрование;

V_{aliqu} – аликвотная часть анализируемого раствора;
 V_k – объем анализируемого раствора;
 $(V_{TB}^a - V_{TB}^b)$ – разность объемов трилона Б, израсходованных на титрование при $\text{pH} = 10$ и $\text{pH} = 12$

$$C_{Ca^{+2}} = \frac{C \cdot V_1 \cdot 1000}{V_2}$$

$$C_n = \frac{m_1}{E \cdot V} = \frac{2,3125}{186,12 \cdot 1} = 0,0124 \frac{\text{г}}{\text{ЭКВ}}$$

$$m_1 = C_o \cdot E \cdot V = 0,5 \cdot 20 \cdot 1 = 10 \frac{\text{г}}{\text{л}}$$

$$m_2 = C_m \cdot E \cdot V = 0,04 \cdot 20 \cdot 1 = 0,08 \frac{\text{л}}{\text{МГ}}$$

$$\frac{(C_o - C_m) \cdot V}{m} = \frac{(0,5 - 0,04) \cdot 50}{1} = 23 \frac{\text{л}}{\text{ЭКВ/г}}$$

Полная динамическая объемная емкость адсорбента (TDHS) определяется по следующей формуле:

$$D_{tdhs} = \frac{TDHS = ((S_0 - S) \cdot V_{er}) / m_s}{(C_o - C) \cdot V_{er}} = \frac{(0,01 - 0,0005) \cdot 1}{5} = 0,0019 \frac{\text{г/ЭКВ}}{\text{г}}$$

где; S_0 – исходная концентрация очищаемых катионов, мг/л;

S – конечная концентрация очищаемых катионов, мг/л;

V_{er} – общий объем модельного раствора, л.

m_s – масса сорбента в колонке, г.

Таблица 3

Сорбция ионов металлов ионным свойством JNQ-1

№	Начальная концентрация исследуемых ионов	R-H	R-Na
1.	Хлорид магния	3,01 – 3,11	4,38 – 4,85
2.	Хлорид кальция	3,43 – 4,17	5,88 – 6,51

Таблица 4

Влияние величины pH среды и формы катионита на сорбцию ионов меди

Форма катионного заменителя	Сорбция ионов меди, мг-экв/г ($C_{\text{chiqH}_2\text{SO}_4} = 1 \text{ г/л}$)			К дисп, мг · экв/г	
	pH=5,5	pH=9	pH=11	pH=5,5	pH=9
H – форма	2,2	2,4	3,0	116	175
Na – форма	3,3	3,6	4,5	400	450

Помимо способности статического обмена, нами также исследована сорбция ионов меди в динамических условиях, которая зависит от ионной формы катионита, скорости потока и т.д. Сорбционная емкость ионов меди при одинаковой скорости потока в Na-форме больше, чем в H-форме, и составляет 170,6 мг/г и 148 мг/г. Десорбцию адсорбированных ионов меди проводили путем пропускания двух нормального раствора серной кислоты через

ионообменный слой, адсорбированный ионами меди. Десорбция ионов меди составила 92%.

Таблица 5

Основные свойства катионита

Название показателя	Значение показателя		
	Сточные воды гидрометаллургической промышленности	По МН	После очистки рекомендуемым ионитом
рН	7,8	6-9	6,9
Сухой остаток	10158,0 мг/дм ³	1500,00 мг/дм ³	1250 мг/дм ³
Твёрдое вещество	60,9 мг/дм ³	30,0 мг/дм ³	18 мг/дм ³
Общая жесткость воды	78,0 ммоль/дм ³	10,00 ммоль/дм ³	1,5 ммоль/дм ³
Кальций Ca ²⁺	901,8 мг/дм ³	-	30,1 мг/дм ³
Магний Mg ²⁺	401,3 мг/дм ³	-	<1,0 мг/дм ³
Хлориды (Cl ⁻)	1035,3 мг/дм ³	350,00 мг/дм ³	194,97 мг/дм ³
Нитриты (NO ₂ ⁻)	0,18 мг/дм ³	3,0 мг/дм ³	-
Нитраты (NO ₃ ⁻)	40,7 мг/дм ³	45,00 мг/дм ³	-
Сульфаты (SO ₄ ²⁻)	2578,9 мг/дм ³	500,00 мг/дм ³	380 мг/дм ³
Марганец (Mn) ⁺²	0,17 мг/дм ³	0,1 мг/дм ³	0,025 мг/дм ³
Свинец (Pb) ⁺²	0,04 мг/дм ³	0,03 мг/дм ³	0,019 мг/дм ³
Медь (Cu) ⁺²	2,9 мг/дм ³	1,0 мг/дм ³	0,89 мг/дм ³
Хром (Cr) ⁺³	<0,05 мг/дм ³	0,05 мг/дм ³	0,048 мг/дм ³

Таблица 6

Основные свойства катионитов JNQ-1 и KB-4

№	Свойства ионита	Тип катиона:	
		1-(фуран-2)-пентен-4-ин-2-ол-1-акриловая кислота-ПСК	KB-4
1.	Общая масса, г/мл	0,54	0,6-0,55
2.	Относительный объем ионита в воде, мл/г форма R-H форма R-Na	3,48-3,72	2,53-2,28
		5,15-5,46	4,1-4,25
3.	Ионогенные группы	-COOH, -H	-COOH
4.	Статическая ионообменная ёмкость в 0,1 н растворе NaOH, мг-экв/г	5,92-6,46	4,4-5,0

5.	татическая ёмкость в 0,1 н. растворе MgCl ₂		
	Тип R-H, мг-экв/г	3,23-3,02	2,8-3,0
	Тип R-Na, мг-экв/г	4,56-5,03	4,2-4,5
6.	Статическая ёмкость в 0,1 н растворе CaCl ₂		
	H-форма, мг-экв/г	3,56-4,22	3,2-4,0
	Na-форма, мг-экв/г	6,03-6,43	6,2-6,6
7.	Статическая ёмкость в 0,1 н растворе CuSO ₄		
	CuSO ₄ , (C _{dast} = 1 g/l) Тип R-Na, мг-экв/г	2,88-3,08	2,1-1,8
8.	Статическая ёмкость в 0,1 н растворе NiSO ₄		
	NiSO ₄ (C _{dast} = 1 g/l) Тип R-Na, мг-экв/г	2,62-2,83	2,6-3,0
9.	Механическая прочность %	98	96-98

Данные, полученные при изучении сорбции некоторых ионов металлов, указывают на возможность использования катионитов, образующихся в процессах сорбции ионов этих металлов из различных вод.

Технология получения сополимеров. По предлагаемой технологии (рис. 5) смесь реагентов (C₂H₂), необходимая для состава, осушается в соотношении 2:1 в адсорбере (2) с использованием цеолита и направляется в реактор P-1 на димеризацию с расходом 20 м³/с. В реакторе он пропускается через насыщенный слой катализатора, состоящий из традиционно приготовленной смеси CuCl+HCl и хлорида аммония. Активность катализатора меняется в зависимости от скорости потока газа. Это происходит примерно через 100–150 минут в зависимости от расхода газа. В период регенерации катализатора входящий поток сырья направляется в резервный реактор. В этом случае температура реактора P-1 составляет 50 °С. Образовавшаяся смесь газов (ацетилен, винилацетилен) охлаждается компрессором (4) под давлением 1,5 МПа в охладителе (5) с использованием охлаждающего раствора – рассола и направляется в сепаратор (6) для разделения. Согласно принципу работы сепаратора, непрореагировавший ацетилен из двух разделенных компонентов удаляются сверху через компрессор (3) и направляются в адсорбер под давлением 0,8 МПа. Полученный из нижней части сепаратора (6) винилацетилен подогревается насосом (7) производительностью 6 м³/с (60-80%) и добавляется к фурфуролу из нижней части реактора P-2. Так создается продукт. В реактор с рубашкой (10) при температуре 85 °С вводят высокоосновный системный катализатор со скоростью 0,5-1,0 кг/с, а растворитель ДМСО со скоростью 0,8-1,2 кг/с. Смесь в реакторе с рубашкой (10) интенсивно перемешивают в течение 160-180 минут с помощью мешалки. Подготовленную систему катализатора и растворителя вводят в подготовительную емкость (11) объемом 2 м³ для смешивания с фурфуролом со скоростью 1,2-1,8 кг/с. Фурфурол вводят в емкость со скоростью 4,0-6,0 кг/ч.

В ёмкости (11) растворитель и катализатор интенсивно перемешиваются с фурфуролом в течение 150-180 минут. С помощью мерника обеспечиваются последующие непрерывные процессы с требуемым расходом продукта. Полученную каталитическую систему Р-2 вводят сверху реактора со скоростью 3,0-5,0 кг/с.

Для непрерывного синтеза винилпроизводного фурфурола реактор Р-2 загружается сырьем в объемах, указанных в регламенте.

Насадочная конструкция реактора R-2 увеличивает количество столкновений между жидким фурфуролом и газообразным винилацетиленом, что приводит к более высоким выходам реакции. Непрореагировавший винилацетилен удаляется из верхней части реактора и возвращается в систему в качестве циркулирующего газа, что обеспечивает высокий выход. Полученные реакционные смеси (ДМСО, КОН, винилпроизводное) с помощью насоса (12) при расходе 0,1 м³/с подают в колонну экстрактора Э-1 с диэтиловым эфиром объемом 1 м³ при температуре окружающей среды (25 °С) в нижней части реактора. В этом случае ДМСО, КОН и фурфурол, содержащиеся в смеси, собираются в верхней части колонны, поскольку они растворимы в экстрагенте диэтилового эфира, в то время как основной продукт, винилпроизводное, удаляется из нижней части колонны, поскольку оно нерастворимо в экстрагенте. Экстракт, состоящий из экстрагента и растворенных в нем добавок, отводится из верхней части колонны.

Очищенный основной продукт через насос винилпроизводного (13) с расходом 0,1 м³/с направляется в нагреватель (14) для образования сополимеров винилпроизводного с акриловой кислотой. Здесь акриловая кислота и винилпроизводное начинают сополимеризоваться в присутствии инициатора при температуре 75-95 °С. Полученный сополимер охлаждают в охладителе (15) со скоростью потока 0,1 м³/с и направляют в реактор Р-3. В реакторе Р-3 матрица гомогенизируется с поликремниевой кислотой.

Продукт реакции, извлеченный из нижней части реактора, нагревается до температуры 80-120 °С в печи (17) при расходе 0,1 м³/с при помощи насоса (16) и направляется в гранулятор (18). Тетрабутилфталат впрыскивается сверху гранулятора, а холодный воздух – сбоку. Гранулы, выходящие из гранулятора, перемещаются в элеватор (19). Гранулы сортируются по размеру, а затем отправляются на упаковку (20).

На основе предлагаемой технологии можно достичь экономической эффективности в 5 млн сумов за тонну по сравнению со стоимостью традиционных ионитов (потребность в 2023 году составила 120 тыс. тонн).

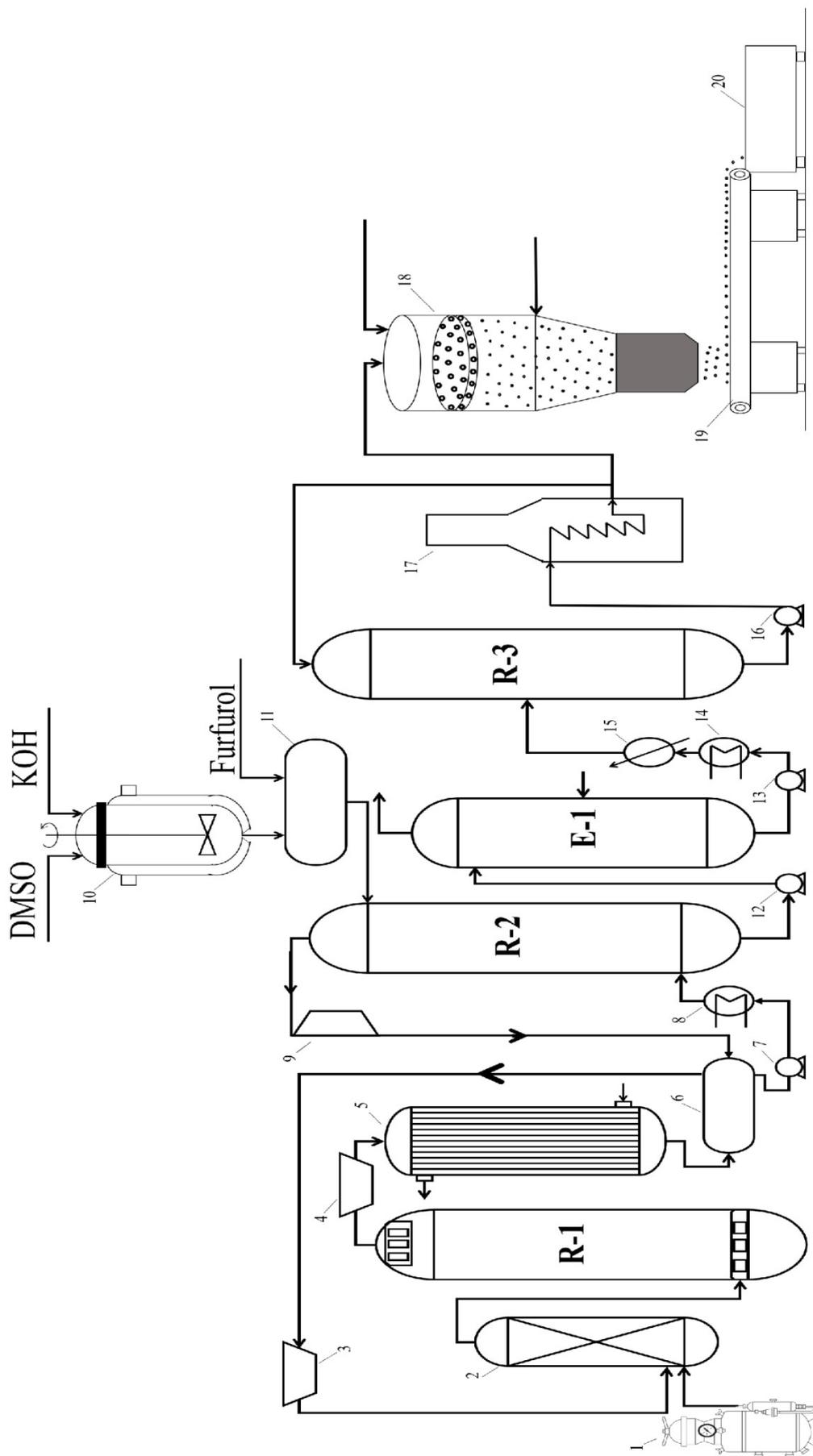


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема получения ионита. 1-генератор, 2-адсорбер, 3-компрессор, 4-охладитель, 5,15 - охладитель, 6-сепаратор, 7,12,13,16 - насос, 11-ёмкость подготовки реагента, 10-реактор с рубашкой, Э-1-экстрактор, 8,14 - нагреватель, 17-печь, 18-гранулятор, 19-элеватор, 20-ёмкость для упаковки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Получены органо-неорганические гибридные композиты золь-гель методом на основе поликремниевой кислоты в присутствии сополимера 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1-акриловой кислоты. Структура композитов сформирована на основе трехмерной кремнеземной матрице с прочно внедренными в нее органическими сополимерами, что обеспечивает их высокую термическую и химическую устойчивость.

2. Методом радикальной сополимеризации в растворе ДМСО получены новые сополимеры 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1-акриловой кислоты с выходом 78% при 85 °С в течение 3 часов в присутствии инициатора. Выявлено, что циклические мономеры проявляют более высокую реакционную способность, чем их сомономеры, а выход их зависит от количества исходных веществ.

3. Гибридные композиты на основе 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1 – акриловой кислоты и поликремниевой кислоты проявляют высокую сорбционную активность по отношению к ионам кальция, магния, меди в кислых и щелочных средах. Установлено, что наиболее высокие значения сорбционной емкости и коэффициента межфазного распределения наблюдаются в системе 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1-АК-ПКК, которая проявляет свойства ионита за счет карбоксильных и гидроксильных групп, причем коэффициент статического сорбционного поглощения выше в 1,25 раза, а механическая прочность – в 1,24 раза.

4. Разработана технология получения нового гибридного композита со свойствами катион-проводящих материалов на основе продуктов гидролитической поликонденсации синтезированных сополимеров с поликремниевой кислотой.

5. Выявлено изменение механизма адсорбции ионов металлов композитами на основе сополимера 1-(фуранил-2)пентен-4-ин-2-ол-1 – акриловой кислоты и поликремниевой кислоты в зависимости от температуры.

6. Испытания в Центральной научно-исследовательской лаборатории АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» способность ионитов поглощать ионы кальция, магния и меди, а также механическая прочность соответствуют требованиям предъявляемыми ГОСТами.

7. Разработана принципиальная технологическая схема производства ионита, рассчитана экономическая эффективность ионита, на 1 тонну которая составила 5 млн сум соответственно.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.T.04.01
IN DRAWING OF SCIENTIFIC DEGREES AT
TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

JAMILOVA NIGINABONU

**OBTAINING PROPERTY AND TECHNOLOGY OF COMPOUNDS WITH
SPECIFIED PROPERTIES BASED ON FURFURAL**

02.00.14- Technology of organic substances and materials based on them

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

Tashkent - 2025

The topic of the dissertation for the degree of the Doctor of Philosophy in technical sciences is registered in the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher education , science and innovation of the Republic of Uzbekistan B2024.2.PhD/T4592.

The doctoral dissertation was completed at the Bukhara State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English(abstract)) on the website of the Scientific Council (www.bmti.uz) and on the website of “Ziyonet” information and educational portal(www.ziyonet.uz).

Scientific advisor: **Axmedov Voxid Nizomovich**
Candidate of Technical Sciences, Professor

Official opponenents: **Adilov Ravshan Irkinovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Fayzullaev Normurod Ibodullaevich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization: **Namangan State Technical University**

The defense of dissertation will take place on _____, 2025 at ____ at the meeting of Scientific Council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 for awarding academic degrees at the Tashkent Chemical Technological Institution. (Address: 100011, Tashkent city, Shaykhontakhur district, A. Navoiy street, house 32. Tel.: (99871)244-79-20, fax: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz). Administrative building of the Tashkent Institute of Chemical Technology, 2nd floor, conference hall).

The dissertation has been registrated at the Informational Resourse Centre of Tashkent Chemical Technological Institution. (Address: 100011, Tashkent city, Shaykhontakhur district, A. Navoiy street, house 32. Tel.: (99871)244-79-20, fax: (99871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz). Administrative building of the Tashkent Institute of Chemical Technology, 2nd floor, conference hall).

Abstract of dissertation sent out “__” _____ 2025 y.
(Protocol at the register № ____ “____” _____ 2025y.).

S.M. Turobjonov
Awarding of a scientific degree
Chairman of the Council,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician

X.I. Kadirov
Awarding of a scientific degree
Secretary of the Council,
Doctor of Technical Sciences, Professor

G. Raxmonberdiyev
Awarding of a scientific degree
scientific seminar at the council
chairman, doctor of chemical sciences, professor

Introduction (the abstract of PhD thesis)

The aim of research work Development of a technology for obtaining organo-inorganic hybrid composites based on the copolymerization of vinyl ethers containing a furan ring.

The objects of research work furfural, acetylene, acrylic acid, polysilicic acid, vinyl derivatives of furan series compounds, copolymers based on vinylfurfural and acrylic acid, and water supply systems.

The scientific novelty of the research work is as follows:

It has been proven that the product of radical catalytic copolymerization of vinylfurfural with acrylic acid in the presence of solvents forms a hybrid composite with polysilicic acid obtained via the sol-gel method.

It has been substantiated that in highly thermally and chemically stable hybrid composites, the matrix consists of three-dimensional silicon dioxide strongly bonded with organic copolymers.

The temperature-dependent behavior of the metal ion adsorption mechanism in composites based on the copolymer of vinylfurfural and acrylic acid was investigated, and it was proven that the process follows physical adsorption at low temperatures.

It was determined that the adsorption of metal ions in the composites occurs on the ion-exchange surface, and it was scientifically substantiated that an increase in temperature promotes the formation of complexes between metal ions and chemically active functional groups.

A practical technology was developed for obtaining ion-exchange materials based on the hydrolytic polycondensation products of the synthesized copolymers with polysilicic acid.

Implementation of the research results. Based on the scientific results achieved in the development of the technology for obtaining hybrid composites based on vinylfurfural, acrylic acid, and polysilicic acid, and their use as ion exchangers:

hybrid ion-exchangers obtained from sol-gel process products were implemented in the treatment of wastewater at the Navoi Mining and Metallurgy Combinat Joint Stock Company ("Navoi Mining and Metallurgy Combinat" JSC, certificate No. 23/01-01-07/798 dated December 12, 2024). As a result, the selective hybrid ion-exchangers enabled the company to efficiently treat wastewater containing Ca^{2+} , Mg^{2+} , and Cu^{2+} ions.

the hybrid composite based on the vinylfurfural-acrylic acid copolymer and polysilicic acid obtained from the sol-gel process was implemented in the treatment of wastewater as an ion-exchanger at the Navoi Mining and Metallurgy Combinat Joint Stock Company ("Navoi Mining and Metallurgy Combinat" JSC, certificate No. 23/01-01-07/798 dated December 12, 2024). As a result, compared to the existing ion-exchanger, the ability to adsorb copper, aluminum, and nickel ions was 1.25 times more effective, its mechanical strength was 1.24 times stronger, and its stability in aggressive environments allowed it to be used in various conditions.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total length of the dissertation is 113 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YHATI

Список опубликованных работ

List of published works

I-bo'lim (I chast; I part)

1. Jamilova N.Q., Axmedov V.N. Synthesis and properties furan containing oligomers // Universum технические науки. Москва. 2024 год, 3 (120) P.15-17. (02.00.00; № 1)
2. Zaripov M.X., Jamilova N.Q., Production of vinyl ethers of furfuryl alcohol// Universum: технические науки 9 (111) Москва. 2022 year, P. 57-62. (02.00.00; № 1)
3. Jamilova N.Q., Axmedov V.N., Furan saqlagan oligomerlar sintezi va xossalari. Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. Ilmiy - texnikaviy jurnal. 2024 yil 2-son, 53-56 b. (02.00.00; № 14)
4. Jamilova N.Q., Zaripov M.X. Process for production of ethyl acetate by an enhanced extraction process of the integration // Scientific journal impact factor (SJIF 2022= 5.016) Scientific progress Volume 4 issue 5, 2023 yil (05) P.459-465.
5. Жамилова Н.К., Зарипов М.Х. Синтез и исследование карбоксильного катионита на основе продуктов взаимодействия акриловой кислоты и фурфурола // Scientific journal impact factor (SJIF 2022= 5.016) Scientific progress Volume 4 issue 5, 2023 yil (05) C.453-458.
6. Zaripov M., Jamilova N., Axmedov V., Fayzullaev N. Ion almashinuvchi smolalar uchun dasturiy ta'minot. DGU 41823. O'zbekiston Respublikasi dasturiy mahsulotlar davlat reestrda (07.08.2024 yil ro'yxatdan o'tkazilgan).

II bo'lim (II chast; II part)

7. Jamilova N.Q., Nasilloev D.D. Application of urea-formaldehyde and urea furfural resins in different solvent// American Journal of Pedagogical and Educational Research Volume 12, May. 2023. P. 265 – 267.
8. Jamilova N.Q., Dusiyorov T.R. Urea furfural resin synthesis // Теоретическая и практическая вопросы химической науки и технологий, материала конференции. Улан-Удэ. 2022 г. 24 ноября., P. 157 - 160.
9. Жамилова Н.К. Получение и свойства ионитов на основе фурановых соединений. “Проблемы, инновационные предложения в области химии и технологии нефти и газа”. Бухара, 14-15 декабря 2023 г. С. 244-247.
10. Жамилова Н.К. Зарипов М.Х. Синтез и исследование карбоксильного катионита на основе продуктов взаимодействия акриловой кислоты и фурфурола. “Механика muammolarini yechishda innovatsion yechimlari va istiqbollari” Respublika ilmiy-amali anjumani. Бухара., Май., 2024 год, С. 226-227.
11. Jamilova N.Q., Axmedov V.N. Sanoat chiqindi suvlarni gibrit kompozitsion ionitlar bilan ishlab chiqarishga tadbir qilish. “Neft, gaz va gazkondensatni qazib olish va tayyorlash jarayonidagi texnologik muammolarning innovatsion yechimlari”. Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik anjuman to'plami. Buxoro., 14-15 noyabr 2024 y.457-459 b.

12. Jamilova N.Q., Ahrorov A. Improving the physico-chemical properties of urea furfural resin // American Journal of Pedagogical and Educational Research Volume 12, May. 2023. P. 268-271.

13. Jamilova N.Q., Zaripov M.K. Investigation of the synthesis and physicochemical properties of sorption compounds // Международной научно-практической конференции: «Образование и наука: вызовы IV промышленной революции», посвященной 80-летию академика А. Куатбекова. Шымкент., 13 май 2022 г. 110-111 P.

Avtoreferat «Kimyo va kimyo texnologiyasi» jurnali tahririyatida taxrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bichimi 84x601/16. «Times New Roman» garniturasini. Raqamli bosma usuli. Times garniturasini.
Shartli bosma tabog‘i: 3. Adadi 100. Buyurtma №_25
Guvohnoma №_100624_
“OUTDOOR MEDIA” Xususiy korxonasi
Chilonzor tumani, Chilonzor ko‘chasi 81 uy

