

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
ТЕРМИЗ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

Қўлёзма ҳуқукида

УДК: 541.64.678

**ЭРГАШЕВА НИЛУФАРБОНУ НОДИРЖОН ҚИЗИ**

**КОМПЛЕКС ҲОСИЛ ҚИЛУВЧИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛ ИОНИТЛАР  
СИНТЕЗИ ВА УЛАРНИНГ ТАДҚИҚОТИ**

5A140501-Кимё (фан йўналиши бўйича) мутахассислиги бўйича  
магистр академик даражасини олиш учун тайёрланган

**ДИССЕРТАЦИЯ**

**Илмий раҳбар: Х.Х. Тўраев,**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Термиз -2018 йил**

## МУНДАРИЖА

<b>Кириш.....</b>	<b>5</b>
<b>I. Адабиётлар таҳлили.....</b>	<b>13</b>
I.1. Комплекс ҳосил қилувчи ионитларни синтез қилиш усуллари.....	13
I.2. Комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг қўлланилиши.....	22
<b>II. Таҷрибавий қисм .....</b>	<b>35</b>
2.1. Дастлабки моддалар ва тадқиқот усуллари.....	35
2.2. Маҳаллий хом-ашёлар асосида комплекс ҳосил қилувчи полифункционал ионитлар синтези.....	37
2.2.1. Карбамид, формальдегид ва гидразин гидратнинг ўзаро поликонденсация реакциясидан комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези.....	37
2.2.2. Карбамид, формальдегид ва ортофосфат кислотанинг ўзаро поликонденсация реакциясидан комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези.....	38
2.3. Ионитларни ўрганишга тайёрлаш.....	39
2.4. Ионитларнинг кислота-асосли ионланиш константасини аниқлаш.....	39
2.4.1. Ионитларнинг натрий иони бўйича статик сифимини аниқлаш.....	40
2.4.2. Ионитларни потенциометрик титрлаш.....	41
2.5. Ионит – эритма системасида мувозанат ҳосил бўлиш вақтини аниқлаш.....	42
2.6. Сорбция изотермаси.....	42
2.7. Сорбция изотермасининг модели.....	43
2.8. Сорбциянинг термодинамик параметрлари.....	44
2.9. Сорбциянинг кинетик модели.....	44
2.10. Сорбциянинг фаолланиш энергияси.....	45
<b>III. Натижалар таҳлили.....</b>	<b>47</b>

3.1. Комплекс ҳосил қилувчи ионитлар синтез қилишда турли омиллар таъсири ва улар тузилишининг ИҚ-спектрал тавсифи.....	47
3.2. Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг кимёвий, термик ва механик барқарорлигини ўрганиш.....	55
3.2.1. Ионитларнинг кимёвий барқарорлиги.....	55
3.2.2. Ионитларнинг термик барқарорлиги.....	57
3.2.3. Ионитларнинг механик барқарорлиги.....	59
3.3. Ионитлар таркибидаги фаол функционал гуруҳларнинг кислота-асосли хоссалари.....	60
3.4. Синтез қилинган ионитларнинг сорбцион хоссалари.....	65
3.4.1. Баъзи d-металлар сорбциясига муҳит рН катталигининг таъсири.....	65
3.4.2. Ионит – эритма системасида мувозанат ҳосил бўлиш вақти.....	68
3.4.3. Сорбция изотермаси.....	69
3.4.4. Сорбция кинетикаси.....	74
<b>Хулосалар.....</b>	<b>78</b>
<b>Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.....</b>	<b>79</b>

## Қабул қилинган қисқартиришлар рўйхати

1. ЭХГ - эпихлоргидрин
2. Ф – формальдегид
3. К - карбамид
4. ИҚ - инфрақизил
5.  $SAC_{Na^+}$  - натрий иони бўйича статик алмашилиш сиғими
6. ДАС - динамик алмашилиш сиғими
7. КФГГ – карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат асосидаги ионит маркаси
8. КФФК – карбамид, формальдегид ва ортофосфат кислота асосидаги ионит маркаси

## **КИРИШ**

Республика фани қудратли интеллектуал салоҳиятни яратган. У ҳаётимизнинг кўпгина соҳаларида амалда қўлланмоқда. Ватанимизнинг миллий давлатчилиги ва иқтисодий мустақиллигини мустаҳкамлаш учун асос бўлиб хизмат қилмоқда.

**И.Каримов**

Илмий-тадқиқот фаолиятини ташкил этиш тизимида республикадаги илмий-тадқиқот муассасалари билан бир қаторда олий таълим муассасаларининг илмий мактаблари ҳам фундаментал тадқиқотларда ўз ўрнига эга. Ҳозирги кунда бу тизимда салмоқли интеллектуал салоҳият жамланган. Шунинг учун ҳам давлатимиз томонидан академик фаннинг мамлакат иқтисодиётини инновацион ривожлантиришдаги ролини кучайтириш, олимларнинг илмий-инновацион фаолиятини қўллаб-қувватлаш ва бу фаолиятни ишлаб чиқариш билан уйғунлаштириш масалаларига катта эътибор қаратилаётгани бежиз эмас. Ушбу эътиборнинг ёрқин кўриниши сифатида мамлакатимиз Президенти Шавкат Миромоновичнинг давлат раҳбари сифатидаги биринчи учрашуви айнан илм ҳамжамияти – республика академиклари ва етакчи олимлари билан бўлганлигини таъкидлаш жоиз.

Шунингдек, 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегиясида ҳам илмий-тадқиқот ва инновация фаолиятини рағбатлантириш, илмий ва инновация ютуқларини амалиётга жорий этишнинг самарали механизмларини яратиш, олий ўқув юртлари ва илмий-тадқиқот институтлари ҳузурида ихтисослаштирилган илмий-экспериментал лабораториялар, юқори технология марказлари ва технопаркларни ташкил этишга таълим ва фан

соҳасини ривожлантиришнинг энг муҳим йўналишларидан бири сифатида алоҳида эътибор қаратилган.

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳон миқёсида синтетик ионитларни ишлаб чиқариш ўтган ўн йилга нисбатан икки баробар ортган. Ишлаб чиқариладиган ионитлар ҳажми бўйича МДХ давлатлари жаҳонда иккинчи ўринда туради ва бу ионитларнинг 65 фоизи гидрометаллургия саноати корхоналарида металлларни концентрлаш ва ажратишда, халқ хўжалигининг турли соҳаларида қўлланиладиган тозаланган ҳамда тузсизлантирилган сув олишда, сувни тозалаш мақсадида ишлатилади. Шунингдек, ишлаб чиқариладиган ионитлар ИЭС, АЭС ва саноат чиқиндиларини тозалашда 15%, кимёвий технологияларда 9%, озиқ-овқат ва фармацевтика саноатида 6% ва бошқа соҳаларда қолган қисми қўлланилади. Ионитлар металлларни турли муҳитга эга бўлган индивидуал ва аралаш эритмалардан танловчан сорбциялаб, самарали ажратиб олиш имконини беради. Шу сабабли, кўпгина илмий ишлар янги ионитлар синтези, физик-кимёвий хоссаларининг тадқиқоти ва уларни сорбция жараёнларида қўллаш усулларини такомиллаштиришга йўналтирилган.

Республикамизда мустақилликка эришилгандан буён кимё саноатида янги турдаги маҳсулотларни ишлаб чиқаришни ривожлантириш йўналишидаги илмий изланишларни юқори даражада ташкил этиш ва маҳаллий бозорни импорт ўрнини боса оладиган кимёвий реагентлар билан таъминлаш борасида кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилди. Бу борада маҳаллий хом ашёлар асосида синтез қилинган, таркибида олтингугурт, азот, кислород ва фосфор донор атомларини сақлаган, қимматбаҳо металллар ионларини эритмалардан самарали сорбцияловчи, термик ва кимёвий барқарор, механик мустаҳкам, комплекс ҳосил қилувчи ионитлар тадқиқотига қаратилган илмий ишларни алоҳида таъкидлаш мумкин.

Бугунги кунда жаҳонда ионитларнинг янги турларини синтез қилиш, металл ионларига нисбатан сорбцион хусусиятларини аниқлаш ва улар ёрдамида эритмалар таркибидан қимматбаҳо металл ионларини ажратиб олиш жараёнида ҳосил бўладиган кимёвий бирикмаларнинг таркиби, тузилиши ҳамда уларнинг физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ этиш ноорганик кимёнинг долзарб вазифаларидан ҳисобланади. Комплекс ҳосил қилувчи ионитлар синтези бўйича тадқиқотларни амалга оширишда маҳаллий хом-ашёлар асосида таркибида олтингурут, азот, кислород ва фосфор донор атомларини сақлаган, эритмада турли металл ионлари билан комплекс ҳосил қилиш хусусиятига эга бўлган ионитлар синтез қилиш, улар ёрдамида нодир ва рангли металл ионларини самарали концентрлаш ва ажратиш усулларини ишлаб чиқиш долзарб муаммолардан ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2009 йил 11 мартдаги ПҚ-1071-сонли «Кимё саноати корхоналари қурилишини жадаллаштириш ва янги турдаги кимё маҳсулотлари ишлаб чиқаришни ўзлаштириш бўйича чора-тадбирлар дастури» тўғрисидаги ва 2010 йил 15 декабрдаги ПҚ-1442-сонли «2011-2015 йилларда Ўзбекистон Республикаси саноатини ривожлантиришнинг устувор йўналишлари тўғрисидаги» 2017 йил 29 августдаги ПҚ -3246-сон «Кимё саноати ташкилотларининг экспорт-импорт фаолиятини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисидаги» қарорлари ҳамда 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича «Ҳаракатлар стратегияси» нинг 4.4-банди, шунингдек мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ионитлар синтези, улар ёрдамида металл сорбцияси ва сорбция жараёнида ҳосил бўлган кимёвий бирикмаларнинг таркиби, тузилиши ҳамда физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш бўйича хориж олимлари Н.Г. Полянский, А.Б. Пашков, И.П. Лосев,

Е.Б. Тростянская, А.С. Тевлина, А.Б. Даванков, В.М. Лауфер, Ф.Т. Шостак, И.Ф. Самборский, Ю.А. Кокотов, Е.Е. Ергожин, К.М. Салдадзе, И.Л. Хмельницкая, Е.И. Люстгартен, В.Д. Копылова, Н.Н. Басаргин, Д.В. Салихов, О.В. Кичигин, Л.К. Неудачина, Л.А. Пимнева, Г.В. Мясоедова, В.Ф. Борбат, Р.З. Зейналов, D.K. Singh, P.P. Coetzee, M.H. Morcali, R.P. Kusy, G. Martines, I.S. Ahamed, S. Aoki, F.A. Long ва ўзбек олимлари М.А. Асқаров, А.Т. Джалилов, Х.Т. Шарипов, Т.М. Бабаев, У.Н. Мусаев, С.С. Зайнутдинов, З.А. Таджиходжаев, Х.Х. Тураев ва бошқалар илмий тадқиқот ишлари олиб боришган.

Комплекс ҳосил қилувчи полифункционал ионитлар синтез қилиш усулларининг ривожланишидаги асосий илмий йўналишлар эритмалар таркибидан металл ионларини самарали ажратиш хусусиятига эга бўлган, тиокарбамид, карбамид тиосемикарбазид, тиофосфатлар, меламин, госсипол смоласи, формалин, эпихлоргидрин ва полиакрилонитрил толаси асосида ионитлар синтез қилишга асосланган. Бундан ташқари, мавжуд ионитларга янги функционал гуруҳли мономерлар киритиш орқали ҳам янги комплекс ҳосил қилувчи ионитлар синтез қилиш бўйича илмий тадқиқотлар амалга оширилган.

Шу билан бирга қимматбаҳо металллар учун самарали ионитлар синтез қилишда асосий эътибор импорт ўрнини босувчи маҳаллий хом-ашёлардан фойдаланиб, таркибида азот, олтингугурт, кислород ва фосфор бўлган мономерлар асосида ионитлар синтез қилиш, уларнинг таркиби, тузилиши, хоссалари ва ушбу ионитлар ёрдамида турли металллар ионларини самарали ажратишни тадқиқ қилишга қаратилган.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим ёки илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Термиз давлат университети илмий-тадқиқот ишлари режасининг ИТД-12-сонли “Комплекс ҳосил қилувчи полифункциональ ионитлар синтези ва улар ёрдамида баъзи d-металларни



ажратишнинг назарий асослари” (2017-2020 й.) мавзусидаги фундаментал лойиҳа доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** таркибида азот, фосфор, кислород бўлган комплекс ҳосил қилувчи полифункционал ионитларни синтез қилиш, улар ёрдамида баъзи d-металлар сорбциясини ўрганиш.

**Тадқиқот ишида қўйилган мақсадга эришиш учун қуйидаги вазифалар белгилаб олинди:**

карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат ёки фосфат кислотанинг ўзаро поликонденсацияланишидан таркибида азот, кислород, фосфор бўлган комплекс ҳосил қилувчи янги полифункционал ионитларни синтез қилиш;

моноэтанолламин ва фосфор (V) сульфиднинг ўзаро таъсирлашиш маҳсулотининг эпихлоргидрин билан ўз-ўзидан полимерланиши ёки шу маҳсулотнинг формальдегид билан поликонденсацияланишидан таркибида азот, кислород, фосфор бўлган комплекс ҳосил қилувчи янги полифункционал ионитларни синтез қилиш;

ионитларни синтез қилиш жараёнига дастлабки компонентлар нисбати, ҳарорат ва реакция давомийлиги каби турли омиллар таъсирини ўрганиш ҳамда синтез усуллариининг мақбул шароитларини аниқлаш;

синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг таркиби, тузилиши, ғоваклик тавсифи ва ионитлар сирт тузилиш морфологиясини ўрганиш;

синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларда баъзи d-металлар (Mn, Fe, Co, Ni, Hg, Cu, Cd, Zn, Ag) сорбциясининг кинетик қонуниятларини тадқиқ этиш;

ўрганилган металл ионларининг сорбция ва десорбция жараёнларининг физик-кимёвий қонуниятларини тадқиқ этиш, металл ионларининг комплекс ҳосил қилувчи ионитларда сорбция шароити ва катталикларини, сорбция механизмини аниқлаш,

сорбцияланиш жараёнида ўрганилган металллар ионлари учун сорбцияланиш қаторини тузиш ҳамда термодинамик катталикларини ҳисоблаш;

ўрганилган металл ионларининг синтез қилинган ионитлар билан ҳосил қилган координацион бирикмаларининг таркиби, тузилиши, барқарорлигини аниқлаш ва ионитлардан десорбция қилишда элюент танлаш;

синтез қилинган ионитларни реал объектларда синаб кўриш ва амалиётга тадбиқ этиш.

**Тадқиқотнинг объекти** карбамид, гидразин гидрат, ортофосфат кислота, формальдегид, улар асосидаги янги комплекс ҳосил қилувчи полифункциональ ионитлар, рангли ва нодир металллар ионларини тутувчи сувли эритмалар.

**Тадқиқотнинг предмети** кимёвий ўзгаришлар, сорбция, десорбция, ионитларнинг кислота-асосли хоссалари, эритмаларда ионит-металл иони системасида комплекс ҳосил бўлиш жараёнлари кимёси, кинетикаси ва термодинамикаси.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Синтез қилинган ионитлар ва уларнинг баъзи металллар билан ҳосил қилган координацион бирикмаларининг физик-кимёвий хоссаларини ўрганишда ИҚ-спектроскопия, дифференциал термик анализ, потенциометрия, фотоколориметрия, трилонометрия, алкалометрия ва элемент таҳлиллари усуллари каби экспериментал тадқиқот усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

илк бор карбамид, формальдегид ва гидразин гидратнинг ўзаро поликонденсацияланишидан комплекс ҳосил қилувчи янги полифункциональ ионитлар синтез қилинди;

синтез қилинган ионитларнинг Mn, Fe, Co, Ni, Hg, Cu, Cd, Zn, Ag металлари ионларига нисбатан статик алмашилиш сиғимлари аниқланди ва ушбу металллар ионларининг ионитларда сорбцияланиш қатори тузилди;

сорбция жараёнини кинетик тадқиқ қилиш орқали реакциянинг тезлик константаси, активланиш энергияси, ионитларнинг ўрганилган металллар ионлари бўйича статик алмашилиш сиғимларининг, шунингдек ионит-металл иони ситемасида мувозанат ҳосил бўлиши ҳамда кинетикасининг ҳароратга, сорбцияланувчи металллар ионлари концентрацияси ва бошқа омилларга боғлиқлиги аниқланди;

бошланғич моддалар кимёвий таркиби ва физик-кимёвий хоссаларининг синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи полифункционал ионитларнинг асосий кимёвий ва физик-кимёвий хоссаларига (кумуш, кобальт, рух, никель, мис, кўрғошин металлари сорбцияси, сорбцион сиғими, функционал гуруҳларнинг диссоциаланиш даражаси) таъсири исботланган.

#### **Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:**

карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат ёки фосфат кислотанинг ўзаро поликонденсацияланишидан комплекс ҳосил қилувчи янги полифункционал ионитларни синтез қилиш усули ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги.** Синтез қилинган бирикмаларнинг таркиби ва тузилиши ИҚ-спектроскопия, дифференциал термик анализ, потенциометрия каби замонавий усуллар ёрдамида экспериментал натижалар олинганлиги билан асосланган. Сорбция жараёнлари мувозанати ва кинетикаси ҳақидаги замонавий назарияларда ишлатиладиган тенгламаларни қўллаш орқали олинган натижаларни таҳлил қилиш билан хулосалар чиқарилган ҳамда математик статистика усуллари билан қайта ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат ёки фосфат кислотанинг ўзаро поликонденсацияланишидан, комплекс ҳосил қилувчи янги полифункционал ионитларни синтез қилиш усуллариининг оптимал шароитларини таклиф этиш ҳамда комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг сорбцион фаоллигини оширишни аниқлаш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти** сорбцион қобилияти юқори бўлган синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитлар республикамиз гидрометаллургия корхоналари чиқинди эритмалари таркибидаги жуда кам миқдордаги нодир ва рангли металлларни ажратиб олиш ҳамда саноат оқава сувларини тозалаш муаммоларини ҳал қилишга хизмат қилади.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 5 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 9 та илмий иш, шулардан, 2 та мақола, улардан 1 таси Республика ва 1 таси хорижий журналларда нашр этилган.

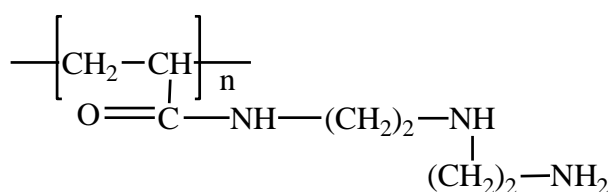
**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби: кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 92 бетни ташкил этган.

# I. АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ

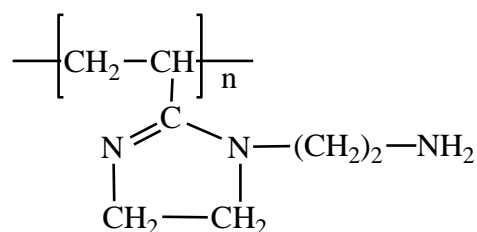
## I.1. КОМПЛЕКС ҲОСИЛ ҚИЛУВЧИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛ ИОНИТЛАРНИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ

Ионитлар гидрometаллургияда турли металл ионларини концентрлашда, таркибида оғир металл ионлари бўлган чиқинди эритмаларни зарарсизлантиришда кенг қўлланилади. Ҳозирда ионалмашинувчи, комплекс ҳосил қилувчи полимерлар ва полимер матрицаларнинг катта ассортименти ишлаб чиқилган. Маълумки, бу каби ионитларни олишнинг саноат усуллари турли функциональ гуруҳ тутган мономерларни поликонденсациялаш, полимерлаш ва сополимерлаш ҳисобланади [1].

Грачек В.И. ва бошқалар томонидан хелат ҳосил қилувчи, марганец (II) ионига нисбатан юқори танловчанликка эга бўлган, янги толали ионит синтез қилиш мақсадида полимер матрица сифатида “нитрон” толасидан фойдаланилиб, унга икки босқичли синтез жараёнида комплекс ҳосил қилувчи гуруҳлар киритилган. Жараённинг биринчи босқичида “нитрон” толаси диэтилентриамин билан аминланган. Иккинчи босқичда эса, аминланган тола монохлорсирка кислота ёки унинг натрийли тузи билан алкилланган. Натижада ФИБАН X-2 ионити олинган. Ионитда  $Mn^{2+}$  ионлари сорбцияси модели эритмалардан динамик шароитда ўрганилган. Ионит синтез жараёнининг 1-босқичида аминлаш сувли ва буғ фазада олиб борилган. Олинган ионитларни ИҚ Фурье спектроскопияси усулида тадқиқ қилиш натижасида қуйидаги тузилиш таклиф этилган [2]:



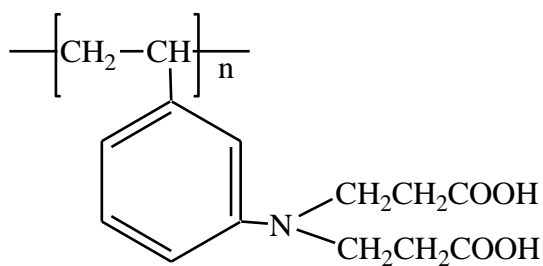
сувли фазада имидоамин тузилиш



буғ фазада имидоазолин ҳалқали тузилиш

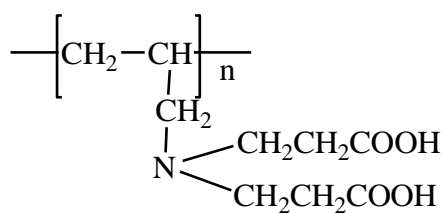
[3] ишда муаллифлар гуруҳи томонидан п-крезол ва меламина формальдегид билан 2:1:3 мол нисбатда 2 M HCl иштирокида конденсациялаш йўли билан полимер синтез қилинган. Олинган полимернинг элемент анализи, ИҚ- ва ЯМР-спектрлари ўрганилган. Полимернинг кристалл ва аморф табиати рентген дифракцияси спектрлари билан тадқиқ этилган. Морфологияси сканерловчи электрон микроскоп микрофотографиялари ёрдамида ўрганилган. Хелат ҳосил қилувчи ионитнинг сорбцион хоссалари Fe (III), Cu (II), Ni (II), Zn (II), Co (II) ва Pb (II) ионлари учун ўрганилган. Полимернинг хелат ҳосил қилиши билан содир бўладиган ионалмашиниш жараёни pH нинг кенг интервалида ўрганилган, сорбция жараёнига чайқатиш давомийлиги ва эритма муҳити ион кучининг таъсири тадқиқ этилган. Шунингдек, полимернинг нисбий термик барқарорлигини аниқлаш учун термик анализ усулидан фойдаланилган. Олинган ионитнинг термофаолланиш энергиясини ҳисоблаш учун Фриман-Керролл ва Шарп-Вентворт усулларидан фойдаланилган. Частота фактори, энтропия ва эркин энергиянинг ўзгариши Фриман-Керролл усулида аниқланган.

Баранова Н.В. ва бошқалар томонидан [4] икки хил типдаги хелат ҳосил қилувчи ионит синтез қилинган: 1 – чизиқли полистирол асосида N-(2-карбоксиэтил) аминополистирол ва 2 – полиаллиламин асосида N-(2-карбоксиэтил)полиаллиламин. Синтез қилинган ионитлар ёрдамида ўтувчи металл ионлари сорбциясининг эритма pH ига боғлиқлиги статик шароитда мис (II), никель (II) ва рух (II) ионларининг индивидуал эритмаларидан ўрганилган. Ионитларда ўтувчи металл ионларининг максималл сорбцияси индивидуал эритмалардан pH нинг 5,5-7,5 интервалида содир бўлиши аниқланган. Синтез қилинган ионитлар қуйидаги тузилишга эга:



1) N-(2-карбоксиитил)

аминополистирол



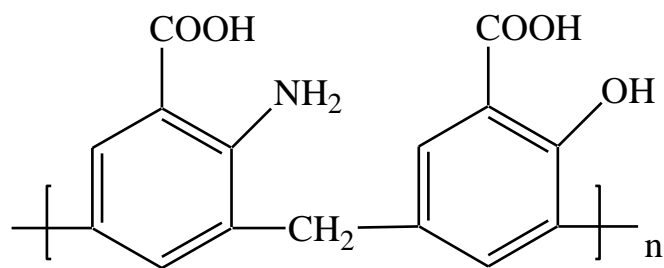
2) N-(2-карбоксиитил)

полиаллиламин

[5] ишда о- ва п-гидроксибензой кислоталарни резорцин ҳамда катехол билан чокловчи агент формалдегид иштирокида поликонденсацияланишидан хелат ҳосил қилувчи ионалмашинувчи смолалар синтези баён этилган. Синтез жараёни диметилформаидда 80 °С ҳароратда олиб борилган. Синтез қилинган смолаларда кадмий (II) ва кўрғошин (II) ионлари адсорбцияси ўрганилган. Металл – смола системасининг термодинамик параметрлари аниқланган, ташқи ва ички диффузия константалари ҳисобланган.

Гаджиева С.Р. ва бошқалар томонидан [6] малеин ангидриднинг стирол билан сополимерини рубеановодород кислота билан модификациялаб, яғни ионит синтез қилинган. Олинган ионитнинг статик сорбцион сифими ўрганилган ва ионоген гуруҳларининг ионланиш константаси потенциометрик титрлаш усулида аниқланган. Синтез қилинган ионитда кобальт (II) ионлари сорбция изотермаси тузилган ва уни концентрлашнинг оптимал шароити ўрганилган. Оптимал шароитда кобальт (II) ионларининг ажралиш даражаси 95% дан юқори бўлиши кўрсатиб берилган. Шунингдек, денгиз сувидан кобальт (II) ионларини аниқлашнинг сорбцион фотометрик усули ишлаб чиқилган.

[7] ишда антранил кислота, салицил кислота ва формальдегиднинг кислотали муҳитда поликонденсацияланишидан янги, хелат ҳосил қилувчи терполимер смола синтези ва тадқиқоти келтирилган. Терполимер смола элемент анализи, ИҚ-спектроскопия, <sup>1</sup>H ва <sup>13</sup>C ЯМР-спектроскопия усуллари ёрдамида тавсифланган. Терполимернинг тузилиши спектрал маълумотлар асосида қуйидагича бўлиши исботланган:



Синтез қилинган терполимернинг термодеструктив тавсифи термогравиметрик анализ усули ёрдамида баҳоланган, фаолланиш энергияси ва реакция тартиби каби кинетик параметрлари ҳисобланган. Смоланинг сирт тавсифи сканерловчи электрон микроскоп ёрдамида турли ўлчамда ўрганилган. Даврий мувозанат усулидан фойдаланиб терполимер смоланинг  $Pb^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Ba^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  ва  $Mn^{2+}$  каби икки валентли металл ионларига нисбатан танловчанлиги ҳамда сорбция сиғими электролитнинг ҳар хил концентрациясида, рН ва вақтнинг кенг интервалида тадқиқ этилган. Тадқиқот натижалари асосида терполимер самарали катионалмашинувчи экани кўрсатиб берилган.

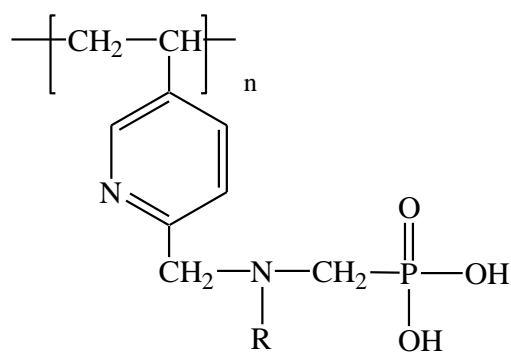
П-нитрофенол, триэтилентетрамин ва формальдегиднинг 2 М NaOH иштирокида поликонденсацияси асосида иоалмашинувчи полимерлар олинган. Олинган полимерлар  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  ва  $Pb^{2+}$  каби металл ионлари сорбциясида танловчан хелат ҳосил қилувчи хусусиятга эга. Металл ионлари сорбцияси электролитлар эритмаларининг турли рН ва ион кучи қийматларида ўрганилганда  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$  ва  $Pb^{2+}$  ионларини ажратиш олишда юқори танловчанликни намоён қилган. Ўрганилган металл ионларининг ажралиш даражаси муҳит водород кўрсаткичи катталашishi билан ортган [8].

Фенолформальдегид ва резорцинформальдегид смолаларни водородни ароматик нуклеофил алмаштириш усулидан фойдаланиб модификацияланган. Полимер занжиридаги фенол фрагментларини 1,2,4-триазин билан тўғридан-тўғри гетероариллаш янги усул бўлиб, бу усул битта реакторда фенол ҳалқасидаги водородни етарлича мураккаб хелатловчи гуруҳлар билан алмаштириб полимерларни модификациялашга имкон беради [9].



[10] ишда полиэтилентерефталат ва тиосемикарбазид асосида хелат ҳосил қилувчи толасимон ионит синтези келтирилган. Ионитда  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ионларининг адсорбция жараёни сувли эритмалардан ўрганилган ва псевдо-иккинчи тартибли ҳамда Ленгмюр моделлари бўйича тавсифланган. Келтирилган ионларга нисбатан ионитнинг максимал адсорбцион сиғими тегишлича 120,02; 96,81 ва 78,08 мг/г эканлиги аниқланган. Сорбциядан сўнг ионитни элюирлаш 1 М  $\text{HCl}$  ёки 0,1 М этилендиаминтетрасирка кислота эритмалари билан амалга оширилган. Адсорбция-десорбциянинг бешта циклидан сўнг ионитнинг адсорбцион сиғими 90% га сақланган.

Таркибида фосфор кислоталари ва турли азотли асослар бўлган комплекс ҳосил қилувчи амфотер ионитлар аминалکیلфосфат кислоталанинг ҳосилалари учун хос бўлган юқори комплекс ҳосил қилиш қобилияти ҳамда хелат эффекти ҳисобига сорбция жараёнидаги ўзига хос танловчанликка эга бўлади. Бундай ионитларни олишнинг асосий усули таркибида бирламчи ва иккиламчи аминогуруҳ бўлган полимер матрицаларни турли фосфорилловчи агентлар билан полимераналогик ўзгартиришдир. [11] ишда муаллифлар гуруҳи томонидан таркибида азот ва фосфор бўлган комплекс ҳосил қилувчи ионитни синтез усули таклиф қилинган. Таклиф этилган усул бўйича 2-хлорметил-5-винилпиридиннинг дивинилбензол билан тўрсимон ғовак сополимерини алифатик аминлар (аммиак, н-бутиламин, этилендиамин) ёрдамда аминлашдан сўнг, 100 °С ҳароратда фосфит кислота билан фосфорилланган. Олинган ионитда  $\text{In}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Fe}$  ва  $\text{Zn}$  металлари ионларининг сорбцияси ўрганилган. Ионитнинг тахминий тузилиши куйидагича келтирилган:

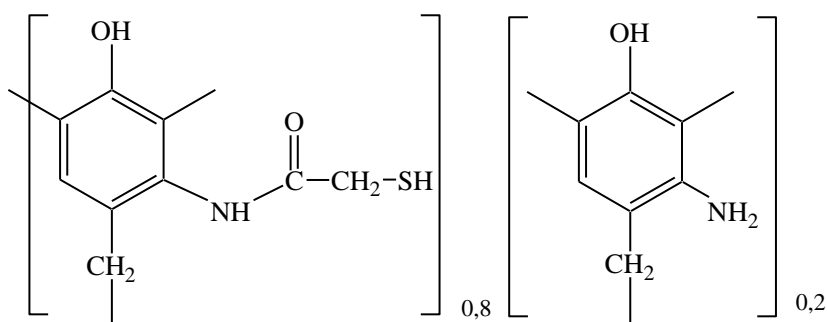


[12] ишда комплексонлар билан конденсирланган фаол полимер каватни қаттиқ матрицага иммобилланган комплекс ҳосил қилувчи ионит олиш усули келтирилган. Матрица сифатида эпоксидланган целлюлоза, стиролнинг дивинилбензол билан хлорметил, оксиметил ёки хлорсульфоланган сополимери ва сульфогурхлар билан фаоллаштирилган фенолформальдегид смола танлаб олинган. Танланган сополимерлар этилендиамин, диэтилентриамин, триэтилентетраамин, полиэтиленполиаминлар билан кимёвий модификацияланиб, фаол сорбцияловчи қават ҳосил қилинган. Комплексонлар сифатида диэтилентриамин- $\text{N}, \text{N}^{\text{I}}, \text{N}^{\text{II}}, \text{N}^{\text{III}}$ -пентасирка кислота, иминодиметиленфосфит кислота,  $\text{N}$ -(2-гидроксиэтил)-аминосирка кислота,  $\text{N}$ -(2-гидроксиэтил)-диэтилентриамин- $\text{N}, \text{N}^{\text{I}}, \text{N}^{\text{II}}, \text{N}^{\text{III}}$ -тетраметиленфосфит кислота, аминодисиркаметиленфосфит кислота, нитрилотрисирка кислота ва глицинфосфит кислоталардан фойдаланилаган. Олинган ионитларда сорбция жараёни статик шароитда ўтказилган ва таркибида 23 та элемент (Al, Ba, Bi, Pb, V, Cd, Ca, Cr, Co, Fe, Ga, In, Cu, Mg, Mn, Ni, Ag, Sr, Tl, Zn, Li, Na, K) ионлари бўлган стандарт эритма ICP multi-element standart solution IV (E.Merck, № 111355) дан фойдаланилган.

Эритма таркибидаги кам миқдордаги скандийни ионларини ажратиш учун сорбцион кўрсаткичлари юқори бўлган комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези келтирилган. Комплекс ҳосил қилувчи ионитни синтез қилиш учун диэаноламин ёки диметаноламин билан аминланган хлорметилли стирол ва дивинилбензол сополимерини фосфор (V) хлорид билан 20-25 °C ҳароратда 24 соат давомида фосфорилланган [13].

[14] ишда муаллифлар гуруҳи томонидан аналитик кимё ва гидрометаллургияда платина гуруҳи металлари ни мураккаб эритмалар таркибидан аниқлаш ҳамда ажратиб олиш учун комплекс ҳосил қилувчи ионитни синтез қилиш усули таклиф этилган. Бу усулда меламина ва формальдегид сувли эритмада ишқорий агент иштирокида конденсацияланади, сўнгра конденсация маҳсулотларига кислотали агент билан ишлов берилади. Конденсация гетероциклик амин иштирокида, меламина, формальдегид ва гетероциклик аминнинг 1:(3-5):(2-4) моляр нисбатларида олиб борилган. Конденсация маҳсулотлари 150-160 °С ҳароратда қотирилган. Гетероциклик амин сифатида 3(5)-метилпиразол, имидазол ва бензимидазолдан фойдаланилган.

[15] ишда оғир металл ионларига нисбатан сорбцион хоссалари яхшиланган комплекс ҳосил қилувчи ионит олиш усули келтирилган. Комплекс ҳосил қилувчи ионитни олиш учун м-аминофенол ва формальдегиднинг чокланган поликонденсацион сополимерига 120-130 °С ҳароратда карбонат ангидрид гази оқимида тиогликол кислота таъсир эттирилган. Олинган ионитнинг тахминий тузилиши қуйидагича:

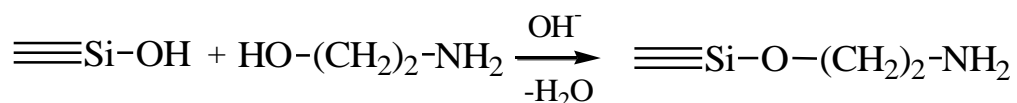


Бу ионитнинг сорбцион қобилияти мг/г да қуйидагича келтирилган: Ag – 638 (0,5 н. HNO<sub>3</sub>), 95 (1 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Pt – 93; Pd – 44, Ir – 125, Au – 210 (1 н. HCl), 98 (1 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Hg – 308 (0,1 н. HNO<sub>3</sub>), 95 (1 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); Sn – 90 (1 н. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Ион алмашинувчи смолалар саноатнинг кўп тармоқларида ишлатилади ва муҳим амалий аҳмиятга эга. Жаҳон бозорида ион алмашинувчи смолаларга

бўлган талабнинг йилдан-йилга ортиб бориши жаҳонда тоза сувнинг етишмаслиги, шаҳарлашиш, саноатлашиш ва бошқа омиллар билан боғлиқ [16].

Ҳозирги вақтда кўпгина тадқиқот ишларида силикагелни кимёвий модификациялаш усули билан танловчан ионитлар олишга катта аҳамият берилмоқда. Жумладан, [17] ишда ортокремний кислотасини моно- ва диэтанолламинлар билан модификациялаш орқали комплекс ҳосил қилувчи ионитлар синтези қуйидагича келтирилган:



Олинган ионитларда  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  каби икки валентли металл ионлари сорбцияси ўрганилган. Модификацияланган ортокремний кислоталар ва уларнинг келтирилган металл ионлари билан ҳосил қилган комплекс бирикмалари ИҚ-спектрал усулда тадқиқ этилган. Шунингдек, ионит функционал гуруҳларининг сувли эритмаларда диссоциацияланиши потенциометрик титрлаш усулидан фойдаланиб ўрганилган.

[18] ишда таркибида триэтилендиамин тутган йирик ғовакли ионитларни қўллаб  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$  изотоплари ва  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  каби d-элементлар ионларини сувли эритмалардан ажратиш олиш имконияти ўрганилган.

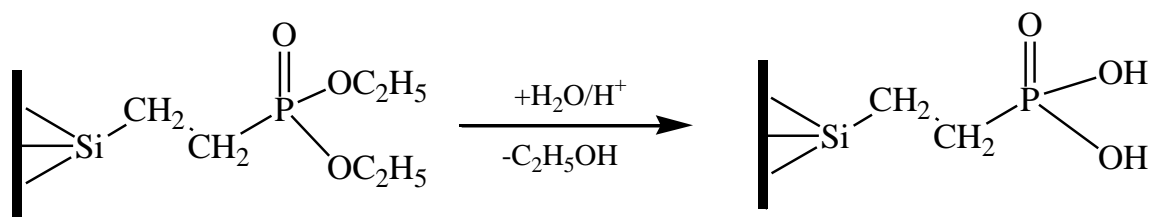
Силикагел сиртида молекулаларни навбат билан жойлаштириш усулида никель ацетил ацетонати, никель-малон ва ацетосирка эфирлари қаватлари пайвандланган, янги, хелат ҳосил қилувчи ионитлар олиш усули келтирилган. Уларнинг тузилиши ва хроматографик тавсифи физик-кимёвий усуллар ёрдамида ўрганилган [19].

Гетероген синтез усулида поли-{триэтилентетрамин-бис-(метиленфосфит кислота)} билан кимёвий модификацияланган хелат ҳосил қилувчи силикагел смоласи олинган ва ёқилғи этанол эритмалари таркибидан оғир металлларни адсорбцион ажратиш учун фойдаланилган. Силикагел

смолаинг  $\text{Hg}^{2+}$  ва  $\text{Cu}^{2+}$  ионларига нисбатан сорбцион сиғими юқори эканлиги кўрсатилган [20].

Силикагел микрозарраларига глицидилметакрилатни пайванд полимерлаш маҳсулотини иминодисирка кислота билан таъсирлаштириб хелатловчи композициялар олинган. Глицидилметакрилатнинг пайванд полимерланиш жараёнига турли омиллар таъсири, шунингдек, композитнинг оғир ва сийрак-ер металлари ионлари бўйича адсорбцион хоссалари ўрганилган [21].

[22] ишда сирт қаватида комплекс ҳосил қилувчи янги мезоғовакли ионитлар синтези келтирилган. Бу ионитлар - сиртида азот, фосфор, кислород ва олтингугурт тутган комплекс ҳосил қилувчи гуруҳлари бўлган полисилоксанли ҳамда полисилсесквиоксанли ксерогеллардир. Поли-(3-аминопропил) силоксанли ксерогел ва унинг аналоглари, шунингдек, бифункционал сиртқи қаватга эга ксерогеллар тетраэтоксисилан, 3-аминопропил триэтоксисилан ва метил ёки фенил гуруҳли алкоксисиланларнинг гидролитик поликонденсациясидан бир босқичда синтез қилинган. Шу усул билан таркибида фосфор ва азот бўлган гуруҳ тутган ксерогеллар ҳам олинган:



Синтез қилинган ксерогелларнинг  $\text{Ag}$  (I),  $\text{Hg}$  (II),  $\text{Au}$  (III) ва  $\text{UO}_2^{2+}$  ионларига нисбатан сорбцион хоссалари ўрганилган.

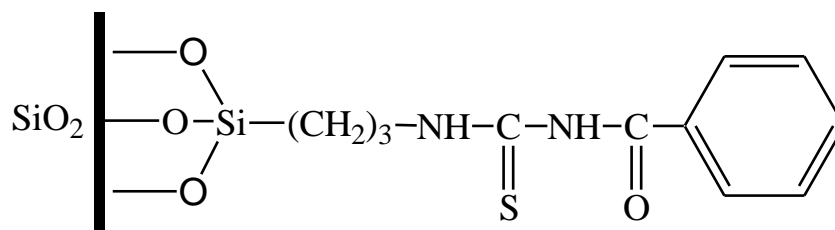
### 1-жадвал

#### Силикагелни функционал аналитик гуруҳлар билан модификациялаб олинган баъзи хелат ҳосил қилувчи ионитлар

Функционал гуруҳ	Металлар	Адабиётлар
1,8-дигидроксиантрахинон	Fe, Co, Ni, Cu, Pb, Zn, Cd	[25]
1,5-бис (ди-2-пир-идил) метилен-тиокарбогидразид	Cu, Zn, Cd, Hg, Pb	[26]

2-гидрокси-1-нафталдегид	Bi, Pb, Cd, Hg, Au, Pt, Pd, Ag, Cu	[27]
Дицианамид	Ag, Hg, Pd, Cu, Ni	[28]
Полигексаметиленгуанидин ва 8-оксихинолин-5-сульфо кислота	Cu, Zn, Co, Ni, Cd, Fe, Al	[29]
2,5-меркапто-1,3,4-тиадиазол	Cu, Zn, Cd, Ni, Pb, Co, Fe	[30]
Иминосалицил гуруҳ	Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd	[31]
3-метил-1-фенил-4-стеароил-5-пиразолон	Co, Ni, Cu	[32]
1-(2-пиридилазо)-2-нафтол	Co, Ni, Cu	[33]
Иминодацетат гуруҳ	Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb	[34]
Аминодифосфат кислота	Cu, Zn, Fe	[35]
Бензоилфенилгидроксиламин	Fe	[36]
4-аминоантипирин	Hg, Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Co, Mn, Fe, Cr	[37]
N-пропилсалицилиден	Mn, Co, Ni, Cu, Hg, Cr, Fe, U	[38]

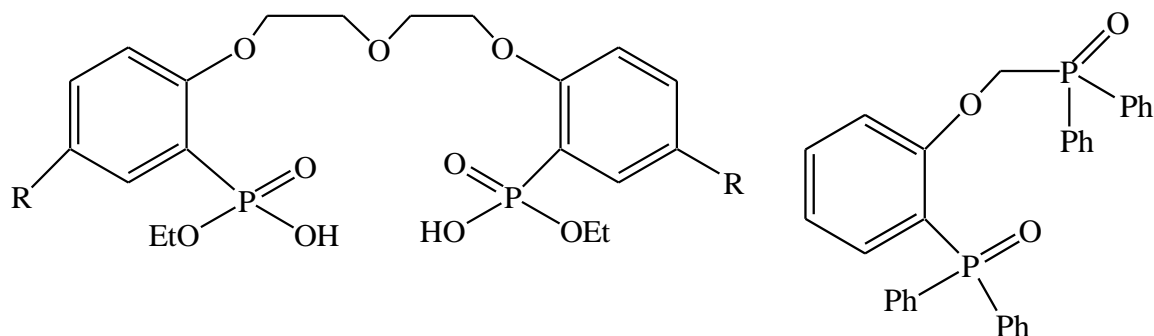
[23] ишда симоб (II) ионларини эритмалардан ажратиш олиш учун селективлиги ҳамда сиғими юқори бўлган ионит олиш усули келтирилган. Бу усулда  $\gamma$ -аминопропилтриэтоксисилан ва бензолизотиоцианат толуолда 1:(1,1-1,5) моляр нисбатларда аралаштирилиб, 2 соатдан сўнг кремнезем қўшилган ҳамда 6 соат давомида қайнагунча қиздирилган. Махсулот толуолда ювилиб куритилган. Олинган махсулот таркиби қуйидагича ифодаланган:



[24] ишда амидоксим гуруҳ билан модификацияланган кремнезем асосида ионит олиш усули келтирилган. Ионит ёрдамида V, Mo, W металлари ионларини хроматографик ажратиш мумкинлиги кўрсатилган.

Янги экстракцион хроматографик ионитларни ишлаб чиқиш бир қатор аналитик, технологик ва тиббий вазифаларни ҳал этишда долзарб ҳисобланади. Шу мақсадда, полимер ташувчиларга импрегнирланган

ионитларга катта эътибор қаратилмоқда. Жумладан, [39] ишда кислотали ва нейтрал типдаги фосфорилподандлар асосида ионитлар олинган:



I, R=H; II, R=Et; III, R=t-Bu.

IV

Бунда матрица сифатида стиролнинг дивинилбензол билан сополимеридан фойдаланилган (заррачалар ўлчами 40-250 мкм, сирт майдони 800-1000 м<sup>2</sup>/г). Олинган ионит ёрдамида экстракцион хроматография усулидан фойдаланиб, нитрат кислотали эритмалардан U, Th, Pu, Mo ва Tc радионуклидлари сорбцияси ўрганилган.

[40] ишда импрегнирланган тиофосфор кислоталари асосидаги полимер ионитлар олиш ва уларнинг тадқиқоти келтирилган. Бунда полимер матрица сифатида стиролнинг дивинилбензол билан сополимери доначаларидан фойдаланилган. Олинган ионитларнинг Cu<sup>2+</sup> ионларига нисбатан сорбцион хоссалари ўрганилган. Полимер матрицага тиофосфор кислоталарнинг киритилиши натижасида олинган ионитнинг сифими дастлабки полимерга нисбатан 2,5 баробар катта эканлиги аниқланган.

## 1.2. КОМПЛЕКС ҲОСИЛ ҚИЛУВЧИ ИОНИТЛАРНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

Ҳозирги вақтда ион алмашинувчи смолаларнинг асосий қисми Dow Corporation (АҚШ), Purolite Corporation (АҚШ, Англия, Руминия, Хитой), Rom and Hass Company, Lanxess (Германия), Termax Limited (Хиндистон), Карболит (Россия) ва бошқа компанияларда ишлаб чиқарилади. Жаҳон бозоридаги ион алмашинувчи смолалар орасида кучли асосли анионитлар ва кучли кислотали катионитлар муҳим рол ўйнайди. Рангли ва нодир

металларни мураккаб аралашмалардан ажратиш учун ишлатилган ионитларга мисолларни кўплаб ишларда [41-48] учратиш мумкин. Қуйидаги 2-жадвалда тижорат ионитлари ўрганилган баъзи адабиётлар таҳлили келтирилган.

## 2-жадвал

### Баъзи тижорат ионитларининг металлар сорбциясида

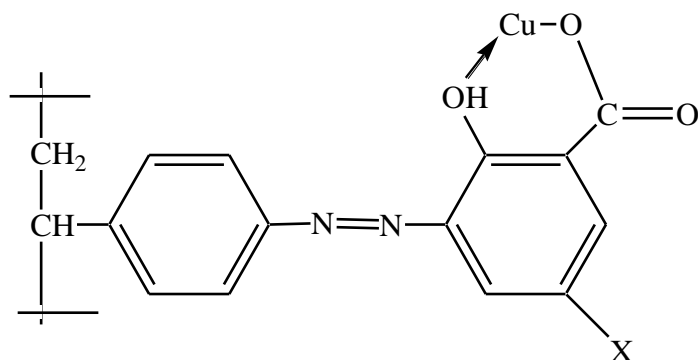
#### қўлланилиши

Ионит	Функционал гуруҳи	Металлар	Адабиёт
Amberlite™ XAD4	гидроксам кислота	Cd, Cu, Mn, Pb, Zn	[49]
Dowex-M43	гидроксипропил пиколиламин	Au, Pt, Pd	[50]
Dowex-50W-X8	сульфопропил	Sr, Rb	[51]
Duolite C-467	аминофосфат	Pb, Hg, Cd, Ni, V, Cr, Cu, Zn	[52]
Lewatit Ionac SR-7	тўртламчи аммоний	Cr	[53]
Lewatit TP-214	тиосемикарбазид	Au	[54]
Purolite-S940	аминофосфат	Pb, Cd	[55]
Purolite A-400LT	тўртламчи аммоний	Pd, Pt, Au	[56]

Элементларнинг микроикдорларини концентрлаш ва ажратиш учун хелат ҳосил қилувчи полимер ионитлар кенг қўлланилади. Улар қўлланилишининг келажакда ривожланиши элементлар ионларини мураккаб кимёвий таркибли эритмалардан концентрлашда юқори танловчанлиги ва самарали таъсири билан боғлиқ. Ионитлар заҳарли эмас, узоқ сақлашга турғун ва ташиш учун қулай ҳисобланади. Хелат ҳосил қилувчи ионитлар таркибида эритмадаги элементлар ионлари билан хелатли комплекслар ҳосил қилиб таъсирлашиш қобилиятига эга бўлган кимёвий фаол функционал аналитик гуруҳлар борлиги билан алоҳида аҳамиятга эга [57].

Шунга кўра, [58] ишда полистирол-азо-салицил кислота таркибида мета ҳолатда ўринбосар бўлган полимер хелат ҳосил қилувчи ионитларнинг мис (II) ионлари билан комплекс ҳосил қилиш жараёни ўрганилган. Ҳосил бўлган хелат тузилиши элементлар сорбциясида қатнашадиган протонлар сони, сорбция рН и, функционал аналитик гуруҳларнинг тузилиши, уларнинг кислота – асосли хоссалари ва бошқаларга асосланиб қуйидагича таклиф этилган:





Бу ерда X-мета ўринбосарлар: -H, -Br, -SO<sub>3</sub>H, -AsO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>, -NO<sub>2</sub>, NH<sub>2</sub>.

Ушбу тузилиш карбоксилдаги протон ажратган кислород билан валент боғ ва кучсиз кислотали сорбция шароитида диссоциацияланмай қолган гидроксил гуруҳ кислороди билан координацион боғ ҳосил бўлишини кўрсатади.

[59, 60] ишларда турли дитиофосфор кислоталарни (диэтил-, диизопропил-, диизобутил-) импрегнирлаб олинган ионитлар ва улар ёрдамида 0,05 М эритмалардан Ag (I), Cu (II), Ni (II), Fe (III) ионлари сорбциясидан сўнг ҳосил бўлган координацион бирикмаларни ИҚ-спектрлари ўрганилган. Бунда ионитдаги диалкилдитиофосфор гуруҳлар бидентатли лиганд сифатида металл ионини иккита олтингугурт атомлари билан координациялаши натижасида тўрт аъзоли хелат халқа ҳосил бўлиши кўрсатилган.

[61] ишда кучсиз асосли комплекс ҳосил қилувчи ионит бис-1,3,5-дитиазинан-5-ил-этаннинг Pd<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup> ва Hg<sup>2+</sup> ионларига нисбатан сорбцион хоссалари статик усулда ўрганилган. Бу ионит этилендиамин, формальдегид ва H<sub>2</sub>S асосида олинган.

[62] ишда таркибида ацетилацетон фрагменти бўлган янги полимер ионит ёрдамида Pd (II) ионларини концентрлаш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган. Ионитнинг ионланиш доимийси ва унинг Pd (II) ионлари билан ҳосил қилган комплексларининг барқарорлиги потенциометрик титрлаш усулида аниқланган. Pd (II) ионларини концентрлаш усули ишлаб чиқилган ва

бу усул стоматологик қотишма “Супер-КМ” таркибидаги Pd (II) ионларини спектрофотометрик аниқлашда фойдаланилган.

[63] ишда таркибида иминодиацетил гуруҳ бўлган толали хелат ҳосил қилувчи ионалмашинувчи ионит FIBAN X-1 да  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  ва  $\text{Mn}^{2+}$  ионларининг сорбция мувозанати, кинетикаси ҳамда ионитнинг кислота-асосли хоссалари ўрганилган. Олинган ионополимер комплексларнинг тузилиши ва электрон тавсифи ноэмпирик квант-кимёвий усулда ҳисобланган. Ўрганилган ионларнинг сорбция изотермаси Ленгмюр тенгламаси бўйича ифодаланган.

[64] ишда Purolite маркали баъзи хелатли смолаларнинг родий (III) ионига нисбатан сорбцион хоссалари ўрганилган. Бунда функционал гуруҳларининг табиати ўзаро фарқ қиладиган 3 та турли маркали смолалар – таркибида тиокарбамид гуруҳи бўлган S-920, аминогуруҳли S-108 ва полиамин гуруҳли S-895 смолалари танлаб олинган. Сорбция статик шароитда  $75\text{ }^\circ\text{C}$  ҳароратда ўрганилганда ионитларнинг родий (III) ионига нисбатан сорбцион сифими S-895 – 54, S-920 – 33 ва S-108 – 26 мг/г бўлиши аниқланган.

Замонавий технологиялар оқова сувларни оғир металллар ионларидан самарали тозалашни таъминлай олмайди. Оғир металллар ионлари билан мустаҳкам комплекс бирикмалар ҳосил қилувчи хелатли ионитлардан фойдаланиш корхоналарнинг сувга эҳтиёжини қисқартиришга олиб келувчи такомиллашган тизимларни ишлаб чиқиш учун истиқболли ҳисобланади. Шунга кўра, янги, самарали ионитлар синтези ва уларни оғир металллар сорбциясида қўллаш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

[65] ишда табиий ва оқова сувлар таркибидаги кам миқдордаги кадмийни аниқлаш усули келтирилган. Бунда кадмий ионлари эритмадан хелат ҳосил қилувчи полимер ионит полистирол-азо-роданин ёрдамида кобальт, никель ва ванадий ионлари иштирокида хона ҳароратида, эритма муҳити  $\text{pH}=7-9$  бўлганда эритмани 20 минут аралаштириб туриб

сорбцияланган. Ишда элюент сифатида 2 М HCl эритмасидан фойдаланилган. Усулнинг сезгирлиги  $10^{-3}$  мг/л.

[66] ишда икки валентли мис ва кобальт ионларининг бензиламиннинг глицидил ҳосиласи, аллиглицидил эфир ва полиэтилинимин асосида синтез қилинган анионитда модели бир ва икки компонентли сульфатли эритмалардан сорбцияси ўрганилган. Сорбция изотермасини ўрганиш натижасида  $Co^{2+}$  ионлари иштирокида анионитнинг  $Cu^{2+}$  ионларига нисбатан сорбцион сифими 434,0 мг/г дан 201,2 мг/г гача камайиши аниқланган. Дастлабки икки компонентли сульфатли эритма таркибидаги  $Cu^{2+}$  ионлари миқдори ортиши билан сребентнинг  $Cu^{2+}$  ионларига нисбатан сорбцион сифими 15,6 мг/г дан 201,2 мг/г гача ортиши кузтилган. Бунда  $Co^{2+}$  ионлари концентрациянинг кенг интервалида ионитга ютилмайди. Олинган янги, таркибида азот бўлган анионит  $Co^{2+}$  ионлари иштирокида  $Cu^{2+}$  ионларини танловчан ютган ва селективликни намоён қилган.

Оғир металллар ионларининг сорбциясида танловчанлик тадқиқ этилган ишлар нисбатан камчиликни ташкил этади [67-71]. Бунинг учун муаллифлар турли ионитлардан фойдаланган.

$Co^{2+}$  ионларини селектив концентрлаш учун таркибида кимёвий иммобилланган азогидразон гуруҳ бўлган целлюлозали ионитдан фойдаланиб, Cu, Fe ва Al нинг ортиқча миқдори иштирокида  $Co^{2+}$  ионлари ажратилган [67]. Хелат ҳосил қилувчи, таркибида азот ва фосфор бўлган толали ионитлар оғир металл ионларини кўп ионли сувли эритмалардан сорбциялашда самарали ионитлар бўлишига қарамасдан, улар  $Cu^{2+}$  ва  $Co^{2+}$  ионларига нисбатан танловчанликни намоён қилмайди [68]. Таркибида  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  ва  $Zn^{2+}$  ионлари бўлган кўп компонентли эритмалардан  $Cu^{2+}$  ионларини танловчан ажратиб олиш учун хелат ҳосил қилувчи ионит N-(2-карбоксиэтил)-аминометил-полистиролдан фойдаланиш мумкинлиги келтирилган [69]. Аллилбромид, эпихлоргидрин ва полиэтилинимин асосидаги анионит  $Cu^{2+}$  ва  $Co^{2+}$  ионларига нисбатан сульфатли эритмалардан сорбциялашда

танловчанликка эга [70]. Анилин, эпихлогидрин ва полиэтиленполиамин асосидаги анионит эса  $\text{Cu}^{2+}$  ионларини  $\text{Co}^{2+}$  ионлари иштирокида танловчан ажратишда қўлланилган [71].

[72] ишда индий (III) ва темир (III) ионларини модели эритмалардан (таркиби: г/дм<sup>3</sup>; 0,61 In (III), 0,23 Fe (III); 4-5 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) таркибида дифосфо (-PO<sub>3</sub>H), сульфо (-SO<sub>3</sub>H) ва карбоксил (-COOH) функциональ гуруҳлари бўлган катионит Purolite S955 да сорбция кинетикаси тадқиқ этилган. Сорбциянинг бошланғич даврида ( $\tau \leq 100$  с) жараён ташқи диффузион еханизм бўйича содир бўлади. Смоланинг тўйиниш даражаси ортиб бориши билан алмашинувчи ионларнинг ички диффузион масса узатилиш таъсири кучаяди ва жараён аралаш диффузион режимда содир бўлади.

Ионалмашиниш жараёнларини амалиётда қўллашда ионитнинг таловчанлигини кўрсатиб берувчи кинетик хоссаларини ҳисобга олиш шарт. Бунда масса узатилишининг тўхташ босқичини ўрганиш жараённинг ҳарорат, гидродинамик параметрлари, смоланинг фракцион таркиби каби оптимал шароитларини танлаш учун зарурдир. Ионалмашинувчи смолаларда сорбция мураккаб ва кўп босқичли жараён бўлиб, одатда лимитловчи босқичлар жараённинг умумий тезлигини белгилаб беради [73].

Бошланғич даврда кинетиканинг ташқи диффузион механизмида сорбция тезлиги суюқликнинг чегара сирт қавати ва диффузион қаватдаги сорбцияланувчи моддалар концентрацияларининг тенглашиши билан аниқланади. Ионитнинг тўлиб бориши ва қаттиқ фазада диффузиянинг гель кинетикасига ўтиши диффузион қаватдагига нисбатан анча секинлашади, шунинг учун концентрация градиентлари фақат ионит донида намоён бўлади [74].

[75] ишда Purolite S-957 хелатли смоласи ёрдамида хлорид кислотали эритмалардан скандий ионлари сорбцияси тадқиқ этилган. Маълумки, таркибида фосфор бўлган ионалмашинувчи смолалар скандийни концентрлаш ва ажратиб олишда самаралироқ ҳисобланади. Шунинг учун мазкур ишда

скандийни хлорид кислотали эритмалардан ажратиб олиш учун осмотик ва механик мустаҳкам матрицада сульфо (-SO<sub>3</sub>H) ва фосфо (-PO(OH)<sub>2</sub>) гуруҳларини тутган хелатли смола Purolite S-957 дан фойдаланилган. Смоланинг скандий бўйича сифими 2,8 ммоль/г.

[76] ишда Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> ионларининг ионалмашинувчи смолалар (карбоксил гуруҳли D113, иминодиацетат гуруҳли D463 ва TP207) ҳамда хелат ҳосил қилувчи толали ионалмашинувчи материал Аквален-2 да рақобатлашувчи боғ ҳосил қилиши тадқиқ этилган. Ўрганилган ионалмашинувчи материалларда металл ионларининг селективлик қатори тузилган. Бунда Аквален-2 бошқа ионитларга нисбатан Pb<sup>2+</sup> ва Cd<sup>2+</sup> ионлари бўйича яхшироқ сорбция кинетикаси кузатилган. TP207 ионити Cu<sup>2+</sup> ионига нисбатан юқори сорбцион кўрсаткичларга эга.

[77] ишда хлорометилланган полистиролни 3-амино-1,2-пропандиол билан реакциясидан Au (III) адсорбцияси учун юқори селективликдаги янги хелат ҳосил қилувчи смола PS-APD олинган. Унинг тузилиши ИҚ-спектрал, ғовакларининг тузилиши сканирловчи электрон микроскопия анализ усуллари ёрдамида тавсифланган. PS-APD смоласининг Pb(II), Hg(II), Cu(II), Ni(II) ва Au(III) ионлари бўйича адсорбцион сифими ўрганилган. Тадқиқот натижаларига кўра, PS-APD ионити бошқа металл ионларига нисбатан Au(III) иони бўйича юқори адсорбцион қобилиятга эга эканлиги аниқланган. Умумий адсорбция тезлигининг кинетик моделларини таққосланганда, тегишли адсорбцион система учун псевдо-иккинчи тартибли тенглама бўйича мақбул ечим олинган. Адсорбцион мувозанат эса Ленгмюр изотермаси бўйича ифодаланган. Ишда адсорбциянинг термодинамик параметрлари ҳисобланган.

Рангли металллар ионларига нисбатан юқори селективликни намоён қилувчи хелат ҳосил қилувчи ионитларни қўллаш оқова сувларни тозалаш амалиётида истиқболли йўналишлардан биридир. Шунга кўра, [78] ишда аминок-карбоксилли ионит Lewatit TP 207 Monoplus мис ва рух металлари ионлари учун самарали ионит сифатида ўрганилган. Ионитлар

эксплуатациясининг муҳим масалаларидан бири бўлган юкланган ионит кавати орқали филтрланишнинг оптималъ тезлигини аниқлаш оқова сувларни тозалаш технологиясининг самарадорлигини белгилаб беради. Амино-карбоксилли амфолит Lewatit TP 207 Monoplus ёрдамида шахта сувларидан мис ва рухни ажратиб олишда оптимал солиштирма юклама - 7 ҳажм эритма/ионит ҳажми филтрланиш тезлигига тенг. Динамик алмашиниш сифими 14,6 г/дм<sup>3</sup>. Сорбция жараёнида филтратдаги кальций ионлари концентрациясининг сезиларлича тебраниши кузатилган. Корреляцион анализ натижасида тозаланган сув таркибидаги рух ва кальций ионлари концентрациясининг ўзгаришида кучсиз тескари боғлиқлик аниқланган.

Сорбцион материалларнинг селективлиги хелат ҳосил қилувчи гуруҳларнинг табиати билан аниқланади. [79] ишда хелат ҳосил қилувчи полимерлар - [2-(2-пиридил)этил]-полиэтилениминларнинг селективлик хосслари ўрганилган. Полиэтилениминлардан рН нинг 4,5-8,0 диапазонида Cu(II), Ni(II), Co(II) ва Cd(II) ионларини группавий ажратиш ҳамда уларни Mn(II), Zn(II), Pb(II) ионларидан ажратишда фойдаланиш мумкин.

[80, 81] ишларда УВИС-АК маркали модификацияланган углеродли тола тадқиқоти келтирилган. Толани модификациялаш концентрланган нитрат кислота билан суёқ фазали оксидлаш ва турли хелат ҳосил қилуви реагентлар - 1,10-фенантролин, нитрозо — R-туз, 8-оксихинолин, дифенилкарбазид эритмалари билан импрегнирлаб амалга оширилган. Олинган ионитларда хром ва кобальт сорбцияси статик шароитда, белгиланган вақт ва рН да ўрганилган. Тадқиқотлар натижасида нитрат кислота билан суёқ фазали оксидлаш углеродли тола сиртидаги кислотали, асосан карбоксилли сорбция маркасларининг ортиши аниқланган. Натижада адионитларнинг ион алмашиниш хоссалари яхшиланган ва металлларнинг ажралиш даражаси 20—50% га кўпайган. Углеродли толани органик реагентлар эритмалари билан қайта ишлаш сорбцион мувозанат ҳосил бўлиш жараёнини тезлаштирган, кобальт ва хромни сувдан ажратиб олиш селективлиги ҳамда самарадорлиги

ортган. Толани 8-оксихинолин, 1,10-фенантролин ва нитрозо — R-туз билан қайта ишлаш натижасида кобальтни ажратиш олиш даражаси хона ҳароратида тегишлича 38%, 34%, 35%га ортган ҳамда 67%, 53%, 60% ни ташкил этган.

[82] ишда Zn (II) и Pb (II) ионларини сорбциялаш жараёнида таркибида ҳар хил функционал гуруҳлар бўлган макроқовакли хелат ҳосил қилувчи ионитлар Purolite S-920, Purolite S-930 ва Lewatit TP-208 дан фойдаланилган. Тадқиқотлар статик шароитда ўтказилган ва сорбция самарадорлигига фазалар контакт вақти, эритма рН и, комплекс ҳоил қилувчи реагентлар ҳамда Zn (II) ва Pb (II) ионларининг дастлабки концентрацияларининг таъсири ўрганилган. Сорбцион комплексларнинг мувозанат ва кинетик параметрлари Ленгмюр, Фрейндлих, Темкин ҳамда Дубинин-Радускевич моделларидан фойдаланиб аниқланган.

Au ни электрочўктириш эритмаларида Ni (II) иони иштирокида Au чўкмасида Ni аралашмалари ҳам ҳосил бўлади, натижада ярим ўтказгичли чипларда контакт ёмонлашади. [83] ишда олтинлаш эритмаларидан Ni аралашмасини йўқотиш учун таркибида аминофосфат функционал гуруҳ бўлган стиролдивинилбензол сополимеридан иборат хелатли полимердан фойдаланиш таклиф этилган. Бу полимер ёрдамида олтинлаш электролитидан Ni аралашмасини самарали ажратиш мумкинлиги ва бунда  $Au(CN)_2^-$  иони концентрациясининг сезиларли ўзгармагани аниқланган. Полимер Ni ни ~98% ва Au ни сезиларсиз миқдорда адсорбциялайди. Ni адсорбцияси Au нинг ишчи концентрациясига боғлиқ эмас. Электролит рН и 6 дан 8 гача ортганда Ni адсорбциясининг бироз камайиши кузатилган, бу эса, рН ортиши натижасида полимердаги фаол гуруҳларнинг депротонлашиши билан тушунтирилган. Ni ва Au адсорбцияси хелатли полимердаги турли фаол марказлар иштирокида содир бўлади. Аминофосфатли лигандлардаги  $-PO_3^{2-}$  гуруҳлар Ni (II) ионини хелатлайди, лекин бу шароитда лигандлардаги  $-NH-$  гуруҳлар протонлашади. Тадқиқотлар натижасида Ni адсорбцияси псевдо иккинчи тартибли кинетика қонуниятларига бўйсунуши исботланган, адсорбция жараёнини тавсифлаш

учун эса Сипс изотермасидан фойдаланилган ва Ленгмюр ҳамда Фрейндлих изотермаларини ҳам қўллаш мумкинлиги кўрсатилган.

[84] ишда Cu (II), Cd (II), Pb (II) ва Ni (II) ионларини уларнинг диэтилдитиокарбаматли хелатлари шаклида Sepabeads SP-207 смоласида алангали атомн-абсорбцион спектрометрия усулидан фойдаланиб ажратиш ва концентрлашнинг қаттиқ фазали экстракция усули келтирилган. Оптимал шароитда ҳисобланган концентрлаш коэффициенти 50 га тенг. Cu, Cd, Pb ва Ni учун аниқлаш чегараси тегишлича 0,18, 0,17, 0,55 ҳамда 1,67 мкг/л эканлиги кўрсатилган. Нисбий стандарт четлашиш <7%. Ишлаб чиқилган усулни сув ва озиқ-овқат маҳсулотларини анализ қилиш учун қўллаш таклиф этилган.

[85] ишда полиэтилендан тайёрланган янги, ғовак хелатли тола тадқиқ этилган. Адсорбция кинетикаси псевдо-иккинчи тартибли моделга мос келади. Елович тенгламаси асосида ҳисобланган адсорбция тезлиги 394,084 мг/г•мин ни ташкил қилган. Ионитнинг Pb (II) иони бўйича максимал адсорбцион сиғими 500 мг/г дан ортиқ эканлиги Ленгмюр изотермаси асосида кўрсатилган. Бунда эритмадаги Ca (II) ионининг юқори концентрацияси (280 мг/л) иштирокида ҳам ионитнинг Pb (II) иони бўйича адсорбцион сиғими 90% га тенг бўлган. Элюирлаш HCl ёки этилендиаминтетрасирка кислота эритмаларидан фойдаланиб ўтказилган. Адсорбция/десорбциянинг 5 та циклидан сўнг ҳам адсорбцион сиғим юқори даражада сақланиб қолган.

[86] ишда флокулянт сифатида қўлланиладиган полиэтилениминнинг натрий ксантогенати (ПНК) полиэтилениминни углерод сульфид ва натрий гидроксид билан модификациялаб олинган. Флокуляция амалиётида ПНК дан фойдаланиб сувли эритмалардан Cr (III) ва Cr (VI) ионларини ажратиш жараёнига pH қийматининг таъсирини ўрганиш бўйича тадқиқотлар ўтказилган. Бунда моноионли системаларда pH 2,0 дан 10,0 гача ортганда эритмадаги Cr (III) иони миқдори фақат камайган, эритмадаги Cr (VI) иони миқдори эса pH нинг берилган диапазолида дастлаб ортган, сўнгра камайган. Тадқиқот натижаларининг кўрсатишича, pH<7,0 да Cr (III) ионини йўқотиш



мақсадга мувофиқ эмас, ўз навбатида рН 2,0 бўлганда Cr (VI) ионлари миқдори эритмада минимал 0,145 мг/л қийматга эришади. Келтирилган ушбу натижалар оксидланиш-қайтарилиш потенциали ва дзета-потенциалларни аниқлаб таҳлил қилинган. Шунингдек, ўтказилган ИҚ-спектрал анализ натижалари асосида ПНК макромолекуляр занжиридаги дикарбон кислотали гуруҳлар Cr (VI) ионининг қайтарилиши ва Cr (III) ионининг хелатланишига катта таъсир кўрсатиши исботланган.

[87] ишда Cu(II), Zn(II), Cd(II) ва Pb(II) ионларининг иминодиқахрабо кислотаси ва этилендиаминдиқахрабо кислоталари билан ҳосил қилган комплексларини сувли эритмалардан хитозан ёрдамида 1-120 дақиқали даврий жараёнда рН 1-12 диапазонда, 20-50 °С ҳароратда ажратиш усули тадқиқ этилган. Шунингдек, хитозанни glutar альдегид ва эпихлоргидрин билан чоклангаш натижасида, унинг адсорбцион хоссаларининг ўзгариши ўрганилган. Хитозанда адсорбция механизмини тушунтириш учун Лэнгмюр, Фрейндлих, Темкин ва Дубинин-Радушкевичнинг изотермик адсорбция моделларидан фойдаланилган. Бунда тажриба натижалари Лэнгмюр моделига кўпроқ мос келиши аниқланган. рН ва ҳарорат ортиши билан хитозаннинг адсорбцион қобилияти камайган. Cu (II) ионининг иминодиқахрабо кислота билан комплекси адсорбциясининг оптимал шароити аниқланган: хитозан миқдори 0,2 г, рН 2-3, вақт 1 с, ҳарорат 20°C. Адсорбциянинг  $\Delta H^0$  ва  $\Delta S^0$  каби термодинамик параметрлари ҳисобланган. Гиббс эркин энергиясининг  $\Delta G$  манфий қиймати хитозанда иминодиқахрабо кислота иштирокида спонтан адсорбция содир бўлишидан далолат беради. Хитозанда содир бўладиган адсорбция кинетикаси псевдо-иккинчи тартибли тенглама билан ифодаланган.

[88] ишда Purolite S920 хелатли смоласи ёрдамида сульфат-хлоридли эритмалардан платина (IV) ва палладий (II) сорбциясининг қонуниятлари ўрганилган. Тадқиқот натижаларига кўра смоланинг Pt (IV) ва Pd (II) ионлари бўйича сиғими хлорид, сульфат, шунингдек, титан, кўрғошин, никель, сурьма, темир, мис ва қалай ионлари иштирокида камаймаган. Келтирилган ИҚ-

спектроскопик тадқиқот натижалари платина (IV) ва палладий (II) ионларининг Purolite S920 смоласи таркибидаги тиокарбамид функционал гуруҳининг азот ва олтингугурт атомлари билан координацияланиб, комплекс бирикмалар ҳосил қилишидан далолат беради.

[89] ишда диоксиазогуруҳ билан иммобилланган юқори асосли анионитда рух ионлари сорбцияси тадқиқ этилган. Ионит сифатида юқори асосли анионит АВ 17×8, модификатор сифатида эса люмомагнезон номи билан маълум бўлган 2-окси-3-сульфо-5-хлорбензол-1-азо-барбитурат кислотасининг натрийли тузидан фойдаланилган.

[90] ишда ишқорий-ер металлари ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ) ионларини сувли эритмалардан ажратиш учун амино- ва иминофосфит кислоталар билан функционаллаштирилган полимерлардан (ионитлар) фойдаланилган. Патентланган ионитлар юқори динамик адсорбцион сиғимга ва регенерацияланиш қобилиятига эга бўлиб, оқова сувларни тозалашда ишлатишга тавсия этилган.

[91] ишда 2-амино-6-нитробензотиазол, этилендиамин ва формальдегидни муз сирка кислота муҳитида поликонденсацияланишидан учламчи сополимер олиш ва унинг тадқиқоти келтирилган. Олинган учламчи сополимер хелатловчи қобилиятга эга бўлиб, унинг таркиби ва тузилиши элемент анализи, спектрнинг УВ- ва кўринувчан соҳалари спектроскопияси, Фурье қайта ўзгартиргичли ИҚ-спектроскопияси,  $^1\text{H}$  ЯМР ҳамда  $^{13}\text{C}$  ЯМР усулларида фойдаланиб ўрганилган. Учламчи сополимернинг ўртача молекуляр массаси гель-сингиш хроматографияси усулида аниқланган. Сополимер сиртининг морфологияси сканирловчи электрон микроскопия ва рентген дифракцияси усулларида фойдаланиб тавсифланган. Учламчи сополимернинг хелатловчи ион алмашинувчилик хоссаси  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  ва  $\text{Pb}^{2+}$  металлари ионлари учун ўрганилган. Ион алмашилиш жараёнига рН қиймати, контакт вақти ва электролитлар концентрацияларининг таъсири тадқиқ этилган. Тадқиқотлар натижасида, учламчи сополимердан такроран

фойдаланиш имкониятлари кўрсатилган. Адсорбциянинг Ленгмюр ва Фрейндлих моделлари бўйича изотермалари бир бирига мувофиқ келади. Адсорбция жараёни кинетик жиҳатдан псевдо-иккинчи тартибли тенглама билан тавсифланган. Учлами сополимернинг  $Fe^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$  ва  $Ni^{2+}$  ионлари билан хелат ҳосил қилиш қобилияти бошқа металллар ионларига нисбатан юқори эканлиги аниқланган.

[92] ишда аминофосфит ва иминокарбоксил гуруҳли ион алмашинувчиларда аминокислоталар ҳамда ноорганик катионларнинг сорбция жараёнида полиамфолитларга гидратланган сув ҳолатининг ўзгариши ўрганилган. Тадқиқотлар макроғовакли хелат ҳосил қилувчи ион алмашинувчилар: иминокарбоксил гуруҳли Purolite S930 ва аминофосфит гуруҳли Purolite S950 ионитларида ўтказилган. Мис (II) ва никел (II) катионлари сорбцияси ионитларнинг натрийли шаклида, глицин ҳамда  $\alpha$ -аланин – протонлашган шаклда ўрганилган. Турли ион шаклдаги полиамфолитларнинг гидратланишида Гиббс энергиясини ҳисоблаш ва бўқиш даражасини аниқлаш учун изопиестирлаш усулидан, сорбцион боғланган, капилляр ва эркин сув миқдорини аниқлаш учун дериватографик анализ усулидан фойдаланилган. Гидратланган сув молекулаларининг полиамфолитлардаги функционал гуруҳлар ва ҳаракатчан ионлар билан таъсирлашиш механизмини аниқлаш учун турли ҳароратларда (25 ва 95 °C) куритилган ион алмашинувчиларнинг ҳар хил ионли шаклларининг ИҚ-нотилиш спектрларидан фойдаланилган.

## **1-БОБ БЎЙИЧА ХУЛОСА**

Илмий адабиётлардаги маълумотлар таҳлили шуни кўрсатмоқдаки, таркибида азот, фосфор, кислород бўлган ионитлар синтезига доир илмий-тадқиқот ишлари ҳамда ишлаб чиқаришда асосан функционал гуруҳларни турли материалларга кимёвий бириктириш ёки органик полимер ва минерал ташувчиларга реагентларни ноковалент киритиш йўли билан олинган

анионалмашинувчи ҳамда комплекс бирикмалар ҳосил қилувчи ионитлардан кўпроқ фойдаланилган.

Адабиётларни ўрганиш натижасида олинган маълумотлар таҳлиliga асосан шуни алоҳида қайд қилиш керакки, алоҳида металлларни ажратиш ва концентрлаш усуллари бир қанча камчиликларга эга. Бу камчиликларга биринчи навбатда, ионитларнинг етарлича танловчан эмаслигини келтириш мумкин. Амалиётда микроикдордаги қимматбаҳо металллар ионларини ажратишда танловчанликни ошириш таҳлилни мураккаблаштиради, натижада жараёни кўп босқичли қилиб, вақт, меҳнат, маблағ сарфини оширади.

Демак, табиий минерал объектлардан микроконцентрацияга эга бўлган турли металллар ионларини концентрлаш ва ажратиш учун содда, қулай, комплекс ҳосил қилувчи полимер ионитларни қўллашнинг тезкор усуллари ишлаб чиқиш зарур. Бу усуллар эса микроэлементларни ажратишда яхши танловчанликка эга бўлиши ва кенг тарқалган инструментал анализ усулларида фойдаланиш имкониятига эга бўлиши керак. Шунингдек, қулай, арзон ва заҳарли бўлмаган препаратлардан фойдаланиб, янги ионитларнинг йўналтирилган синтезини яратиш, синтез жараёнларида бегона элементлардан тозалаш даражасини назорат қилиш ва олинган ионитлардан фойдаланишнинг мураккаб бўлмаган, энг самарадор усуллари ишлаб чиқиш долзарб муаммолардан бири ҳисобланади.

Демак, юқоридагиларга асосан, шундай хулоса қилиш керакки, Республикамиз маҳаллий хом-ашёлари асосида янги комплекс ҳосил қилувчи ионитларни синтез қилиш, уларнинг хоссаларини ўрганиш ва саноат корхоналарида ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

## II БОБ. ТАЖРИБАВИЙ ҚИСМ

### 2.1. ДАСТЛАБКИ МОДДАЛАР ВА ТАДҚИҚОТ УСУЛЛАРИ

Тадқиқотнинг объекти карбамид, формальдегид, гидразин гидрат асосида синтез қилинган ионит ва унинг сорбцион хоссалари ҳисобланади.

Тадқиқот ишини бажаришда “Т” ва “КТ” маркали реактивлардан фойдаланилди. Реактивлар эритмалари уларнинг аниқ тортимларини маълум ҳажмдаги эритувчиларда эритиб тайёрланди.

Синтез қилинган ионитларнинг намлиги ГОСТ-10898.1-84, сочма оғирлиги ГОСТ-10898.2-84, гидратланган ҳолатдаги ионитнинг зичлиги ГОСТ-10898.3-84, бўккан ионитларнинг солиштирма ҳажми ГОСТ-10898.4-84, статик алмашиниш сиғими ГОСТ-20255.1-89 бўйича аниқланди.

Ионитларни потенциометрик титрлаш ОР-211/1 рН-метри ва ЭВ-74 универсал иономерида амалга оширилди. Бунда ОН-шаклдаги ионитнинг бир хил (0,25 г) тортимига 0,1 Н NaCl эритмасининг камайиб борувчи порцияси ва 0,1 Н HCl эритмасининг ортиб борувчи порцияси қўшилиб, ҳар бир колбадаги эриталарнинг ҳажми 25 мл га келтирилди ҳамда тортимлар эритмалари 7 сутка давомида қолдирилди. Шундан сўнг, эритмаларни потенциометрик титрлаб, мувозанатдаги эритманинг олинган рН қийматлари асосида рН қийматининг титрлаш учун қўшилган кислота ҳажмига боғлиқлигининг потенциометрик титрлаш егриси тузилди. Дастлабки моддалар ва ионитнинг ИҚ ютилиш спектрлари “Nicolet” фирмасининг AVIATAR-360 спектрометрида 400-4000 см<sup>-1</sup> соҳада ёзиб олинди. Намуналар KBr билан зичлаштирилган таблеткалар кўринишида қўлланди.

Ионитларнинг термик турғунлиги дифференциал-термик ва гравиметрик усулларда Паулик-Паулик-Эрдей системали дериватографда 10 град/мин тезликда, Т-900, ТГ-200, ДТА – 1/10, ДТГ – 1/10 галванометр сезгирлигида, дериватограммани фотоқоғозга автоматик ёзиб олиш йўли билан ЎзФА умумий ва ноорганик кимё институтида ўрганилди. 60-80 мг

массадаги ўрганиладиган намуна диаметри 10 мм бўлган қопқоқсиз платина тигелга жойлаштирилди. Эталон сифатида алюминий оксиддан фойдаланилди. Қиздиришнинг динамик режими атмосфера шароитида ўтказилди.

Co, Cu, Ni элементларининг 0,1 н. эритмалари “к.т.” маркали эрувчан тузларининг аниқ массаларини дистилланган сув билан эритилиб рН=1-2 бўлгунча нитрат кислота эритмаси қўшилиб тайёрланди [153]. Тайёрланган эритмаларнинг концентрациялари комплексонометрик титрлаш усули ёрдамида стандартлаштирилди [154].

Co, Cu ва Ni элементларини фотометрик аниқлашда реагент сифатида 4-(2-пиридилазо)-резорцин (ПАР) нинг сувли эритмасидан фойдаланилди.

Эритмада керакли муҳит рН=1-3 учун KCl-HCl [155], рН=3-11 учун CH<sub>3</sub>COOH-NH<sub>4</sub>OH [156] буфер эритмалари ёрдамида ўрнатилди. Эритмаларнинг рН қиймати ЭВ-74 универсаль иономери ва ОР-211/1 рН-метри ёрдамида ±0,05 рН бирлигида назорат қилинди. Эритмалар ММ-5 типидagi магнитли аралаштиргичларда аралаштириб турилди.

Элементларнинг анализ қилинаётган эритмалардаги концентрациялари оптик анализ усуллари ёрдамида СФ-46 спектрофотометри ва КФК-2МП фотометрида аниқланди. Ионитларнинг металл ионлари бўйича алмашилиш сифимини аниқлашда мис (0,05 н, рН=3,5-3,8), никель (0.1 н, рН=6,5), кобальт (0.1 н, рН=5,5), рух (0.1 н, рН=5,5), кадмий (0.1 н, рН=5,5) сульфат эритмаларидан фойдаланилди. Барча ўлчашлар статик шароитда ўтказилди. Дастлабки ва мувозанат эритмалар таркибидаги металл катионларининг миқдори трилонометрик титрлаш, фотоколориметрия (Fe<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>) ва атом-абсорбцион спектрометрия (Ag<sup>+</sup>) усуллари ёрдамида аниқланди. Эритмаларнинг ионитлар билан ўзаро контакт вақтининг давомийлиги 1 сутка бўлиб, эритмалар рН қиймати потенциометрик усулда аниқланди. Анионитларнинг гидроксил ва туз шаклларида, катионитларнинг протонли ва натрийли шаклларида фойдаланилди. Олинган натижалар Levatit TP 214,

Purolite-S940 ва Duolite C-467 каби комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг саноат намуналари билан солиштирилди, таққосланди ва тегишли хулосалар қилинди.

## **2.2. МАҲАЛЛИЙ ХОМ АШЁЛАР АСОСИДА КОМПЛЕКС ҲОСИЛ ҚИЛУВЧИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛ ИОНИТЛАР СИНТЕЗИ**

### **2.2.1. Карбамид, формальдегид ва гидразин гидратнинг ўзаро поликонденсация реакциясидан комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези**

Қайтар совутгич ва автоматик аралаштиргич ўрнатилган уч оғизли колбага 6 г (0,1 моль) карбамид солинди ва 15,8 мл (0,2 моль) формалин қўшиб 40 °С ҳароратда эритиб олинди. Шундан сўнг, 5 г (0,1 моль) гидразин гидрат томчилатиб қўшилди ва реакция аралашма 100-110 °С ҳароратгача қиздириб турилган ҳолда интенсив аралаштирилди. Натижада, 1,5-2 соат вақтдан сўнг смоласимон масса ҳосил бўлди. Ҳосил бўлган смоласимон масса чинни косачага қуйиб олиниб, қуритиш шкафида 24 соат давомида 80-90 °С ҳароратда қуритилди. Қуритилган полимер ҳовончада майдаланди ва қуйи молекуляр бирикмалар дастлаб 5% концентрацияли NaOH эритмаси, сўнгра дистилланган сув билан бир неча марта ювилди. Олинган маҳсулот майда, ғовак, оч сарғиш рангли доначалардан иборат бўлиб, реакция унуми 85% [93].

### **2.2.2. Карбамид, формальдегид ва ортофосфат кислотанинг ўзаро поликонденсация реакциясидан комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези**

Қайтар совутгич ва автоматик аралаштиргич ўрнатилган уч оғизли колбага 6 г (0,1 мол) карбамид солинди ва 15,8 мл (0,2 мол) формалин қўшиб 40 °С ҳароратда эритиб олинди. Шундан сўнг, 13,2 г (0,1 мол) ортофосфат кислота томчилатиб қўшилди ва реакция аралашма 85-90 °С ҳароратгача қиздириб турилган ҳолда интенсив аралаштирилди. Натижада, 3,5-4 соат вақтдан сўнг смоласимон масса ҳосил бўлди. Ҳосил бўлган смоласимон масса чинни косачага қуйиб олиниб, қуритиш шкафида 24 соат давомида 80-90 °С

хароратда қуритилди. Қуритилган полимер ҳовончада майдаланди ва қуйи молекуляр бирикмалар дастлаб 5% концентрацияли NaOH эритмаси, сўнгра дистилланган сув билан бир неча марта ювилди. Олинган маҳсулот майда, ғовак, оқ рангли доначалардан иборат. Реакция унуми 87% [94].

### **2.3. Ионитларни ўрганишга тайёрлаш**

Ионитлар ҳовончада майдаланди ва тешиқларининг ўлчами 0,16-0,25 мм бўлган элак ёрдамида фракцияларга ажратилди. Сорбция жараёнида ионитларнинг 0,16-0,25 мм ўлчамли фракциясидан фойдаланилди. Ионитларни тозалаш [73] адабиётда келтирилган методика бўйича амалга оширилди. Ионит маълум ҳажмдаги стаканга солиниб, унга ионит эгаллаган ҳажмга нисбатан 10 ҳажм баробар дистилланган сув қуйилди ва ионит бўқиши учун бир неча соат қолдирилди. Шундан сўнг ионит сув тиниқ бўлгунча ювилди ва сувдан ажратилган ионит солинган стаканга 3 М HCl эритмаси қуйилди. Ионит суспензияси кислотали эритмада 2 соат давомида аралаштирилди. Кислота тўкиб олиниб, ионит дистилланган сув билан универсал индикатор бўйича нейтраллангунча ювилди. Тозаланган ионит 2 соат давомида 1М NaOH эритмаси билан қайта ишланиб натрийли шаклга ўтказилди. Сўнгра ионит сув билан ювилиб, юқорида келтирилган тартибда  $H^+$ -шаклга ўтказилди. Тозалаш цикли 2-3 марта такрорланди. Тозаланган тегишли шаклдаги ионит Бюхнер воронкасида филтрланиб, ҳавода қуритилди [73]. Тадқиқотлар давомида  $H^+$ -шаклдаги катионит ва  $OH^-$ -шаклдаги анионитлардан фойдаланилди.

### **2.4. Ионитларнинг кислота-асосли ионланиш доимийсини аниқлаш**

Хелат ҳосил қилувчи полимер ионитларнинг кислота-асосли хоссалари уларнинг хелат ҳосил қилиш жараёнида  $pH_{50}$ ,  $pH_{opt}$  кўрсаткичларини ва ионитларнинг селективлигини маълум даражада аниқлашга имкон берадиган муҳим тавсифи ҳисобланади [98, 99, 100]. Ионитларнинг кислота-асосли



хоссаларини ўрганиш учун потенциометрик титрлаш усули кенг қўлланилади.  $pK_{\text{ион}}$  катталигини аниқлаш учун [73, 101] адабиётларда тавсия этилган Гендерсон-Гассельбах усулидан фойдаланилди. Бу усул ионитларнинг натрий иони бўйича статик сиғимини ( $CAC_{Na^+}$ ) потенциометрик усулда аниқлашдан сўнг шартли кислота-асосли ионланиш константасини топишга имкон беради [102].

#### 2.4.1. Ионитларнинг натрий иони бўйича статик сиғимини аниқлаш

$CAC_{Na^+}$  ни аниқлаш учун 35 мл ҳажмли 3та бюксга 0,1 г дан ионит солиб, уларга 20 мл дан 0,1 М NaOH эритмаси қуйилди ва аралашма азот окимида аралаштирилди. Сўнгра бюкслар қопқоқ билан беркитилиб, азот тўлдирилган эксикаторга жойлаштирилди ва 15-20 соат давомида протонларнинг натрий катионига алмашиниш реакциясида мувозанат ҳосил бўлгунча тиндириб қўйилди. Сўнгра ионитлар солинган эритмалардан 10 мл дан олиб, 0,1 М HCl эритмаси билан аралаш индикатор (80 мг метил қизили ва 160 мг метилен кўкининг 100 мл 50% ли этанолли эритмаси) иштирокида титрланди [103].

$CAC_{Na^+}$  катталиги қуйидаги формула бўйича ммоль/г да ҳисобланди:

$$CAC_{Na^+} = \frac{\left(20k - \frac{20}{10}ak_1\right) 0,0040 - 1000}{40g} = \frac{20k - 2ak_1}{10g} = 2(10k - 2ak_1)$$

Бу ерда  $a$ - титрлашга сарфланган 0,1 М HCl эритмаси ҳажми, мл;

$k$  - 0,1 М NaOH эритмаси нормаллигини тўғрилаш коэффициенти;

$k_1$  - 0,1 М HCl эритмаси нормаллигини тўғрилаш коэффициенти;

0,0040 - 0,1 М NaOH эритмаси титри;

40 – NaOH нинг молекуляр массаси;

$g$  – ионит массаси, г.

Олинган маълумотлардан хелатли полимер ионитлар кислотали гуруҳларининг ионланиш доимийликларини аниқлашда фойдаланилди.

### 2.4.2. Ионитларни потенциометрик титрлаш

Полимер кислота ва асосларни титрлаш одатда эритма ион кучининг катта қийматларида ( $\mu=0,5-2$ ) бажарилади. Акс ҳолда ионит фаол гуруҳларининг таъсири сабабли титрлаш эгрисидаги сакраш ноаниқ бўлади, ёки умуман кўринмайди. Потенциометрик титрлаш эгриларини ўлчашнинг ҳамма сериялари эритмаларнинг доимий ион кучида,  $\mu=1$  бўлганда олинди. Бунда индефферент электролит NaCl эритмаси фонидан фойдаланилди.

Ионитларни потенциометрик титрлаш алоҳида тортимлار усули бўйича бажарилди. Бунинг учун куруқ ионитнинг 0,1 г тортими 35 мл ҳажмли бюксга солиниб,  $\mu=1$  ион кучини ҳосил қилиш учун 15 мл 1M NaCl эритмасидан кўйилди ва 1 соат қолдирилди. Сўнгра бюксларга таркибида турли миқдорда 0,02 M NaOH эритмаси қўшилган 1M NaCl эритмасидан 10 мл дан қўшилди. Бунда Q катталиқ (ионит кислотали гуруҳларининг тўлиқ нейтралланиш даражаси) 0 дан  $SAC_{Na^+}$  гача ўзгариши ҳисобга олинди. Q катталиқ қўшилган ишқор ммоль сонининг олинган ионит миқдоридagi кислотали гуруҳлар ммоль сонига нисбати бўйича топилди. Эритмалар азот оқимида аралаштирилди ва азот билан тўлдирилган эксикаторда хона ҳароратида ион алмашиниш мувозанати ҳосил бўлгунча 24 соат қолдирилди. Шундан сўнг эритмаларнинг pH қиймати ўлчанди. Олинган маълумотлар асосида Q (титрант миқдори, ммоль/г) – pH координатаси бўйича потенциометрик титрлаш эгриси чизилди. Интеграл титрлаш эгрисидаги эквивалент нуқталарни тўғри аниқлаш учун Q –  $\Delta pH/\Delta Q$  координатаси бўйича дифференциал эгри чизик чизилди.

### 2.4.3. Ионитларнинг турли муҳитларда барқарорлиги

Ионитларга қўйиладиган асосий талаблардан бири, уларнинг кимёвий барқарорлигидир. Олинган ионитлар нафақат статик, балки динамик шароитларда ҳам ишлатиш учун қулай бўлиши ва аналитик натижаларнинг такрорийлигини таъминлаши керак.

Янги ионитларнинг турли реакцион муҳитларда (ишқор, минерал кислоталар, кутбли органик эритувчилар) барқарорлигини ўрганиш статик шароитда  $25 \pm 2$  °С ҳароратда ўтказилди. Бунинг учун 50 мг ионит ўрганилаётган 50 мл эритмага 2 соат давомида солиб аралаштириб турилди. Сўнгра ионит эритмадан ажратилди ва компонентлар концентрациялари солиштириш усули билан аниқланди.

Сорбция катталиги  $a$  (моль/г), элюент ҳажми  $V$  (л), ионит массаси  $g$  (г) ва десорбцияланган ион концентрацияси  $C$  (моль/л) дан келиб чиқиб, десорбция даражаси қуйидаги формула бўйича ҳисобланди:

$$d_{\%} = \frac{V \cdot C}{a \cdot g} \cdot 100$$

## **2.5. Ионит–эритма системасида мувозанат ҳосил бўлиш вақтини аниқлаш**

Ионит–эритма системасида мувозанат ҳосил бўлиш вақтини аниқлаш учун 0,1 н. эритмалар серияси тайёрланди ва эритмаларнинг рН қиймати 2 дан 11 гача ўрнатилди. 100 мг сорбент тортими олиниб, 10 мл дистилланган сувда 1 соат давомида қолдирилди. Сўнгра бўккан сорбент ўрганилаётган эритмага солиниб, термостатланган сув ҳаммомида аниқ вақт оралиғида аралаштириб турилди (1-4 соат). Эритма сорбентдан ажратилиб, фильтратнинг рН қиймати ўлчанди. Сорбциядан сўнг ўрганилган эритма концентрацияси фотометрик анализ усули ёрдамида аниқланди. Ҳар бир олинган натижа учун 3 та параллел аниқлашлар ўтказилиб, улардан ўртачаси топилди.

## **2.6. Сорбция изотермаси**

Сорбция изотермаси барча сорбентлар учун статик шароитда рН=6 да ўтказилди. Эритмалар муҳити  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ва  $\text{NH}_4\text{OH}$  эритмалари билан ўрнатилди. Таркибида  $2 \cdot 10^{-5}$  дан  $5 \cdot 10^{-4}$  г-экв/л концентрацияли компонент ва 0,1 н.  $\text{KCl}$  бўлган эритмалар серияси тайёрланди ҳамда оптималъ муҳит

ўрнатилди. 25 мг сорбент тортими олиниб, 10 мл дистилланган сувда 1 соат давомида қолдирилди. Сўнгра бўккан сорбент ўрганилаётган эритмага солиниб, термостатланган сув ҳаммомида 4 соат оралиғида аралаштириб турилди. Сўнгра сорбент эритмадан ажратилиб, фильтратнинг рН қиймати ўлчанди. Дастлабки ва сорбциядан кейинги эритмаларнинг оптик зичлиги фарқи бўйича компонентлар концентрацияси фотометрик усулда аниқланди. Сорбция ҳар бир сорбент учун 20, 30, 40, 50 °С ҳароратларда ўтказилди. Сорбция самарадорлиги  $a$  (моль/г) сорбент фазасидаги компонент миқдори бўйича қуйидаги формуладан аниқланди:

$$a = \frac{V}{g} \cdot (C_o - C)$$

Бу ерда,  $V$ -эритма ҳажми, л;  $g$  – сорбент массаси, г;  $C_o$  –компонентнинг дастлабки концентрацияси, моль/л;  $C$ - сорбциядан кейинги компонентнинг концентрацияси, моль/л.

## 2.7. Сорбция изотермасининг модели

Сорбция мувозанатини миқдорий тавсифлаш учун 2 та моделдан фойдаланилди (3-жадвал).

3-жадвал

### Сорбция изотермасининг модели

Модел	Тенглама	№
Ленгмюр	$a = \Gamma_{\infty} \frac{C_{\text{мув}} \cdot K_L}{1 + C_{\text{мув}} \cdot K_L}$	1
	$\frac{1}{a} = \frac{1}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty} K_L} \cdot \frac{1}{C_{\text{мув}}}$	2
Фрейндлих	$a = K_{\Phi} \cdot C_{\text{мув}}^{1/n}$	3
	$\ln a = \ln K_{\Phi} + \frac{1}{n} \cdot \ln C_{\text{мув}}$	4

Жадвалда келтирилган тенгламалардаги  $K_L$  ва  $K_{\Phi}$  –Ленгмюр ва Фрейндлих тенгламаларига мувофиқ мувозанат доимийликлари,  $C_{\text{мув}}$  – компонентларнинг эритмадаги мувозанат концентрацияси, моль/л;  $\Gamma_{\infty}$  -

сорбентнинг максимал сифими, моль/г;  $n$  – сорбция интенсивлигини кўрсатувчи Фрейндлих изотермаси доимийси.

Ленгмюр ва Фрейндлих изотерма тенгламаларидан келиб чиқадиган доимийликларнинг қийматларини кичик квадратлар усули бўйича аниқлаш учун ушбу моделларнинг чизикли шаклидан фойдаланилди (жадвалдаги 2- ва 4-тенгламалар). Ҳисоблашлар Microsoft Excel 2010 офис пакетидаги ЛИНЕЙН функцияси ёрдамида кичик квадратлар усулида ўтказилди. Моделнинг адекватлиги  $F_{\text{мезон}}$  бўйича қуйидаги тенгламадан олинган  $F_{\text{тажриба}}$  қийматига таққослаб текширилди.

$$F_{\text{тажриба}} = \frac{nS_o^2}{S_{\text{такрор}}^2}$$

Бу ерда  $S_o$  -қолдиқ дисперсия,  $S_{\text{такрор}}$ -такрорланиш дисперсияси,  $n$ -параллел тажрибалар сони.

$F_{\text{мезон}}$  қиймати  $F.ОБР[P, f_1=m-2, f_2=m \cdot (n-1)]$  функциясидан Microsoft Excel 2010 офис пакетида олинди.  $m$  – тўғри чизикдаги нуқталар сони.  $F_{\text{тажриба}}$  ва  $F_{\text{мезон}}$  қиймати таққосланиб, тенгламанинг адекватлиги тўғрисида хулоса қилинди.

## 2.8. Сорбциянинг термодинамик параметрлари

Сорбция жараёнининг турли ҳароратларда турлича кечиши сорбцияда энтальпия ўзгариши ( $\Delta H$ ), изобарик-изотермик потенциал ўзгариши ( $\Delta G$ ) ва энтропия ўзгариши ( $\Delta S$ ) каби шартли термодинамик потенциалларни ҳисоблашга имкон беради. Шартли  $\Delta H$  ва  $\Delta S$  катталиклар кичик квадратлар усули бўйича (ЛИНЕЙН функцияси ёрдамида) Вант-Гофф тенгламаси бўйича ҳисобланди:

$$\ln K_L = \frac{\Delta S}{R} - \frac{\Delta H}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

$R$ - универсал газ доимийси;  $T$  – абсолют ҳарорат,  $K$ .

Шартли  $\Delta H$  ва  $\Delta S$  катталиклар сорбцияда ўрганилган ҳарорат диапазонида доимий катталиклар сифатида қўлланилган [118].

$\Delta G$  қиймат қуйидаги формула бўйича ҳисобланди:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

## 2.9. Сорбциянинг кинетик модели

Адсорбция кинетикасидаги кимёвий босқич улушини ўрганишга имкон берувчи моделларни қўллаб олинган натижалар қайта ишланди. Бу моделлар псевдо-биринчи тартиб, псевдо-иккинчи тартиб ва Елович моделларини ўз ичига олади.

### 4-жадвал

#### Сорбциянинг кинетик моделлари

Модел	Тенглама	№
псевдо-биринчи тартиб модели	$a_\tau = a_\infty(1 - e^{-K_1\tau})$	1
	$\ln(a_\infty - a_\tau) = \ln a_\tau - K_1\tau$	2
псевдо-иккинчи тартиб модели	$a_\tau = \frac{1}{\frac{1}{K_2 a_\infty^2} + \frac{\tau}{a_\infty}}$	3
	$\frac{1}{a_\tau} = \frac{1}{a_\infty} + \frac{1}{K_2 a_\infty^2} \cdot \frac{1}{\tau}$	4
Елович модели	$\frac{da_\tau}{d\tau} = a \exp(-\beta a_\tau)$	5
	$a_\tau = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln(\tau)$	6

Параметрлар қийматларини аниқлаш учун кичик квадратлар усулидан фойдаланилди. Моделларнинг адекватлиги детерминация коэффициентлари  $R^2$  ва  $F_{\text{мезон}}$  қийматлари бўйича баҳолаб аниқланди.

## 2.10. Сорбциянинг фаолланиш энергияси

Турли ҳароратларда олинган псевдо – тезлик доимийликлари асосида чизикли шаклдаги Аррениус тенгламасидан фойдаланиб, кичик квадратлар усули бўйича сорбциянинг фаолланиш энергияси аниқланди:

$$\ln K = \ln A - \frac{E_{\text{фаол}}}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

Бу ерда,  $A$  – Аррениус доимийси;  $R$  – универсал газ доимийси;  $T$  – абсолют ҳарорат,  $K$ .

## 2-БОБ БЎЙИЧА ХУЛОСА

Диссертация ишининг 2- боби бошланғич моддалар ва таркибида азот, фосфор, кислород бўлган комплекс бирикмалар ҳосил қилувчи ионитлар синтезига бағишланган бўлиб, бу бобда дастлабки моддалар ва синтез қилинган моддаларни анализ қилишда қўлланилган тадқиқот усуллари батафсил ёритилган. Шунингдек:

1. Карбамид, формальдегид ва гидразин гидратнинг ўзаро поликонденсация реакциясидан комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези;

2. Карбамид, формальдегид ва ортофосфат кислотанинг ўзаро поликонденсация реакциясидан комплекс ҳосил қилувчи ионит синтези;

5. Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг кислота-асосли ионланиш доимийликлари, металлар ионларининг ионитлар билан ҳосил қилган комплекс бирикмаларининг барқарорлик доимийликлари, ионит – эритма системасида мувозанат ҳосил бўлиш вақтини аниқлаш, сорбциянинг изотермаси, унинг модели ва термодинамик параметрларини ҳисоблаш усуллари келтирилган.

### Ш. НАТИЖАЛАР ТАҲЛИЛИ

#### 3.1. Комплекс ҳосил қилувчи ионитлар синтез қилишда турли омиллар таъсири ва улар тузилишининг ИҚ-спектрал тавсифи

Ҳозирги вақтда олимлар ва ишлаб чиқарувчиларнинг эътибори иккиламчи хом-ашёлардан рационал фойдаланиш, яъни кам чиқиндили ёки чиқиндисиз технологияларини яратиш ҳамда табиий бойликлардан комплекс фойдаланишнинг тежамкор, шунингдек, экологик жиҳатдан тоза йўллари кидириб топишга қаратилган. Мазкур муаммоларни ҳал этишнинг самарали йўлларида бири - ишлаб чиқариш корхоналарининг иккиламчи маҳсулотлари асосида комплекс ҳосил қилувчи, юқори сорбцион кўрсаткичларга эга бўлган ионитлар олиш ҳисобланади. Маълумки, бундай ионитлар гидрометаллургия саноати: технологик ва оқава сувлари таркибидаги рангли, ноёб ва нодир металллар ионларини концентрлаш ва ажратиш, ҳамда ионлар аралашмасини бир-биридан ажратиш, жараёнларини соддалаштиришда кенг қўлланилади.

Юқоридагилардан келиб чиқиб, формальдегид ва эпихлоргидрин асосида янги комплекс ҳосил қилувчи полимерлар синтези, уларнинг таркиби ва физик-кимёвий хоссалари, эксплуатацион тавсифларининг тадқиқоти, шунингдек, металл ионларини тутган кимё саноати корхоналарининг чиқинди сувларини тозалаш учун амалда фойдаланиладиган аниқ объектларни излаб топиш муҳим илмий ва амалий аҳамиятга эга

Шунга кўра, синтез қилинадиган ионит хоссаларини назорат қилиш ва унинг кўрсаткичларини яхшилаш мақсадида, полимераналогик ўзгаришлар натижасида поликонденсацион типдаги ионит (ионалмашинувчи комплексит) олинди. Ионитни синтез қилиш жараёнида карбамид, формальдегид ва гидразин гидратнинг поликонденсация жараёнига ҳароратнинг таъсирини ўрганиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Поликонденсация жараёни 70, 80, 90 ва 100 °С ҳароратларда тадқиқ этилди. Бунда реакциянинг давомийлиги,



анионитнинг сувдаги солиштирма ҳажми ва 0,1 N HCl эритмаси бўйича статик алмашилиш сиғими аниқланди. Олинган натижалар 5-жадвалда келтирилган.

### 5-жадвал

#### Ионит хоссаларига поликонденсация ҳароратининг таъсири

№	Реакция ҳарорати, t, °C	Реакция давомийлиги, τ, соат	Сувда бўккан OH-шаклдаги ионитнинг солиштирма ҳажми, мл/г	0,1 N HCl эритмаси бўйича САС, мг-экв/г
1.	70	10	2,2	3,9-4,1
2.	80	6,5-7	2,0	4,9
3.	90	3,5-4	1,3-1,5	5,2
4.	100	2,5	1,4	4,8-5,0

3.1-жадвалдаги маълумотлардан кўришиб турибдики, 70 °C ҳароратда поликонденсация реакциясининг давомийлиги 10 соатни, ионитнинг алмашилиш сиғими эса 3,9-4,1 мг-экв/г ни ташкил этади. Бу эса таъсирлашувчи моддалар фаоллигининг келтирилган ҳароратда камроқ эканидан далолат беради. Реакция ҳароратини 100 °C гача орттириб борилса, поликонденсация жараёни жадаллашади ва реакция давомийлиги 2,5 соатгача камаяди. Лекин, бунда ионитнинг бўкувчанлиги ва алмашилиш сиғими ҳам камаяди. Бундан кўришиб турибдики, берилган ҳароратда олинган ионит тузилиши анча зич бўлиб, натижада ионоген гуруҳларнинг ҳаракатчанлиги қийинлашади.

Поликонденсация реакциясининг оптималъ ҳарорати учун 90 °C танлаб олинди, бунда реакция давомийлиги 3,5-4соатни ташкил этади. Поликонденсация реакциясининг кечиши бирмунча мувозанатли бўлиб, олинган ионитнинг 0,1 N HCl эритмаси бўйича статик алмашилиш сиғими 5,2 мг-экв/г га етади.

Дастлабки моддалар тузилиши ва хоссаларининг ионит тузилиши ва хоссаларига таъсирини аниқлаш ҳамда юқори кўрсаткичли эксплуатацион хоссаларга эга бўлган ионит синтези вариантларини танлаш мақсадида ионит олишда дастлабки моддалар нисбатининг таъсири ўрганилди.

Формальдегид карбамид ва гидразин гидрат билан ўзаро таъсирлашишида нафақат конденсирловчи агент, балки чокловчи агент ҳам ҳисобланади. Унинг концентрацияси олинаниган ионитнинг асосий физик-кимёвий ва сорбцион хоссаларига таъсир этади. Чокланиш даражаси турлича бўлган ионитлар олиш учун уларнинг турли намуналари синтез қилинди. Поликонденсация реакцияси таъсирлашувчи моддаларнинг турли моль нисбатларида ўтказилди: карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат мос ҳолда 1:2:1 дан 1:3:1 моль нисбатларгача олинди. Формальдегид микдорининг ионит хоссаларига таъсирини ўрганиш натижалари 6-жадвалда берилган.

### 6-жадвал

#### Карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат моль нисбатларининг ионит хоссаларига таъсирини

Кўрсаткичларнинг номланиши	Ўлчов бирлиги	Карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат нисбатлари, моль		
		1:2:1	1:2.5:1	1:3:1
Сувда бўккан ОН-шаклдаги ионитнинг солиштира хажми	мл/г	2,0	1,8	1,5
Сочма оғирлик	г/мл	0,68	0,6	0,5
0,1 Н эритмалар бўйича статик алмашиниш сифими	мг-экв/г			
NaOH	-//-	2,3-2,5	3-3,5	2,7-3,0
NaCl	-//-	0,7-0,78	1-1,2	0,5-0,57
HCl	-//-	4,0-4,2	4,8-5,0	3,5-3,9
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-//-	5,9-5,95	6,5	4,5-4,7
HNO <sub>3</sub>	-//-	3,1	4,5-4,6	2,6
CuSO <sub>4</sub>	-//-	2,2	2,8	1,85

6-жадвалдаги маълумотлардан кўришиб турибдики, формальдегид микдори ортиб бориши билан ионитнинг алмашиниш сифими босқич билан камайиб боради. Буни ионитлар ғовақларининг радиуси камайиши билан тушунтириш мумкин. Натажада ионлар диффузияси ва бўкувчанлик геометрик тўсиқ сабабли камаяди. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида

карбамид, формальдегид ва гидразин гидратнинг 1:2,5:1 нисбатларида юқори кўрсаткичли ионитлар олинди.

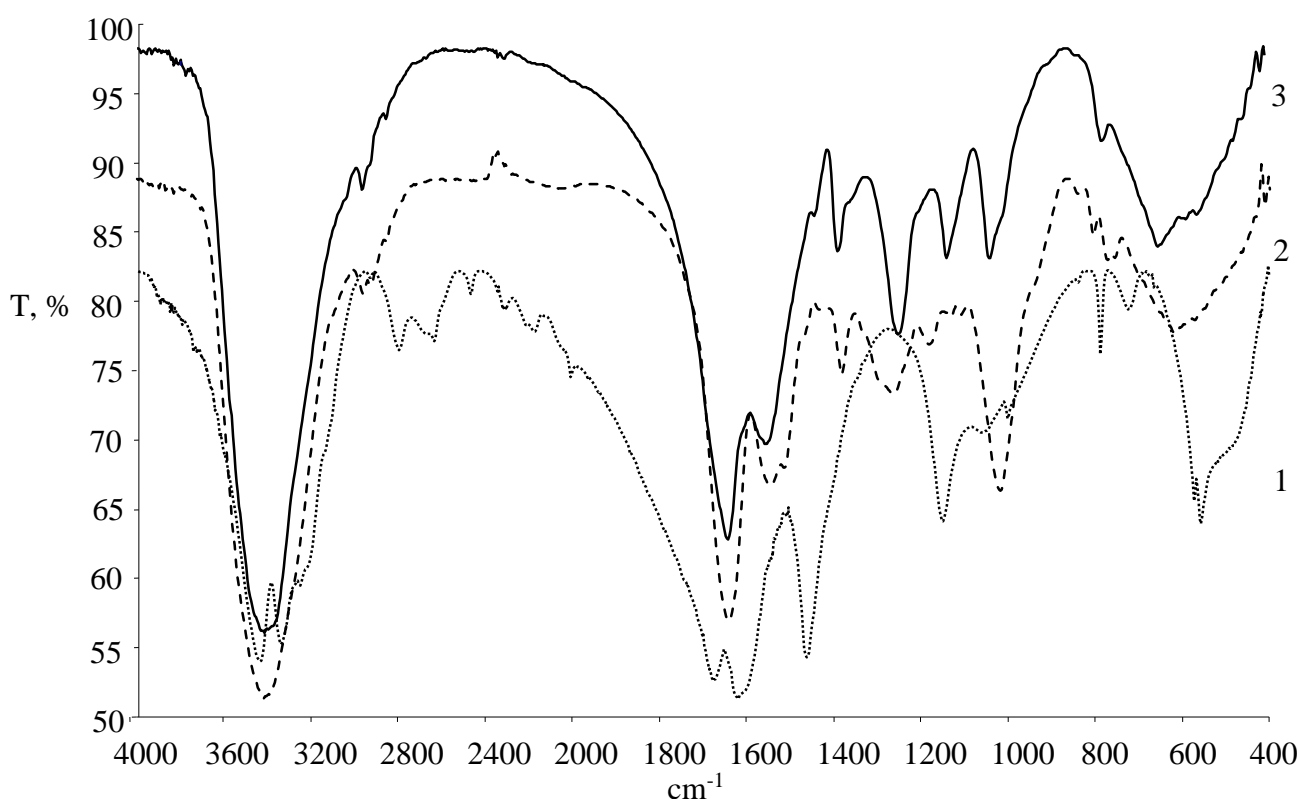
Олинган ионалмашинувчи полимерларнинг уч ўлчамли тузилишини аниқлаш учун кимёвий анализ усуллари билан биргаликда физик-кимёвий усуллардан ҳам фойдаланилди. Ионитларнинг тузилишини аниқлаш мақсадида ИҚ-спектроскопиядан фойдаланилди. Ионитнинг ИҚ-спектрида  $3415\text{ см}^{-1}$  соҳада иккиламчи N-H гуруҳларнинг валент тебраниш частотасига мос келувчи ютилиш чизиғи кўринади.  $1639\text{ см}^{-1}$  соҳадаги ютилиш чизиғи боғланган C=O гуруҳидан далолат беради.  $1437, 1385\text{ см}^{-1}$  соҳалардаги ютилиш чизиғлари  $\text{CH}_2$ - гуруҳларнинг тебранишига мос келади.

### 7-жадвал

#### Дастлабки моддалар ва олинган ионитнинг ИҚ-спектридаги тебраниш частоталари

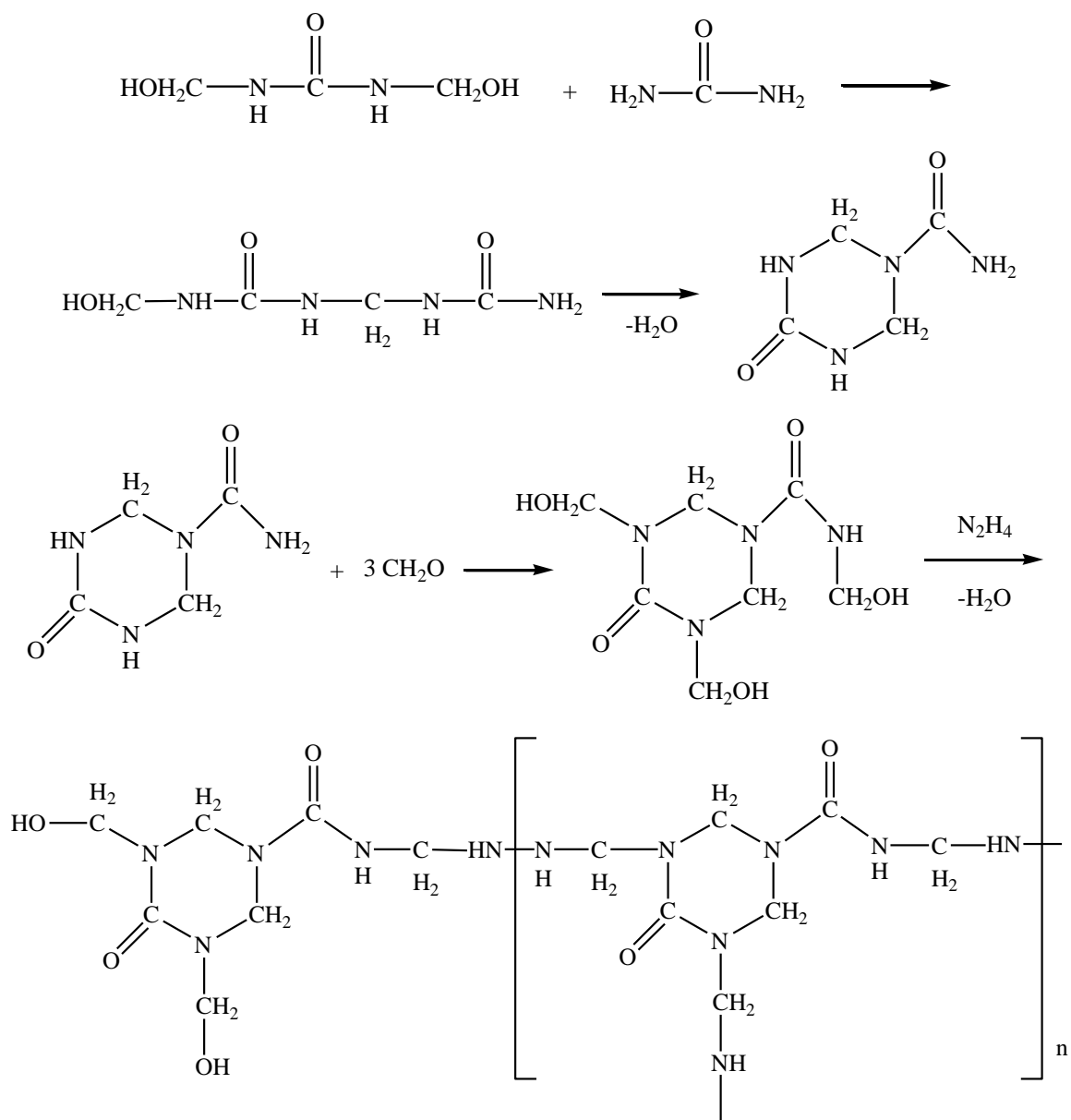
ИҚ-спектрдаги тебраниш частоталари, $\text{см}^{-1}$			Боғлиқлиги
Карбамид	Карбамид формальдегид смола	Гидразин билан модификацияланган карбамид формальдегид смола (ионит)	
3440	3423	3415	$\nu_{NH}$
3346			$\nu_{NH_2}$
3254			$\nu_{C=NH}$
1678 1621	1643	1639	$\nu_{C=O}$ , чизик $\nu_{C-N}$ ва $\nu_{C=O}$ таъсирини кўрсатади
	1546, 1513	1550	$\delta_{NH}$ ва $\nu_{C-N}$ тебраниш, иккиламчи амин. $\nu_{-N-N-}$ , тебраниши симметрик транс-азобирикмаларда симметрия таъқиқи сабабли кузатилмайди
1463	1383	1437, 1385	$\delta_{CH}$
	1265	1245	ҳалқадаги $\nu_{C-N}$

1151, 1060	1182, 1018	1134, 1035	$\nu_{C-O}$
789	839, 806, 773	774	$\delta_{CH}$ текисликдан ташқари тебраниш
724			$\delta_{NH}$ текисликдан ташқари елпиғичсимон тебраниш
	618	648	$\delta_{OH}$
560			$\delta_{CN}$



**1-расм. Дастлабки моддалар ва олинган ионитнинг ИҚ-спектрлари: 1- карбамид, 2-карбамид формальдегид смола, 3- гидразин билан модификацияланган карбамид формальдегид смола (ионит).**

Бажарилган тадқиқотларда олинган натижалар ва адабиётлардаги маълумотлар асосида [120], ионитни синтез реакциясини қуйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин:



Синтез қилинадиган ионит хоссаларини назорат қилиш ва унинг кўрсаткичларини яхшилаш мақсадида, полимераналогик ўзгаришлар натижасида поликонденсацион типдаги ионит (ионалмашинувчи комплексит) олинди. Ионитни синтез қилиш жараёнида карбамид, формалдегид ва ортофосфат кислотанинг поликонденсация жараёнига ҳароратнинг таъсирини ўрганиш бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Поликонденсация жараёни 70, 80, 90 ва 100 °С ҳароратларда тадқиқ этилди. Бунда реакциянинг давомийлиги, анионитнинг сувдаги солиштирма ҳажми ва 0,1 Н НСl эритмаси бўйича статик алмашиниш сиғими аниқланди. Олинган натижалар 8-жадвалда келтирилган.

## Ионит хоссаларига поликонденсация ҳароратининг таъсири

№	Реакция ҳарорати, t, °С	Реакция давомийлиги, τ, соат	Сувда бўккан ОН-шаклдаги ионитнинг солиштира ҳажми, мл/г	0,1 N HCl эритмаси бўйича САС, мг-экв/г
1.	70	10	2,2	3,9-4,1
2.	80	6,5-7	2,0	4,9
3.	90	3,5-4	1,3-1,5	5,2
4.	100	2,5	1,4	4,8-5,0

8-жадвалдаги маълумотлардан кўришиб турибдики, 70 °С ҳароратда поликонденсация реакциясининг давомийлиги 10 соатни, ионитнинг алмашилиш сифими эса 3,9-4,1 мг-экв/г ни ташкил этади. Бу эса таъсирлашувчи моддалар фаоллигининг келтирилган ҳароратда камроқ эканидан далолат беради. Реакция ҳароратини 100 °С гача орттириб борилса, поликонденсация жараёни жадаллашади ва реакция давомийлиги 2,5 соатгача камаяди. Лекин, бунда ионитнинг бўкувчанлиги ва алмашилиш сифими ҳам камаяди. Бундан кўришиб турибдики, берилган ҳароратда олинган ионит тузилиши анча зич бўлиб, натижада ионоген гуруҳларнинг ҳаракатчанлиги қийинлашади.

Поликонденсация реакциясининг оптимал ҳарорати учун 90 °С танлаб олинди, бунда реакция давомийлиги 3,5-4 соатни ташкил этади. Поликонденсация реакциясининг кечиши бирмунча мувозанатли бўлиб, олинган ионитнинг 0,1 N HCl эритмаси бўйича статик алмашилиш сифими 5,2 мг-экв/г га етади.

Дастлабки моддалар тузилиши ва хоссаларининг ионит тузилиши ва хоссаларига таъсирини аниқлаш ҳамда юқори кўрсаткичли эксплуатацион хоссаларга эга бўлган ионит синтези вариантларини танлаш мақсадида ионит олишда дастлабки моддалар нисбатининг таъсири ўрганилди.

Формалдегид карбамид ва ортофосфат кислота билан ўзаро таъсирлашишида нафақат конденсирловчи агент, балки чокловчи агент ҳам ҳисобланади. Унинг концентрацияси олинаниган ионитнинг асосий физик-кимёвий ва сорбсион хоссаларига таъсир этади. Чокланиш даражаси турлича бўлган ионитлар олиш учун уларнинг турли намуналари синтез қилинди. Поликонденсация реакцияси таъсирлашувчи моддаларнинг турли мол нисбатларида ўтказилди: карбамид, формалдегид ва ортофосфат кислота мос ҳолда 1:2:1 дан 1:3:1 мол нисбатларгача олинди. Формалдегид миқдорининг ионит хоссаларига таъсирини ўрганиш натижалари 9-жадвалда берилган.

### 9-жадвал

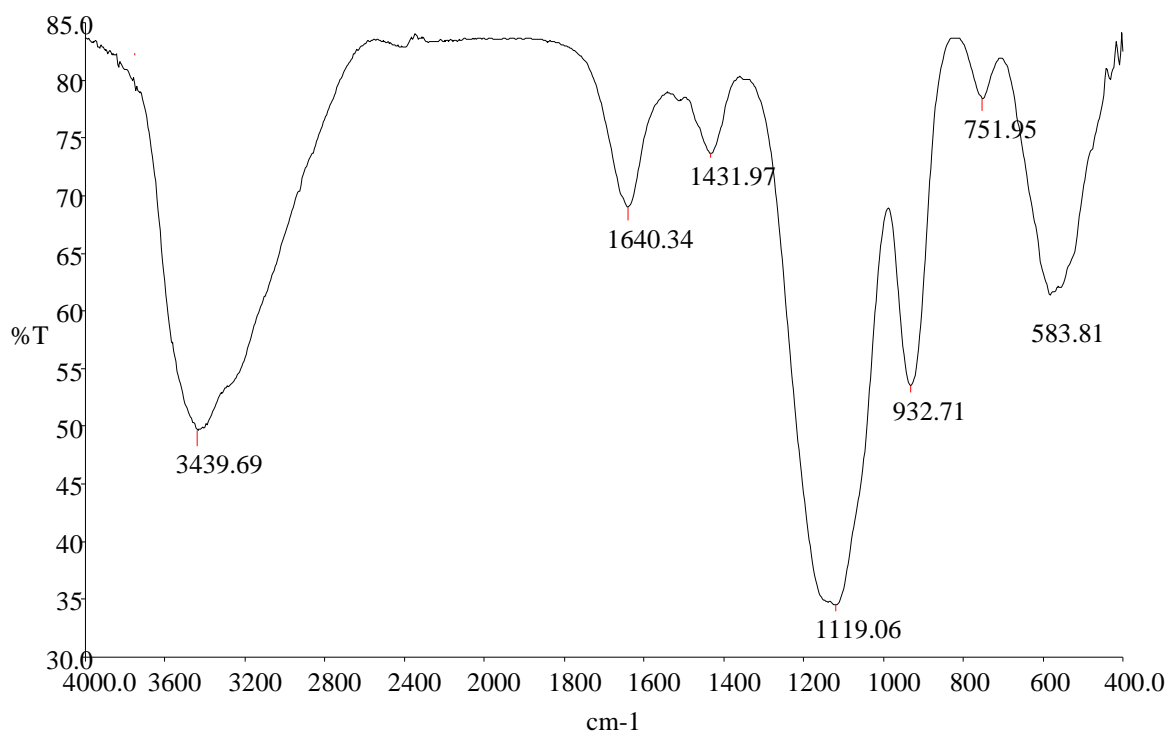
#### Карбамид, формалдегид ва ортофосфат кислота мол нисбатларининг ионит хоссаларига таъсири

Кўрсаткичларнинг номланиши	Ўлчов бирлиги	Карбамид, формалдегид ва ортофосфат кислота нисбатлари, мол		
		1:2:1	1:2.5:1	1:3:1
Сувда бўккан ОН-шаклдаги ионитнинг солиштирма ҳажми	мл/г	2,1	1,9	1,4
Сочма оғирлик	г/мл	0,72	0,58	0,5
0,1 N эритмалар бўйича статик алмашиниш сиғими	мг-экв/г			
NaOH	-//-	4,3	5,5	4,0
NaCl	-//-	1,5	1,7	1,37
HCl	-//-	4,8	5,2	4,2
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-//-	6,3	6,9	5,5
HNO <sub>3</sub>	-//-	3,5	3,8	3,6
CuSO <sub>4</sub>	-//-	2,5	3,2	2,3

9-жадвалдаги маълумотлардан кўришиб турибдики, формалдегид миқдори ортиб бориши билан ионитнинг алмашиниш сиғими босқич билан камайиб боради. Буни ионитлар ғовақларининг радиуси камайиши билан тушунтириш мумкин. Натажада ионлар диффузияси ва бўкувчанлик геометрик тўсиқ сабабли камаяди. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида

карбамид, формалдегид ва ортофосфат кислотанинг 1:2,5:1 нисбатларида юқори кўрсаткичли ионитлар олинди.

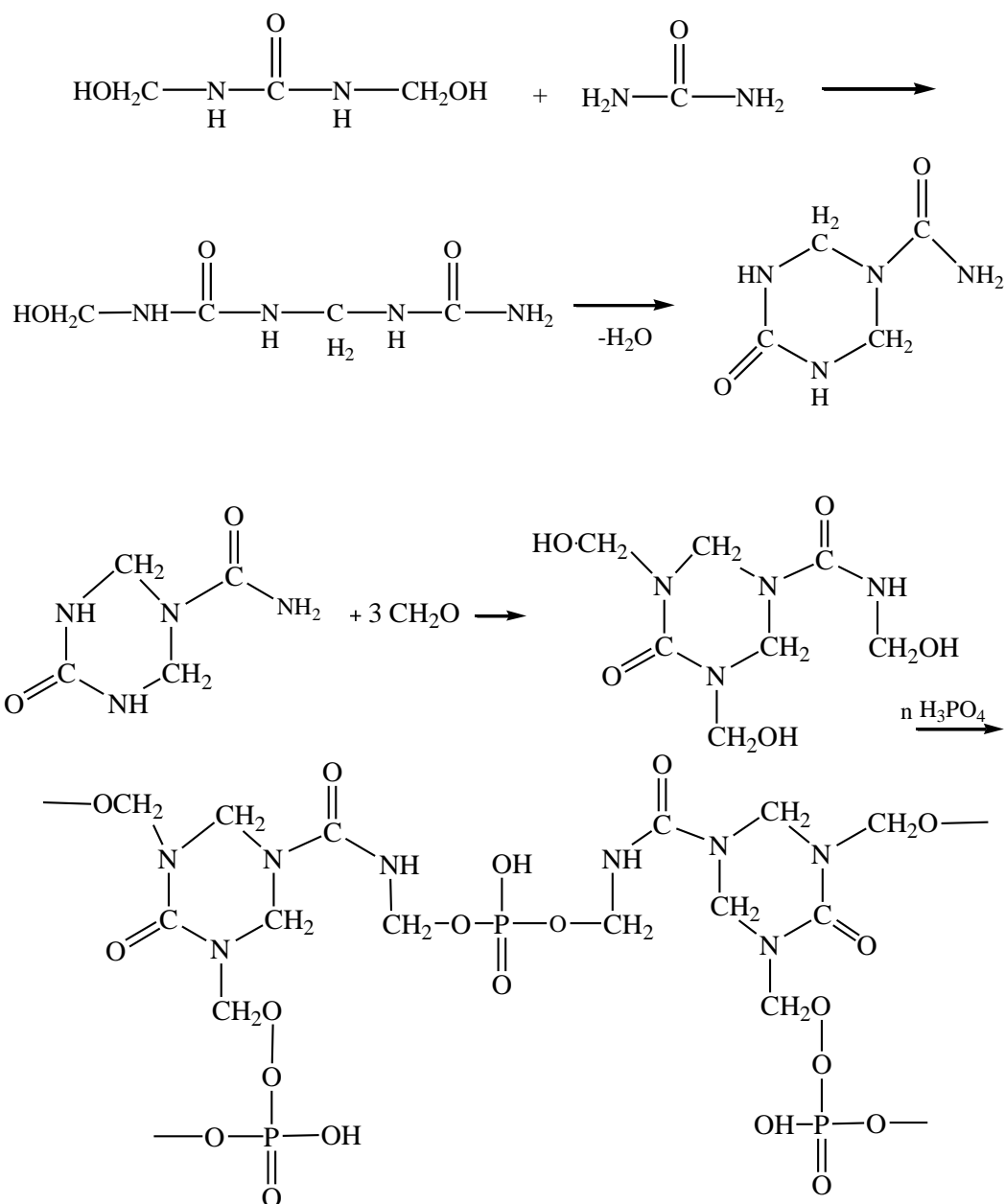
Олинган ионалмашинувчи полимерларнинг уч ўлчамли тузилишини аниқлаш учун кимёвий анализ усуллари билан биргаликда физик-кимёвий усуллардан ҳам фойдаланилди. Ионитларнинг тузилишини аниқлаш мақсадида ИҚ-спектроскопиядан фойдаланилди. Ионитнинг ИҚ-спектрида  $3439\text{ см}^{-1}$  соҳада иккиламчи N-H гуруҳларнинг валент тебраниш частотасига мос келувчи ютилиш чизиғи кўринади.  $1640\text{ см}^{-1}$  соҳадаги ютилиш чизиғи боғланган C=O гуруҳидан далолат беради.  $1431\text{ см}^{-1}$  соҳадаги ютилиш чизиғлари  $\text{CH}_2$ - гуруҳларнинг тебранишига мос келади. Эркин ва боғланган P=O гуруҳларнинг тебраниши  $1119$  ва  $932\text{ см}^{-1}$  соҳаларда кузатилди (2-расм).



**2-расм. КФФК ионитининг ИҚ-спектри.**

Бажарилган тадқиқотларда олинган натижалар ва адабиётлардаги маълумотлар асосида [120], ионитни синтез реакциясини қуйидаги кўринишда тасвирлаш мумкин:





### 3.2. Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг кимёвий, термик ва механик барқарорлигини ўрганиш

#### 3.2.1. Ионитларнинг кимёвий барқарорлиги

Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг кимёвий барқарорлиги турли агрессив муҳитларда ўрганилди. Тадқиқ этилаётган ионитларнинг турли реагентлар, шунингдек кучли оксидловчилар таъсирига чидамлилигини синовдан ўтказишда [101, 125] адабиётларда маълум усуллардан фойдаланилди. Ионитлар намуналари 48 соат давомида хона ҳароратида турли кислота ва ишқор эритмаларига солиб қўйилди ҳамда вақти-

вақти билан аралаштириб турилди. Реагентлардан тозалангандан сўнг ионитларнинг статик алмашиниш сиғимлари аниқланди. Турли муҳитларда ионитларнинг барқарорлигини ўрганиш натижалари қуйидаги жадвалда келтирилган.

### 10-жадвал

#### Ионитларнинг статик алмашиниш сиғимига турли реагентларнинг таъсири

Муҳит	САС <sub>бош</sub> , мг-экв/г	САС <sub>охир</sub> , мг-экв/г	САС ўзгариши, %
КФГГ, САС 0,1 н НСІ бўйича			
10 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,8	4,35	90,6
10 % КОН	4,8	4,76	99,2
10 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	4,8	4,18	87,1
Ҳаво*	4,8	4,78	99,6
КФФК, САС 0,1 н NaOH бўйича			
10 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,5	5,68	103,2
10 % КОН	5,5	4,95	90
10 % H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	5,5	5,3	96,4
Ҳаво*	5,5	5,42	98,5

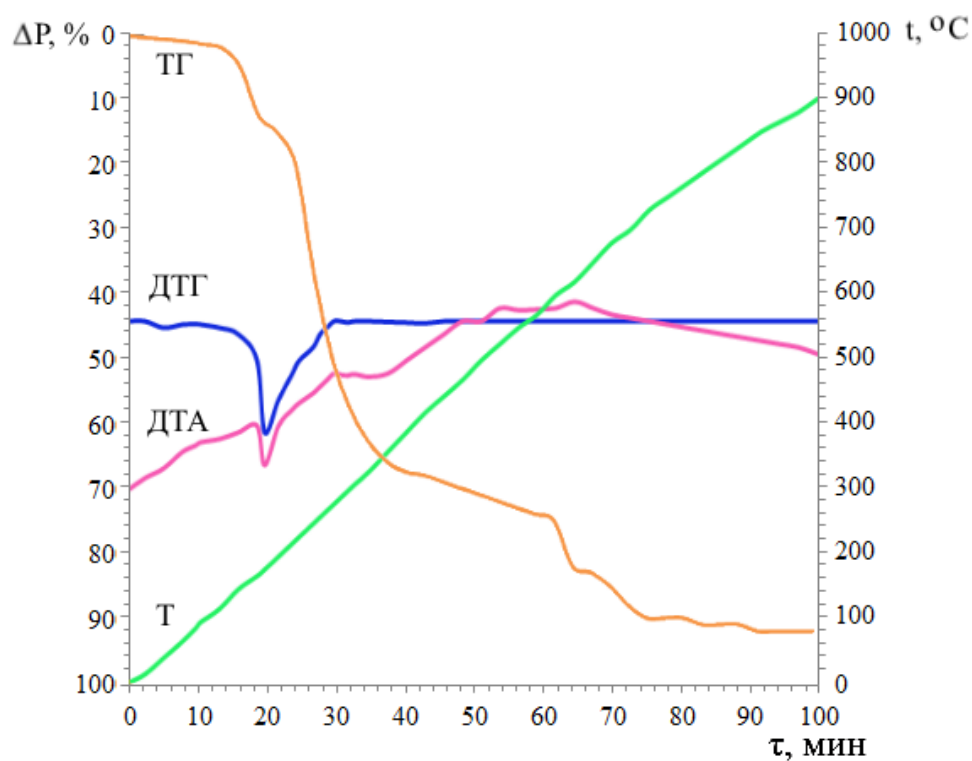
\* ҳарорат 100 °С.

- жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, олинган ионитлардан КФФК ва МФСЭ нинг кимёвий барқарорлиги қолган ионитларга нисбатан анча юқори.

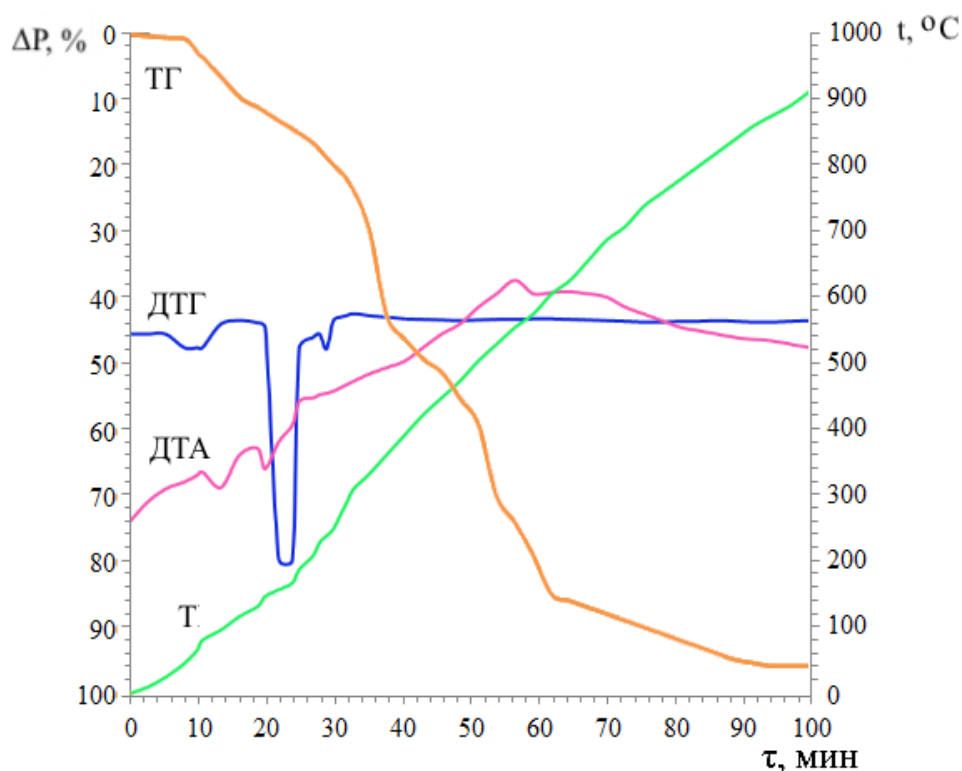
#### 3.2.2. Ионитларнинг термик барқарорлиги

Ионитларнинг термик турғунлигини ўрганиш бўйича тажрибада олинган ва [129-131] адабиётлардаги маълумотлар асосида ионитларни қиздириш жараёнида полимер тузилишининг деструкцияси натижасида масса ўзгариши билан кузатиладиган турли экзотермик ва эндотермик иссиқлик эффектлари дериватографик анализ натижалари (3-4-расмлар ва -жадвал) асосида таҳлил қилинди. 3-расмда келтирилган КФГГ ионитининг дериватограммасида 103, 260, 790 °С ҳароратларда учта эндотермик ва 178, 235, 275, 315, 623 °С ҳароратларда бешта экзотермик эффектлар кузатилди. 103 °С ҳароратдаги биринчи эндоэффект ионит таркибидаги гигроскопик сувнинг чиқиб кетиши билан боғлиқ бўлиб, бунда масса камайиши 1,5 % ни ташкил

қилган. 260 °С ҳароратдаги икинчи эндоэффект табиатига кўра ионитнинг юмшаб, парчаланиши билан боғлиқ. Бу ҳароратда ионит массасининг камайиши 43,7 %. 60-900 °С ҳарорат диапазонида умумий масса камайиши 91,03 % ни ташкил қилган.



3-расм. КФГГ ионитининг дериватограммаси.



**4-расм. КФФК ионитининг дериватограммаси.**

4-расмда келтирилган КФФК ионитининг дериватограммасида 130, 190, 217, 280, 770 °С ҳароратларда бешта эндотермик ва 293, 380, 514, 625 °С ҳароратларда тўртта экзотермик эффе́ктлар кузатилди. 130 °С ҳароратдаги биринчи эндоэ́ффе́кт ионит таркибидаги гигроскопик сувнинг чиқиб кетиши билан боғлиқ бўлиб, бунда масса камайиши 10,8 % ни ташкил қилган. Бундан кўриниб турибдики гигроскопик сув молекулалари ионитнинг кислотали гуруҳлари билан гидрат ҳосил қилиб нисбатан кучлироқ боғланган. 190, 217, 280 °С ҳароратлардаги эндоэ́ффе́ктлар табиатига кўра ионит таркибидаги конституцион сув, яъни аминогуруҳларни протонлаштиришда қатнашган ҳамда гидрофосфат гуруҳлар таркибидан сувнинг ажралиб чиқиши билан боғлиқ. Бу ҳароратларда ионит массасининг умумий камайиши тегишлича 16,3; 17,5 ва 22,7 % га тенг. 60-900 °С ҳарорат диапазонида умумий масса камайиши 95,8 % ни ташкил қилган.

**11-жадвал**

**Синтез қилинган ионитлар термолизининг дериватографик  
маълумотлари**

Ионит	Эффектнинг харорат интервали, °С	Эффект чўққиси, °С	Масса ўзгариши, %	Умумий масса ўзгариши, %	Эффект табиати
КФГГ	60-120	103	1,5	1,5	эндотермик
	150-200	178	11	12,5	экзотермик
	220-250	235	15,7	28,2	экзотермик
	250-265	260	15,5	43,7	эндотермик
	265-290	275	5,5	49,2	экзотермик
	305-345	315	11	60,2	экзотермик
	610-650	623	22,1	82,3	экзотермик
	720-800	790	8,5	90,8	эндотермик
КФФК	50-150	130	10,8	10,8	эндотермик
	150-210	190	5,5	16,3	эндотермик
	210-270	217	1,2	17,5	эндотермик
	270-290	280	5,2	22,7	эндотермик
	290-310	293	0,6	23,3	экзотермик
	350-400	380	22,3	45,6	экзотермик
	470-540	514	15,5	61,1	экзотермик
	600-650	625	26,3	87,4	экзотермик
	680-800	770	5,6	93	эндотермик

Олинган ионитларнинг дериватографик тадқиқотларида кузатилган экзоэффектлар полимер тузилишининг термооксидланиш натижасидаги деструкцияси, эндоэффектлар эса ҳаво иштирокисиз деструкцияланиш билан тушунтирилади.

### 3.2.3. Ионитларнинг механик барқарорлиги

Донадор ионитларга қўйиладиган муҳим талаблардан бири уларнинг механик мустаҳкамлигидир. Ионитлар механик мустаҳкамлигининг пастлиги улардан саноатнинг баъзи тармоқларида фойдаланишни чеклайди. Олинган ионитларнинг механик чидамлилигини аниқлаш учун ионитлар доналарининг курук ҳолатда бир-бирига ишқаланиб ейилиши ўрганилди.

Ионитларнинг механик чидамлилигини қиёсий баҳолаш учун 10 соат давомида ионитлар вибрацион қурилмада синовдан ўтказилгандан сўнг

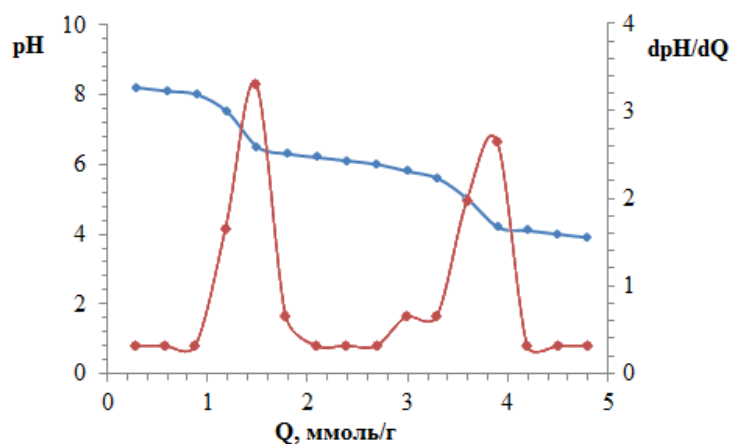
дастлабки донадор таркиб бўйича солиштирилди. Бунинг учун ҳосил бўлган чангсимон фракцияни элакдан ўтказиб, қолган ионит массасининг дастлабки ионит массасига нисбатидан уларнинг механик чидамлилиги фоизларда аниқланди. Олинган ионитларнинг механик мустаҳкамлиги КФГГ - 98,3%, КФФК - 98,8% эканлиги тадқиқотлар натижаларига кўра аниқланди.

### 3.3. Ионитлар таркибидаги фаол функционал гуруҳларнинг кислота-асосли хоссалари

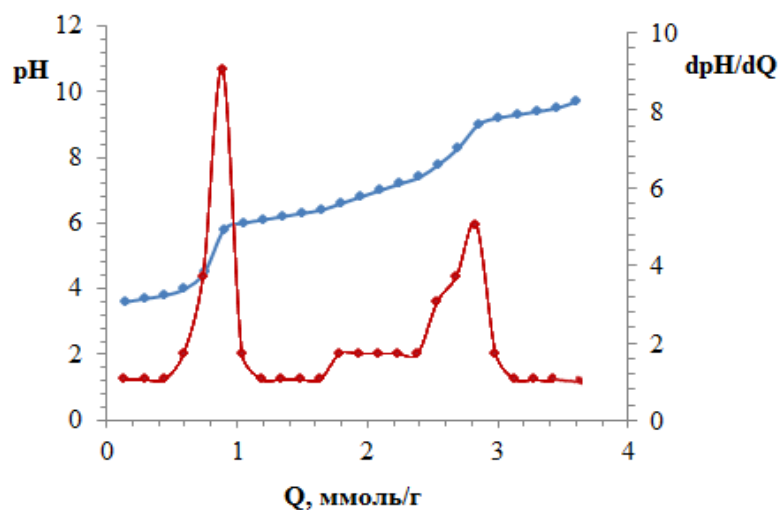
Ионитларнинг кислота-асосли хоссаларини ўрганиш учун потенциометрик титрлаш усули қўлланилди.  $pK_d$  катталигини аниқлашда [73] адабиётларда тавсия этилган хелатли полимер ионитлар учун шартли кислота-асосли доимийликларни аниқлашга имкон берадиган Гендерсон-Гассельбах усулидан фойдаланилди.

Ионитларнинг диссоциацияланиш доимийликларини потенциометрик титрлаш йўли билан ҳисобланган натрий иони бўйича статик алмашилиш сифимларидан аниқланди. Ўрганилган ионитларнинг  $SAC_{Na^+}$  катталигини (ммоль/г) аниқлаш натижалари қуйидагича: КФГГ – 4,8 (НСІ бўйича); КФФК – 3,7.

Олинган маълумотлар асосида  $Q$  (титрант миқдори, ммоль/г) –  $pH$  координатаси бўйича интеграл потенциометрик титрлаш эгри чизиғи ва ундаги эквивалент нуқталарни тўғри аниқлаш учун  $Q - \Delta pH/\Delta Q$  координатаси бўйича дифференциал эгри чизик чизилди (5-6-расмлар).



**5-расм. КФГГ ионитини HCl эритмаси билан потенциометрик титрлашнинг интеграл ва дифференциал эгри чизиклари.**



**6-расм. КФФК ионитини NaOH эритмаси билан потенциометрик титрлашнинг интеграл ва дифференциал эгри чизиклари.**

5-6-расмлардан кўришиб турибдики, титрлаш эгрлари босқичли тузилишга эга бўлиб, ўрганилган ионитларнинг полифункционаллигидан далолат беради. Эритма pH катталигининг қўшилган ишқор миқдорига боғлиқлигини акс эттирувчи титрлаш эгриси ионитнинг максимал сиғимини аниқлашга ва фаол гуруҳларнинг  $pK_{\text{ион}}$  қиймати тўғрисида фақат сифат жиҳатдан хулоса қилишга имкон беради. Потенциометрик титрлашда олинган маълумотлардан гуруҳларнинг ионланиш доимийсининг ( $pK_{\text{ион}}$ ) қиймати график усулда ва Гендерсон-Гассельбах тенгламаси ёрдамида ҳисоблаш йўли билан аниқланди:

$$pK_{\text{ион}} = pH - \lg \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

Бу ерда  $\alpha$  – полимер кислотали гуруҳларининг потенциометрик титрлаш усулида ҳисобланган нейтралланиш даражаси.

$\alpha$  катталик хелатли полимер ионит фазасидаги ҳар бир гуруҳнинг статик сиғимидан келиб чиқиб, ҳамма босқич учун қўшилган NaOH миқдорининг

(ммоль) 0,1 г ионитдаги ҳар бир фаол гуруҳ миқдорига (ммоль) нисбати бўйича қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланди:

$$\alpha = \frac{N \cdot V}{g \cdot CAC_{Na^+}} = \frac{0,02 \cdot V}{0,1 \cdot CAC_{Na^+}}$$

Бу ерда  $N$  – NaOH эритмаси нормаллиги,

$V$  – қўшилган 0,02 М NaOH эритмаси ҳажми, мл,

$CAC_{Na^+}$  - полимер фазасидаги ҳар бир гуруҳнинг статик сиғими.

$\alpha$  нинг топилган қиймати ва унга мос  $pH$  бўйича  $pH = f\left(\lg \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)$

боғлиқлик графиги чизилди (7-8-расмлар).

Чизилган графиклар бўйича ионитнинг ҳар бир ионоген гуруҳи учун  $pK_{ион}$  қиймати аниқланди.

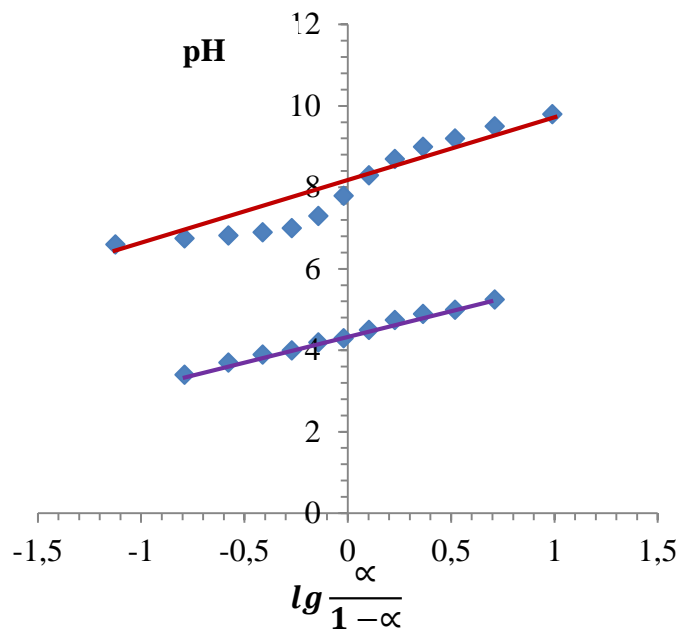
Гендерсон-Гассельбах тенгламасига мувофиқ эритманинг  $pH$  қиймати  $f\left(\lg \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)$  нинг чизикли функцияси ҳисобланади, тўғри чизикли оғманинг бурчак тангенци эса ( $m$  - катталиқ) 1 га тенг бўлиши керак. Бироқ амалда бу қийматдан бир оз четлашиш кузатилади. Бурчак тангенсини ҳисобга олган ҳолда Гендерсон-Гассельбах тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$pK_{ион} = pH - m \cdot \lg \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

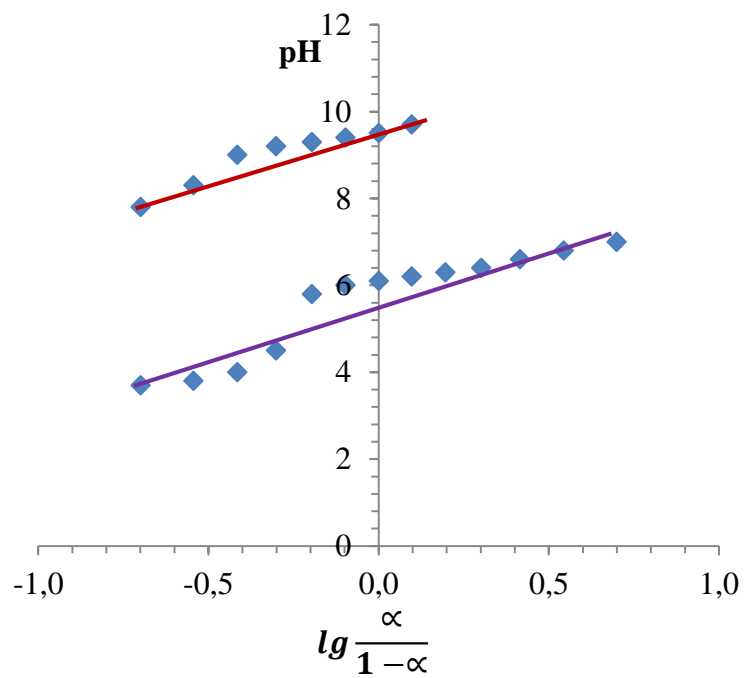
Бу ерда  $m$  – катталиқ ҳисоблаш усули билан топилади. Бу катталиқ ионитдаги кислота-асосли гуруҳларнинг ўзаро электростатик таъсирлашиши билан боғлиқ бўлиб, гуруҳлар концентрацияси қанчалик катта бўлса,  $m$  нинг қиймати ҳам шунча катта бўлади. Натижаларни статистик қайта ишлаш [104] адабиёт бўйича ўтказилди.

Сўнгги йиллардаги тадқиқотлар шуни кўрсатмоқдаки, хелатли полимер ионитларнинг кислота-асосли хоссалари кўп ҳолларда мономер реагентларнинг кислота-асосли гуруҳлари диссоциацияланиш доимийликларига яқин бўлади.





**7-расм. КФГГ ионитининг диссоциацияланиш доимийсини (рК<sub>д</sub>)  
хисоблаш учун график.**



**8-расм. КФФК ионитининг диссоциацияланиш доимийсини (рК<sub>д</sub>)  
хисоблаш учун график.**

**12-жадвал**

**Синтез қилинган ионитлар кислота-асосли гуруҳларининг график  
уsulда аниқланган диссоциацияланиш рК қийматлари**

Ионит	рК <sub>n</sub>	рК <sub>d</sub>	Титрланган гуруҳ
КФГГ	рК <sub>1</sub>	7,15	гидразогуруҳ протони
	рК <sub>2</sub>	9,38	аминогуруҳ
КФФК	рК <sub>1</sub>	4,47	фосфогуруҳ протони
	рК <sub>2</sub>	9,24	аминогуруҳ

Тажрибалар натижасида олинган маълумотлардан шундай хулоса қилиш мумкинки, КФГГ ионитидаги гидразин қолдиғининг ионланиши эритма муҳити рН кўрсаткичининг 3,5-4 интервалида кузатилади ва рК қиймати 7,15 га тенг. Гидразин гидратнинг диссоциацияланиш рК қиймати 6,07 га тенг эканлиги [139] адабиётдан маълум. Ўрганилган ионитлардаги потенциометрик титрлашнинг интеграл ва дифференциал эгри чизиқларидаги иккинчи сакраш протонлашган аминогуруҳнинг депротонлашишидан далолат беради ҳамда аминогуруҳнинг ионланиши эритма муҳити рН кўрсаткичининг 9-10 интервалида кузатилади. 4.1-жадвалдан кўриниб турибдики, аминогуруҳнинг ионланиш рК қиймати ўрганилган ионитларда ўзаро яқин қийматга эга.

КФФК ионитида фосфогуруҳнинг ионланиш рК қиймати 4,47 га тенг бўлиб, полимер ионитларда фаол функционал гуруҳларнинг ионланиш доимийси тегишли мономерлар таркибидаги бир исмли фаол функционал гуруҳларнинг ионланиш доимийсидан 2-3 бирликка катта бўлиши аниқланган [100]. Баъзи адабиётларда ўрганилган фосфорли полимер ионитлар таркибидаги фосфогуруҳнинг ионланиш рК қиймати 3,5-4 бўлиши кўрсатилган [140].

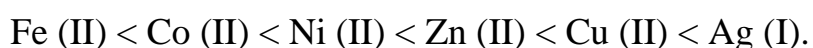
### **3.3. Синтез қилинган ионитларнинг сорбцион хоссалари**

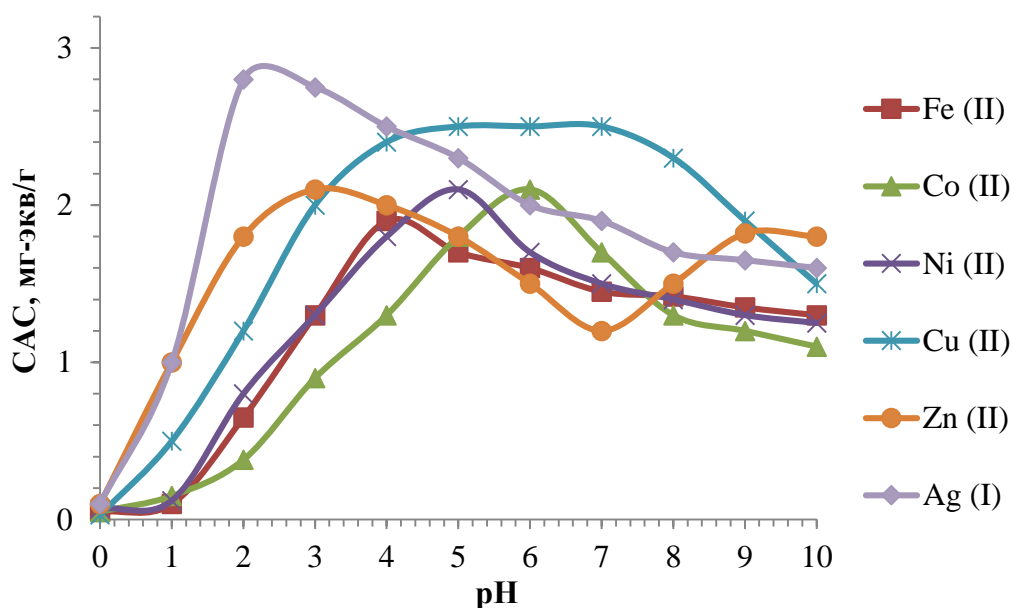
#### **3.3.1. Металлар сорбциясига муҳит рН катталигининг таъсири**

Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларда баъзи d-металлар сорциясининг муҳит рН катталигига боғлиқлиги ўрганилди ва олинган натижалар график кўринишида тасвирланди (9-10-расмлар).

**9-расм. КФГГ ионитида баъзи d-металлар сорциясининг муҳит рН катталигига боғлиқлиги ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г,  $\tau=2$  с,  $V=10$  мл).**

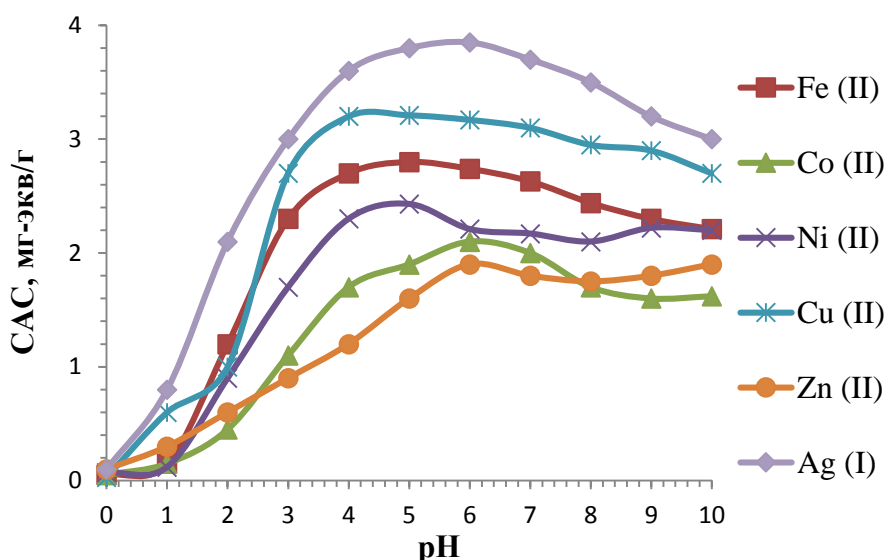
Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларда металлар сорциясининг муҳит рН катталигига боғлиқлиги тасвирланган графиклардан металлар ионларининг ионитларда сорбцияси кучсиз кислотали муҳитларда нисбатан кўпроқ бўлиши кўриниб турибди. КФГГ ионитида металлар сорбциясини ўрганиш натижаларига кўра, ионитнинг статик алмашилиш сифими (мг-экв/г) оптимал муҳит рН катталигига қуйидагича бўлади: Fe (II) – 1,85 (рН=5); Co (II) – 2,1 (рН=6); Ni (II) – 2,1 (рН=5); Cu (II) – 2,5 (рН=4); Zn (II) – 2,1 (рН=5); Ag (I) – 2,8 (рН=2). 9-расмдаги графикдан кўриниб турибдики, эритма муҳитининг рН катталиги ортиб бориши билан, яъни рН=2 дан рН=6 гача металлар ионларининг сорбцияланиш даражаси максимумдан ўтади. Муҳит водород кўрсаткичининг қиймати 6 дан ортиб нейтралликдан ишқорийликка ўтган сари сорбцияланиш даражасининг камайиши кузатилади. Бу ҳолат кислотали муҳитда металлар ионларининг турли таркибли ацидокомплекслар ҳосил қилиб ионитнинг протонлашган фаол функционал гуруҳлари билан ион ассоциатлари ҳосил қилиб сорбцияланишидан далолат беради. Сорбцияда оптимал рН катталиги тегишли металлар ацидокомплексларининг ҳосил бўлиш рН катталигига мос келади. Шунга кўра, ўрганилган металлар ионларининг КФГГ ионитида сорбцияланиш даражаси қуйидаги қаторда ортиб боради:





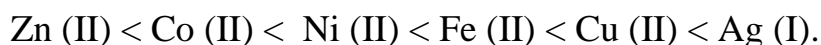
**10-расм. КФГГ ионитида баъзи d-металлар сорбциясининг муҳит рН катталигига боғлиқлиги ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г,  $\tau=2$  с,  $V=10$  мл).**

Бу ионит таркибида амино- ва гидразо- гуруҳлар бўлиб, кучсиз кислотали муҳитда бу гуруҳлар протонлашиб фаоллашади. Натижада металлар ионлари ионит таркибидаги фаоллашган функционал гуруҳлар билан ион боғлар ҳосил қилиб сорбцияланади. Эритма муҳити ишқорийликка ўтиб бориши билан металл ионлари тегишли гидроксидлар ёки кучли ишқорий муҳитларда гидроксокомплекслар ҳосил қилиб ионит фазасига чўкади.



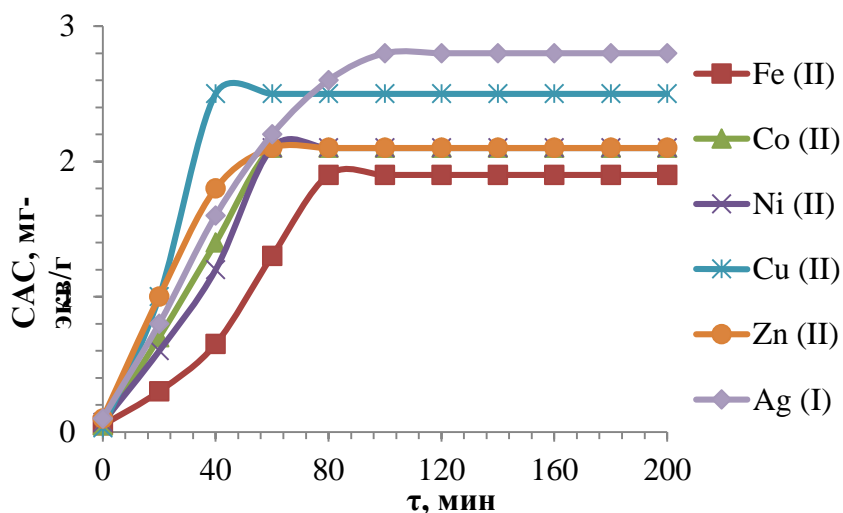
**10-расм. КФФК ионитида баъзи d-металлар сорбциясининг муҳит рН катталигига боғлиқлиги ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сorb}=0,1$  г,  $\tau=2$  с,  $V=10$  мл ).**

КФФК ионитида металлар сорбциясини ўрганиш натижаларига кўра, ионитнинг статик алмашилиш сиғими (мг-экв/г) оптимал муҳит рН катталигида куйидагича бўлади: Fe (II) – 2,8 (рН=5); Co (II) – 2,1 (рН=6); Ni (II) – 2,4 (рН=5); Cu (II) – 3,21 (рН=5); Zn (II) - 1,9 (рН=6); Ag (I) - 3,8 (рН=6). 10-расмдаги графикдан кўриниб турибдики, бу ионитда эритма муҳити рН катталигининг рН=4 дан рН=7 гача интервалида металлар ионларининг сорбцияланиш даражаси максимумдан ўтади. Бу ҳолат кучсиз кислотали муҳитда металлар ионларининг турли таркибли ацидокомплекслар ҳосил қилиб ионитнинг протонлашган фаол функционал гуруҳлари – амина ва фосфогуруҳлар билан ион ассоциатлари ҳосил қилиб сорбцияланишидан далолат беради. Муҳит кислоталиги ортиши билан металлар ионларининг ионит фазасидан эритмага ўтиши кузатилади, натижада сорбция даражаси камаяди. Муҳит водород кўрсаткичининг қиймати 7 дан ортиб ишқорийликка ўтганда ҳам сорбцияланиш даражасининг камайиши кузатилади. Шунга кўра, ўрганилган металлар ионларининг КФФК ионитида сорбцияланиш даражаси куйидаги қаторда ортиб боради:

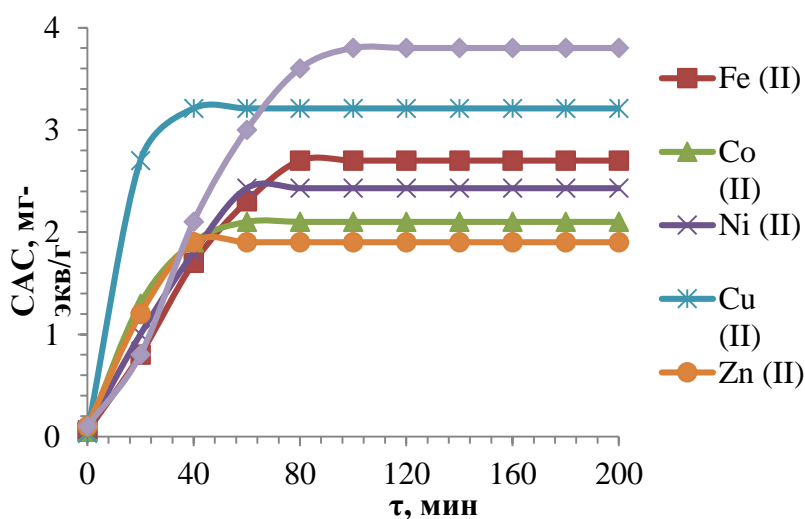


### 3.3.2. Сорбент – эритма системасида мувозанат ҳосил бўлиш вақти

Сорбент – эритма системасида мувозанат ҳосил бўлиш вақтини ўрганишда [98] адабиётдаги маълумотлар асосида тадқиқотлар ўтказилди ҳамда аниқлаш натижалари қуйидаги 11-12-расмларда график кўринишида келтирилган.



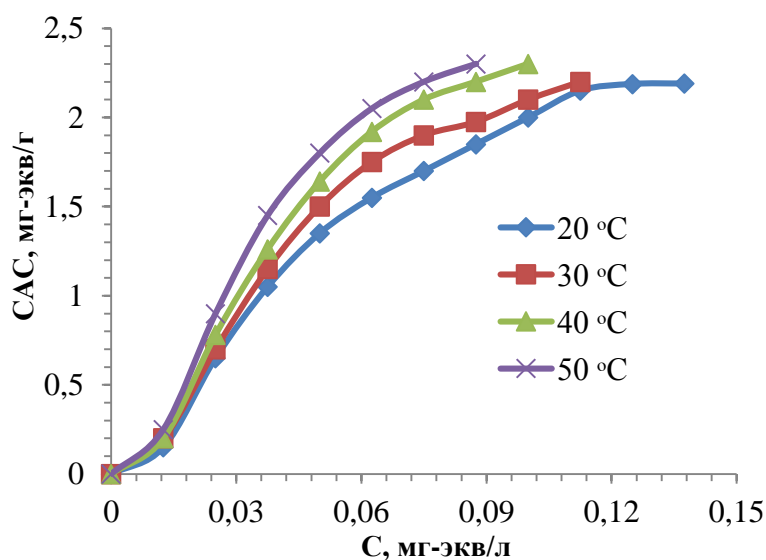
11- расм. КФГГ ионитида сорбцияланган металллар ионлари миқдорининг вақтга боғлиқлиги ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г, рН=6, V=10 мл ).



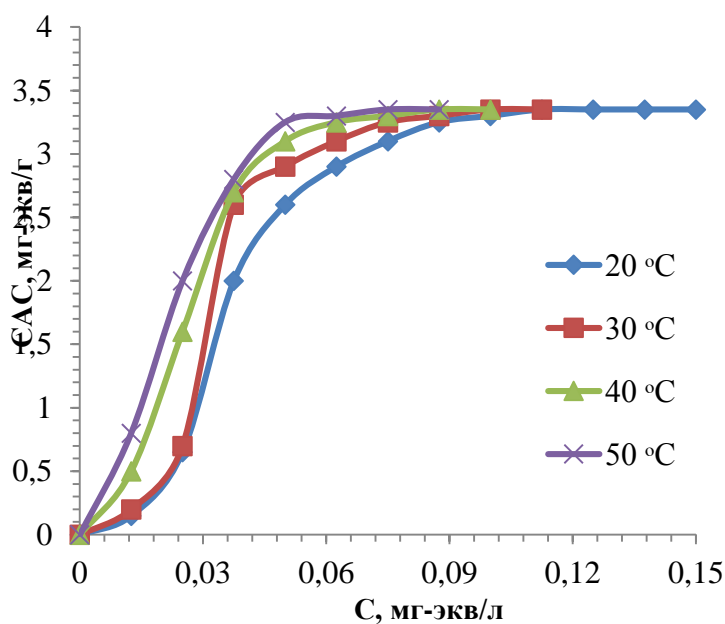
12- расм. КФФК ионитида сорбцияланган металллар ионлари миқдорининг вақтга боғлиқлиги ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г, рН=6, V=10 мл ).

### 3.3.3. Сорбция изотермаси

Синтез қилинган ионитларда сорбция изотермаси  $\text{Cu (II)}$  иони бўйича ўрганилди ва олинган натижалар қуйидаги 13-14-расмларда график кўринишида келтирилди.

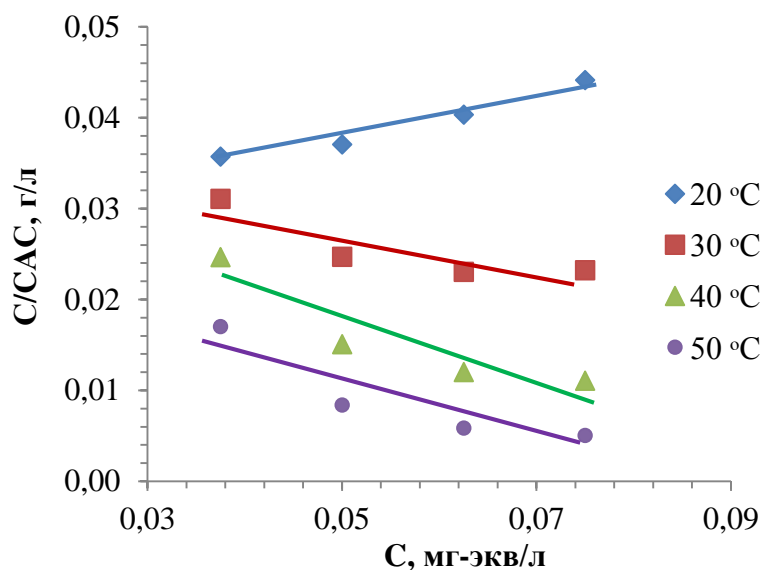


13-расм. КФГГ ионитида  $\text{Cu (II)}$  ионларининг турли ҳароратлардаги сорбция изотермалари ( $m_{\text{сорб}}=25$  мг,  $\tau=4$  с,  $\text{pH}=6$ ,  $V=25$  мл).

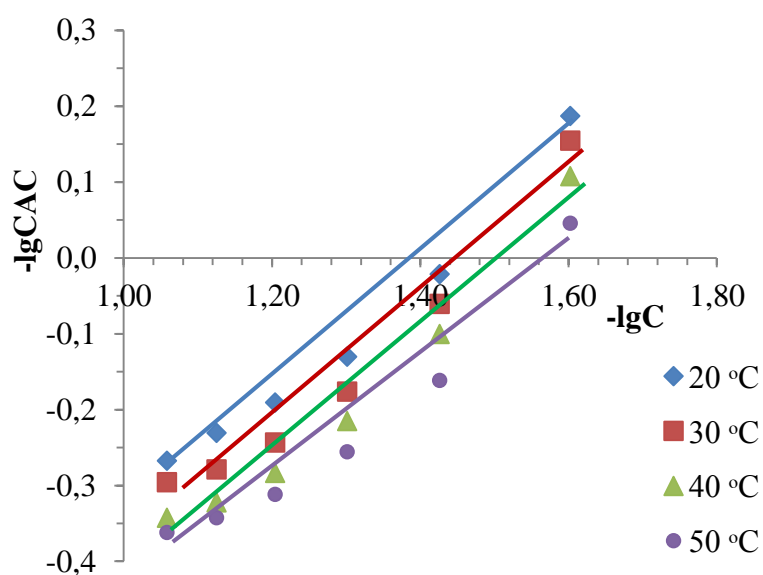


**14-расм. КФФК ионитида Cu (II) ионларининг турли ҳароратлардаги сорбция изотермалари ( $m_{\text{сорб}}=25$  мг,  $\tau=4$  с, pH=6, V=25 мл ).**

Тажрибаларда олинган натижалар Ленгмюр ва Фрейндлих моделлари бўйича қайта ишланди.

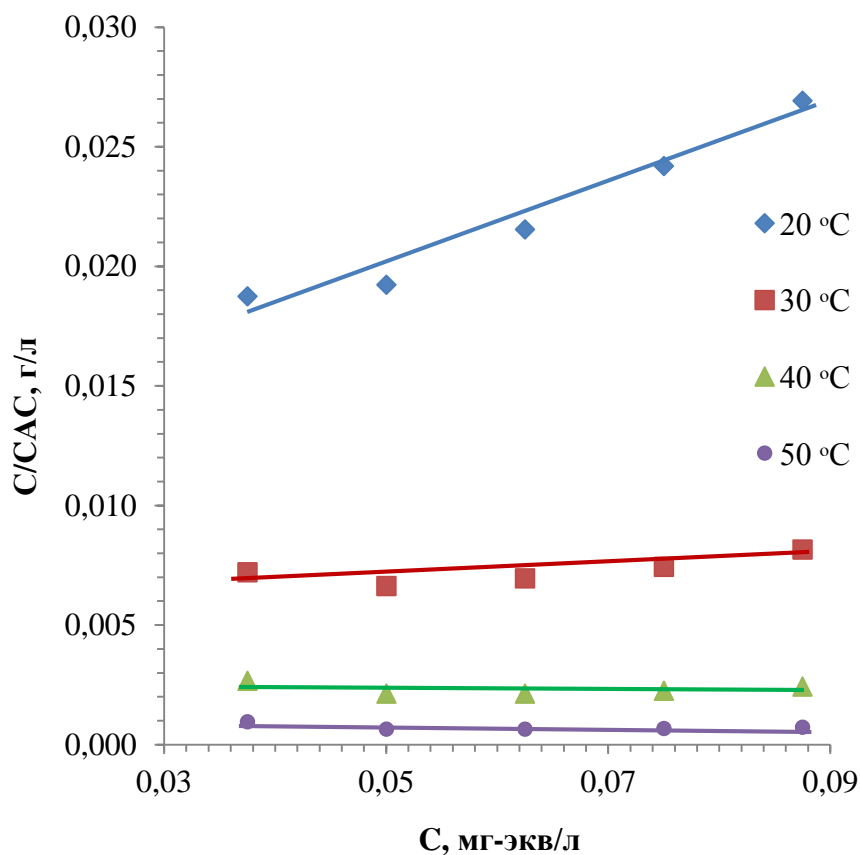


**15-расм. Ленгмюр модели бўйича Cu (II) ионларининг КФГГ ионитида чизиқли шаклдаги сорбция изотермалари.**

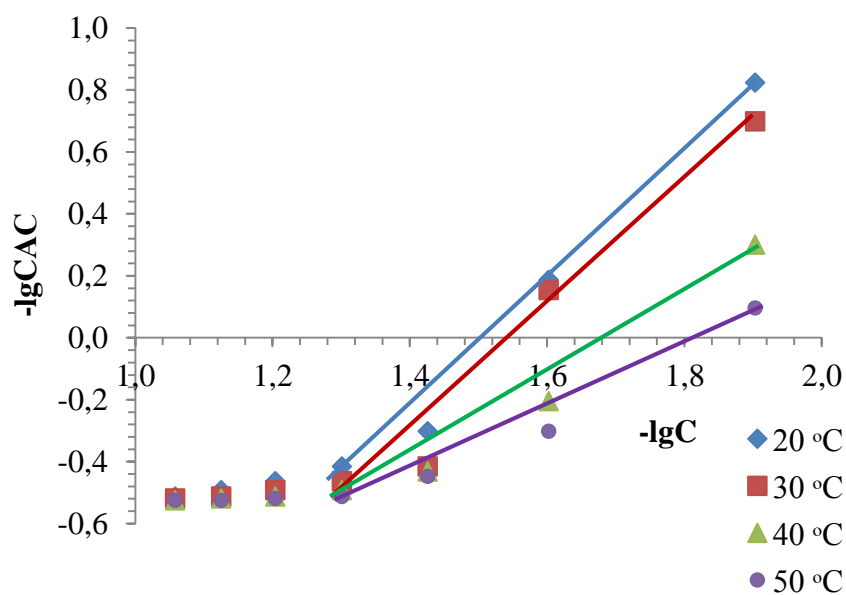




**16-расм. Фрейндлих модели бўйича Cu (II) ионларининг КФГГ ионитида чизиқли шаклдаги сорбция изотермалари.**



**17-расм. Ленгмюр модели бўйича Cu (II) ионларининг КФФС ионитида чизиқли шаклдаги сорбция изотермалари.**



**18-расм. Фрейдлих модели бўйича Cu (II) ионларининг КФФС  
ионитида чизиқли шаклдаги сорбция изотермалари.**

**13-жадвал**

**Cu (II) ионларининг ўрганилган ионитларда сорбция модели учун  
F<sub>таж</sub> ва детерминация коэффициентлари (R<sup>2</sup>) қийматлари (F<sub>мезон</sub>=2,74;  
P=0,95; f<sub>1</sub>=6; f<sub>2</sub>=16)**

Сорбент	Модел		Ҳарорат, °C			
			20	30	40	50
КФГГ	Ленгмюр модели	R <sup>2</sup>	0,936	0,950	0,957	0,956
		F <sub>таж</sub>	0,567	0,643	0,725	0,746
	Фрейдлих модели	R <sup>2</sup>	0,928	0,932	0,951	0,971
		F <sub>таж</sub>	11,25	10,59	9,45	5,02
КФФК	Ленгмюр модели	R <sup>2</sup>	0,989	0,987	0,987	0,993
		F <sub>таж</sub>	0,58	0,62	0,88	0,79
	Фрейдлих модели	R <sup>2</sup>	0,951	0,965	0,992	0,995
		F <sub>таж</sub>	7,63	5,29	2,17	1,93

15-18-расмларда келтирилган изотерма графикларидан кўриниб турибдики, берилган ионитларда Cu (II) ионлари сорбцияси Ленгмюр моделига бўйсунди. Шунга кўра, берилган ионитларда Ленгмюр модели бўйича Cu (II) ионлари сорбция изотермаларининг доимийликлари ҳисобланди.

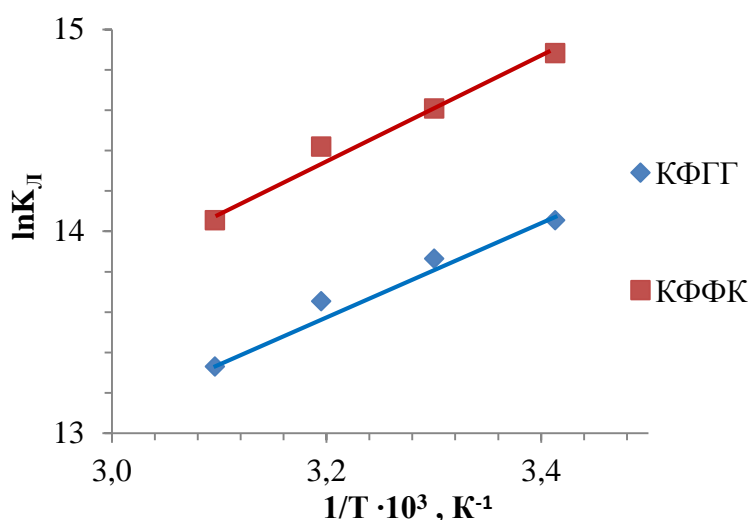
**14- жадвал**

**Ленгмюр модели бўйича Cu (II) ионлари сорбция  
изотермаларининг доимийликлари**

Сорбент	Доимийликлар	Ҳарорат, °C			
		20	30	40	50
КФГГ	G <sub>∞</sub> · 10 <sup>5</sup> , моль/г	10,95	11,24	11,38	11,53
	K <sub>д</sub> , л/моль	12,7 · 10 <sup>5</sup>	10,5 · 10 <sup>5</sup>	8,5 · 10 <sup>5</sup>	6,15 · 10 <sup>5</sup>
КФФС	G <sub>∞</sub> · 10 <sup>5</sup> , моль/г	13,71	14,39	15,73	18,12
	K <sub>д</sub> , л/моль	29,08 · 10 <sup>5</sup>	22,1 · 10 <sup>5</sup>	18,3 · 10 <sup>5</sup>	12,7 · 10 <sup>5</sup>

14-жадвалдан кўриниб турибдики, мувозанат доимийси етарлича катта қийматга эга бўлиб, ионитларнинг Cu (II) ионларига нисбатан танловчанлиги тўғрисида хулоса қилиш мумкин. Ҳарорат ортиши билан ионитларнинг ҳисобланган максимал сорбцион сифимининг ортиб бориши полимер матрицасининг ўзига ҳослигидан далолат беради. Яъни ҳарорат ортиб бориши билан ионитларнинг бўкувчанлиги ҳам ортади, натижада сорбцияланувчи ионлар ионит таркибига чуқурроқ кириб сорбцияланади.

Сорбцион мувозанат доимийсининг ҳароратга боғлиқлиги термодинамик параметрларни ҳисоблаш имконини беради.



**19-расм. Cu (II) ионининг ионитларда сорбция мувозанат доимийсига ҳароратнинг таъсири.**

**15-жадвал**

**Cu (II) ионининг ионитларда сорбциясининг 20 °C ҳароратдаги шартли термодинамик параметрлари.**

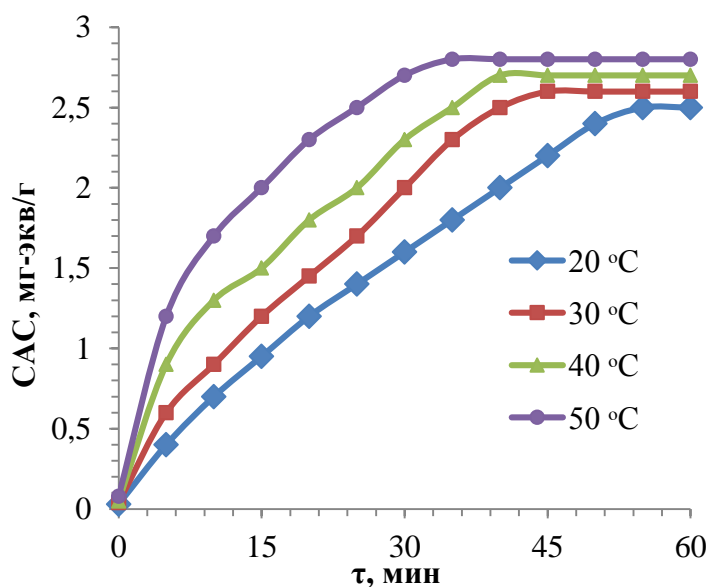
Сорбент	ΔH, кЖ/моль	ΔS, Ж/моль	ΔG, кЖ/моль
КФГГ	-17,6	26,1	-30,8
КФФК	-20,8	21,5	-31,7

3.18-жадвалдан кўриниб турибдики, Cu (II) иони ионитларда эркин энергия ва энтальпиянинг камайиб, энтропиянинг ортиши билан ўз-ўзидан сорбцияланади. Сорбент фазасида координацион бирикма ҳосил бўлиши

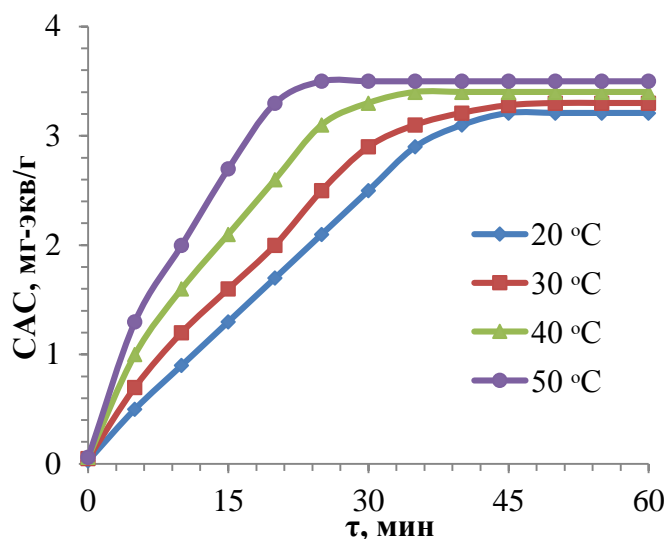
билан система энтропиясининг ортишини ионит фаол функционал гуруҳларининг сольват булутларининг парчаланиши билан тушунтириш мумкин.

### 3.4.4. Сорбция кинетикаси

Синтез қилинган ионитларда сорбция кинетикаси  $\text{Cu (II)}$  иони бўйича ўрганилди ва олинган натижалар қуйидаги 20-21-расмларда график кўринишида келтирилди.



**20-расм. КФГГ ионитида турли хароратларда сорбцияланган  $\text{Cu (II)}$  ионлари микдорининг вақтга боғлиқлиги ( $C_{\text{Me}}=0,1$  н,  $m_{\text{сорб}}=0,1$  г, рН=6, V=10 мл ).**



**21-расм. КФФК ионитида турли ҳароратларда сорбцияланган Cu (II) ионлари миқдорининг вақтга боғлиқлиги ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г, рН=6, V=10 мл ).**

**16-жадвал**

**Cu (II) ионларининг ўрганилган ионитларда кинетика модели учун  $F_{таж}$  ва детерминация коэффицентлари ( $R^2$ ) қийматлари ( $F_{мезон}=2,96$ ;  $P=0,95$ ;  $f_1=5$ ;  $f_2=14$ )**

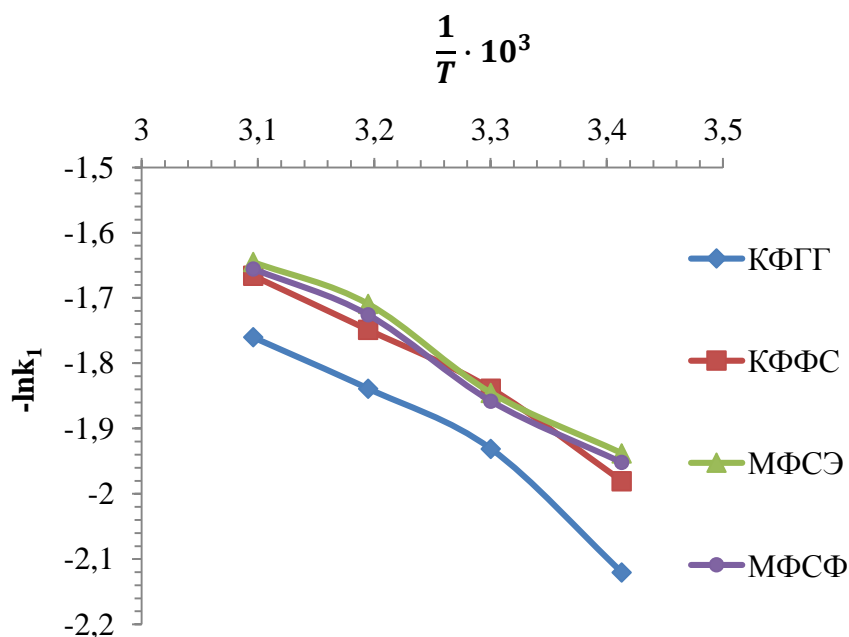
Сорбент	Модел		Ҳарорат, °C			
			20	30	40	50
КФГГ	Псевдо-биринчи тартиб модели	$R^2$	0,990	0,993	0,988	0,991
		$F_{таж}$	0,71	0,25	0,92	0,45
	Псевдо-иккинчи тартиб модели	$R^2$	0,984	0,979	0,972	0,958
		$F_{таж}$	1,82	3,72	3,92	5,65
	Елович модели	$R^2$	0,876	0,851	0,814	0,787
		$F_{таж}$	19,18	22,88	28,45	32,10
КФФК	Псевдо-биринчи тартиб модели	$R^2$	0,987	0,993	0,989	0,979
		$F_{таж}$	0,99	0,04	0,66	1,95
		$R^2$	0,983	0,990	0,981	0,924

	Псевдо-иккинчи тартиб модели	$F_{таж}$	3,15	1,45	3,72	11,04
	Елович модели	$R^2$	0,924	0,862	0,913	0,890
		$F_{таж}$	11,60	20,57	12,15	15,81

17- жадвал

Псевдо-биринчи тартиб модели бўйича  $Cu(II)$  ионлари сорбция кинетикасининг доимийликлари,  $k_1, \text{мин}^{-1}$

Сорбент	Ҳарорат, °C			
	20	30	40	50
КФГГ	0,120	0,145	0,159	0,172
КФФС	0,138	0,159	0,174	0,189



22-расм.  $Cu(II)$  ионининг ионитларда сорбциясининг кинетик доимийликларига ҳароратнинг таъсири ( $C_{Me}=0,1$  н,  $m_{сорб}=0,1$  г,  $pH=6$ ,  $V=10$  мл ).

**Синтез қилинган ионитларда мис (II) сорбцияси учун Аррениус доимийсининг логарифмик қиймати ва шартли фаолланиш энергияси**

<b>Сорбент</b>	<b><math>E_{\text{фаол}}</math>, кЖ/моль</b>	<b><math>\ln A</math></b>
КФГГ	10,23	2,06
КФФК	9,85	1,42

### 3-БОБ БЎЙИЧА ХУЛОСА

1. Комплекс ҳосил қилувчи ионитлар синтез қилишда турли омиллар таъсири ва улар тузилишининг ИҚ-спектрал тавсифи келтирилди. Дастлабки моддалар тузилиши ва хоссаларининг ионит тузилиши ва хоссаларига таъсирини аниқлаш ҳамда юқори кўрсаткичли эксплуатацион хоссаларга эга бўлган ионит синтези вариантларини танлаш мақсадида ионит олишда дастлабки моддалар нисбатининг таъсири кўрсатиб берилди.
2. Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг кимёвий барқарорлиги турли агрессив муҳитларда синовдан ўтказилди. Тадқиқ этилаётган ионитларнинг турли реагентлар, шунингдек кучли оксидловчилар таъсирига чидамлилиги текширилди ва ионитларнинг термик турғунлигини ўрганиш бўйича тажрибада олинган маълумотлар асосида ионитларни қиздириш жараёнида полимер тузилишининг деструкцияси натижасида масса ўзгариши билан кузатиладиган турли экзотермик ва эндотермик иссиқлик эффектлари дериватографик анализ натижалари асосида таҳлил қилинди.
3. Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларда баъзи d-металлар сорциясининг муҳит рН катталигига боғлиқлиги тадқиқ этилди, олинган натижалар график кўринишида тасвирланди ва ўрганилган металлар ионларининг тегишли ионитларда сорбцияланиш қатори тузилди.
4. Сорбцион мувозанат учун изотерма графиклари тузилди ва берилган ионитларда Cu (II) ионлари сорбциясининг мувозанати Ленгмюр моделига бўйсунуши аниқланди. Шунга кўра, берилган ионитларда Ленгмюр модели бўйича Cu (II) ионлари сорбция изотермаларининг доимийликлари, шунингдек, сорбция кинетикаси псевдо-биринчи тартиб бўйича тавсифланиб, Cu (II) ионлари учун сорбциянинг



сорбциянинг кинетик доимийликлари, фаолланиш энергиялари ҳисобланди.

## ХУЛОСАЛАР

1. Карбамид, формальдегид ва гидразин гидрат ёки фосфат кислотанинг ўзаро поликонденсацияланишидан таркибида азот, кислород, фосфор бўлган комплекс ҳосил қилувчи янги полифункционал ионитларни синтез қилинди, уларнинг таркиби, тузилиши ва хоссаларининг дастлабки моддалар табиати, нисбати, синтез ҳароратига боғлиқлиги ўрганилди.

3. Ионитларни синтез қилиш жараёнига дастлабки компонентлар нисбати, ҳарорат ва реакция давомийлиги каби турли омиллар таъсирини ўрганиш ҳамда синтез усуллариининг мақбул шароитлари аниқланди, синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг таркиби, тузилиши, ғоваклик тавсифи ва ионитлар сирт тузилиш морфологияси ўрганилди.

4. Синтез қилинган комплекс ҳосил қилувчи ионитларда баъзи d-металлар (Mn, Fe, Co, Ni, Hg, Cu, Cd, Zn, Ag) сорбциясининг кинетик қонуниятлари, ўрганилган металл ионларининг сорбция ва десорбция жараёнларининг физик-кимёвий қонуниятлари тадқиқ этилди, металл ионларининг комплекс ҳосил қилувчи ионитларда сорбция шароити ва катталиклари, сорбция механизми аниқланди,

5. Сорбцияланиш жараёнида ўрганилган металллар ионлари учун сорбцияланиш қатори тузилди ҳамда термодинамик катталиклари ҳисобланди, ўрганилган металл ионларининг синтез қилинган ионитлар билан ҳосил қилган координацион бирикмаларининг таркиби, тузилиши, барқарорлиги аниқланди ва ионитлардан десорбция қилишда элюент танланди.

## Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Каримов И.А. Ўзбекистон буюк келажак сари, Т.: Ўзбекистон, 1998, 687 б.
2. Мирзиёев Ш.М. Танқидий таҳлил, қатъий тартиб-интизом ва шахсий жавобгарлик – ҳар бир раҳбар фаолиятининг кундалик қондаси бўлиши керак, Тошкент, “Ўзбекистон”, 2017.
3. Абдудалипова Н.М., Турсунов Т.Т, Назирова Р.А., Мухамедова М.А. Исследование комплексообразующей способности ионитов поликонденсационного типа // VII Всероссийская интерактивная конф.(с международным участием) молодых учёных / Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии, Саратов, - 2010. - С.235-236.
4. Грачек В.И., Шункевич А.А., Марцынкевич Р.В., Исакович О.И. Новый волокнистый селективный ионит по ионам марганца // Тезисы докладов 19 Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Т. 3., Волгоград, 25-30 сент., 2011, с. 60.
5. Singru R. N., Gurnule W. B., Khati V. A., Zade A. B., Dontulwar J. R. Eco-friendly application of p-cresol – melamine - formaldehyde polymer resin as an ion-exchanger and its electrical and thermal study / Desalination, 2010, Volume 263, № 1, Pages 200-210.
6. Неудачина Л.К., Ятлук Ю.Г., Баранова Н.В., Пестов А.В., Вшивков А.А. Синтез и физико-химические свойства хелатных ионитов с функциональными группами N-арил-3-аминопропионовых кислот // Известия РАН. Серия хим. 2006. № 5. С. 800-806.
7. Shah Bhavna A.; Shah Ajay V.; Tailor Ritesh V. Characterization of hydroxybenzoic acid chelating resins: equilibrium, kinetics, and isotherm profiles for Cd(II) and Pb(II) uptake // J. Serb. Chem. Soc. 2011. Volume 76, № 6, p. 903-922.

8. Гаджиева С. Р.; Джафарова Н. М.; Бахманова Ф. Н.; Гамидов С. З.; Чырагов Ф. М. Сорбционное определение кобальта(II) на хелатообразующим ионите на основе полибутадиена // журн. Экол. и пром-сть России, 2012, июль, с. 36-37.
9. Mohamed A Riswan Ahamed, Raja S Azarudeen, Mylswamy Karunakaran, Abdul R Burkanudeen, Synthesis, Characterization, Metal Ion Binding Capacities and Applications of a Terpolymer Resin of Anthranilic acid/Salicylic acid/Formaldehyde // Iranian Polymer Journal, - 19 (8), -2010, -p. 635-646.
10. Kalbende P. P.; Zade A. B. Sorption studies of terpolymers based on p-nitrophenol, triethylenetetramine, and formaldehyde // Separ. Sci. and Technol. 2015, Volume 50, № 7, p. 965-974.
11. Pestov A. V.; Slepukhin P. A.; Yatluk Y. G.; Charushin V. N.; Chupakhin O. N. Synthesis of chelating polymer solvents by using the S[N]{H} // J. Appl. Polym. Sci., 2012, Volume 125, № 3, p. 1970-1978.
12. Monier M.; Abdel-Latif D. A. Modification and characterization of PET fibers for fast removal of Hg(II), Cu(II) and Co(II) metal ions from aqueous solutions // J. Hazardous Mater. 2013, Volume 250-251, № 12, p. 122-133.
13. Авторское свидетельство № 516701, кл. С 08 F 8/40, 1977, Способ получения комплексообразующего ионита / Балакин В.М., Тэслер А.Г., Пушкарена З.В., Афанасьева Т.М.
14. Патент № RU 2270056С2, кл.В01J 20/26, С02F 1/28, 2006, Комплексообразующий ионит, способ его получения и использования / Карасавин И.А., Орлова Г.В., Полосин В.М., Высокова Н.Н., Должникова Е.Н., Рябокобылко Ю.С., Евдокимова Н.Н., Беляков Е.А.
15. Патент РФ № 2010804, кл.: С08F212/14, 1994, Способ получения комплексообразующего ионита / Водолазов Л.И., Жукова Н.Г.,

Полякова О.П.; Щепалина Н.М.; Родионов В.В.; Маурина А.Г.; Шереметьев М.Ф.; Молчанова Т.В.; Величко Н.П.; Додатко В.Ф.; Строганова Е.А.

16. Патент РФ 2011657, C08J5/20, 1994, Способ получения комплексообразующего ионита / Мясоедова Г.В., Лилеева Л.В., Крылова И.Л., Комозин П.Н., Щербинина Н.И.
17. Авторское свидетельство № SU 1086756 A1, кл. C 08 G 8/16, C 08 J 5/20, 1992, Способ получения комплексообразующего ионита / Антокольская И.И., Большакова Л.И., Мясоедова Г.В., Колесов Г.М., Кравцова Р.П., Савин С.Б., Швоева О.П., Щербинина Н.И.
18. Wołowicz A., Hubicki Z. Adsorption characteristics of noble metals on the strongly basic anion exchanger Purolite A-400TL // J. Mater Sci. (2014) 49:6191–6202
19. Соттикулов Э.С., Бекназаров Х.С., Эшкурбанов Ф.Б. Синтез и исследование сорбционных свойств модифицированной ортокремниевой кислоты этаноламинами // Композиционные материалы, №1, 2017, с. 79-81.
20. Кулюхин С. А.; Горбачева М. П.; Красавина Е. П.; Мизина Л. В.; Румер И. А.; Коновалова Н. А. Извлечение  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$  и ионов d-элементов из водных растворов с помощью ионитов, содержащих триэтилендиамин // Радиохимия, 2011, Т. 53, № 3, с. 252-256.
21. Пахнутова Е. А.; Слизов Ю. Г. Синтез и исследование структурных и хроматографических характеристик хелатсодержащих ионитов на основе силикагелей // Ж. прикл. химии, 2013, Т. 86, № 4, с. 567-572.
22. Wang Z.; Yin P.; Qu R.; Xu Q. Heterogeneous synthesis of chelating resin organophosphonic acid-functionalized silica gel and its adsorption property of heavy metal ions from fuel ethanol solutions // J. Appl. Polym. Sci. 2012, Volume 126, № 2, p. 544-551.

23. Gao B.; Jiang G.; An F. Preparation of iminodiacetic acid-type composite chelating material IDAA-PGMA/SiO<sub>2</sub> and preliminary studies on adsorption behavior of heavy metal ions and rare earth ions // J. Appl. Polym. Sci. 2012, Volume 125, № 4, p. 2529-2538.
24. Зуб Ю.Л. Новые мезопористые иониты с комплексообразующим поверхностным слоем // Материалы III международного симпозиума по сорбции и экстракции, Владивосток, 20-24 сентября, 2010, с. 67-84.
25. Авторское свидетельство № SU 1590096 A1, кл. В 01 D 15/08, 1990, Способ получения ионита для извлечения ионов металлов из растворов / Скопенко В.В., Трофимчук А.Ф., Брускина А.М., Симонова Л.Н., Тряшин А.С.
26. Авторское свидетельство № SU 1437776 A1, кл. G 01 N 30/48, В 01 J 20/10, 1988, Способ для извлечения ионов переходных металлов из растворов и хроматографии / Юферова И.Б., Фадеева В.И., Тихомирова Т.И., Кудрявцев Г.В., Лисичкин Г.В.
27. Goswami A., Singh A.K. Enrichment of iron(III), cobalt(II), nickel(II), and copper(II) by solid-phase extraction with 1,8-dihydroxyanthraquinone anchored to silica gel before their determination by flame atomic absorption spectrometry // Analytical and Bioanalytical Chemistry, -2002, -V. 374, -I. 3, -p. 554–560.
28. Zougagh M., Cano Pavron A., Torres G. Chelating sorbents based on silica gel and their application in atomic spectrometry // Anal Bioanal Chem, -2005, -V. 381, -p. 1103–1113.
29. Osman M.M., Kholeif S.A., Al-Maaty N.A., Mahmoud M.E. Metal sorption, solid phase extraction and preconcentration properties of two silica gel phases chemically modified with 2-hydroxy-1-naphthaldehyde // Microchim Acta. -2003, -№143 -p.25-31.

30. Wu X.Z., Liu P., Pu Q.S., Sun Q.Y., Su Z.X. FAAS Determination of Palladium After FI On-line Micro-column Preconcentration and Separation With Dicyandiamide-formaldehyde Resin Immobilized Silica Gel // *At. Spectrosc.* -2005, -v.26, - I. 04, -p.162-165
31. Лосев В.Н. Применение кремнезема, модифицированного полигексаметиленгуанидином и 8-оксихинолин-5-сульфокислотой, для концентрирования и сорбционно-атомно-эмиссионного определения металлов в природных водах // *Аналитика и контроль.* – 2009. – Т. 13. – № 1. – С. 33-39.
32. Lessi P., Dias F., Newton L., Moreira J.C., Campos J.T.S. Sorption and preconcentration of metal ions on silica gel modified with 2,5-dimercapto-1,3,4-thiadiazole // *Anal. chim. Acta.* –1996. –V.327. –№2. –P.183-190.
33. Kubota, L.T. Adsorption of metal ions from ethanol on an iminosalicyl – modified silica gel / L.T. Kubota, J.C. Moreira, Y. Gashikem // *Analist.* – 1989. –V.114. –№11. –P.1385-1388.
34. Tong, A. Preconcentration of copper, cobalt and nickel with 3-methyl-1-phenyl-4-stearoyl-5-pyrazolone loaded on silica gel / A. Tong, Y. Akama, S. Tanaka // *Analist.* –1990. –V.115. –№7. –P.947-949.
35. Li K., Liu F., Dong W., Tong S. Preconcentration and separation of metal ions using 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol loaded on silica gel // *Acta Sci. Natur. Unif. Pekinensis.* –1992. –V.28. –№2. –P.202-208.
36. Тихомирова Т.И., Лукьянова М.В., Фадеева В.И., Кудрявцев Г.В., Шпигун О.В. Концентрирование некоторых переходных металлов на кремнеземе с привитыми группами иминодиуксусной кислоты // *Журнал аналитической химии.* –1993. –Т.48. –№1. –С.73-77.
37. Зейналов Р.З., Ахмедов С.А. Исследование химико-аналитических свойств нового комплексообразующего ионита на основе силикагеля и аминодифосфоновой кислоты // *Вестник МГОУ. Серия:*

«Естественные науки». Вып. «Химия и химическая экология». –2006. –№ 3. –С.27-36.

38. Холин Ю.В., Христенко И.В. Кремнезем, химически модифицированный бензоилгидроксиламином, в сорбции и твердофазном спектрофотометрическом определении Fe (III) // Журнал прикладной химии. –1997. –Т.70. –№6. –С.939-942.
39. Mohamad M. Osman, Sherif A. Kholeif, Nevine A. Abou-Almaaty, and Mohamad E. Mahmoud Synthesis, Characterization of Silica Gel Phases-Chemically Immobilized-4-Aminoantipyrene and Applications in the Solid Phase Extraction, Preconcentration and Potentiometric Studies // ANALYTICAL SCIENCES, -2004, -V. 20, p. 847-852.
40. Abou-El-Sherbini Kh.S., Khalil M.Sh., Fukuda Y., El-Ayaan U. Study on the complex formation between N-propylsalicylidene based on silica as ion exchanger and some transition metal ions // Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, -2002, -V.13, -I.3, p. 217-223.
41. Коваленко О.В., Баулин В.Е., Усолкин А.Н., Баулин Д.В., Цивадзе А.Ю. Фосфорилподанды - перспективные компоненты экстракционно - хроматографических ионитов для концентрирования, разделения и выделения радионуклидов // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции “Успехи синтеза и комплексообразования” с международным участием, посвященной Международному году химии, Москва, 18-22 апреля, 2011, с. 351.
42. Шарипов Х.Т., Сафаров Ё. Т., Пардаев О. Т., Даминова Ш.Ш. Изучение сорбции меди фосфорсодержащим хелатным ионитом // Тезисы докладов XXV международная Чугаевская конференция по координационной химии и II молодёжная конференция –школа «Физико-химические методы в химии координационных соединений», Суздаль, 6-11 июня, 2011, с. 526-527.

43. Wołowicz A., Hubicki Z. The use of the chelating resin of a new generation Lewatit MonoPlus TP-220 with the bis-picolylamine functional groups in the removal of selected metal ions from acidic solutions // *Chem Eng J.* 2012, v. 197, p. 493–508.
44. Parodi A., Vincent T., Pilsniak M., Trochimczuk A.W., Guibal E. Palladium and platinum binding on an amidazol containing resin // *Hydrometallurgy* (2008) 92:1–10
45. Wołowicz A, Hubicki Z (2011) Investigation of macroporous weakly basic anion exchangers applicability in palladium(II) removal from acidic solutions—batch and column studies. *Chem Eng J* 174:510–521
46. Wołowicz A, Hubicki Z (2012) Applicability of new acrylic, weakly basic anion exchanger Purolite A-830 of very high capacity in removal of palladium(II) chloro-complexes. *Ind Eng Chem Res* 51:7223–7230
47. Kononova ON, Goryaeva NG, Dychko OV (2009) Ion exchange recovery of palladium(II) from nitrate weak acidic solutions. *Nat Sci* 1:166–175
48. Sepideh J, Mahmoud A, Hossein A, Ahmad KD (2012) The effect of kinetics parameters on gold extraction by Lewis cell: comparison between synthetic and leach solutions. *Iran J Chem Eng* 31:59–67
49. Wawrzkiwicz M (2011) Comparison of gel anion exchangers of various basicity in direct dye removal from aqueous solutions and wastewaters. *Chem Eng J* 173:773–781
50. Wołowicz A, Hubicki Z (2014) Polyacrylate ion exchangers in sorption of noble and base metal ions from single and tertiary component solutions. *Solv Extr Ion Exch* 32:189–205
51. Singh D. K. , Srivastava M. Synthesis, Characterization, and Analytical Applications of a New Chelating Resin Containing p-Bromophenylhydroxamic Acid // *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 29: 1433–1445, 2006



52. Dyosi Z., McCrindle R.I., Wondimu T., Botha B.M., Ndibewu P.P., The Use of Dowex-M43 Ion-exchange Resin in the Determination of Pt and Pd in Converter Matte by ICP-OES // *S. Afr. J. Chem.*, -2009, -v.62, p.5–8.
53. Vorster C., Van der Walt T. N., Coetzee P. P. Ion exchange separation of strontium and rubidium on Dowex 50W-X8, using the complexation properties of EDTA and DCTA // *Anal Bioanal Chem* (2008) 392:287–296
54. Dabrowski, A. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ion-exchange method // *Chemosphere.* – 56 (2004). – P. 91–106.
55. Sazmaci Ş., Kartal Ş., KumSuz S. Chromium Speciation in Environmental Samples by Solid Phase Extraction Using Lewatit Ionac SR-7 Resin and Flame Atomic Absorption Spectrometry // Sazmaci et al.: *Journal of aoac international* , 2014, Vol. 97, no. 6, p. 1719-1724.
56. Morcali M. H., Zeytuncu B., Akman S., Yucel O. Sorption of Gold from Electronic Waste Solutions by a Commercial Sorbent // *Chem. Eng. Comm.*, -2014, -v.201, -p.1041–1053.
57. Jachuta J., Kotodynska D., Zbigniew H. Removal of Cd(II) and Pb(II) complexes with glycolic acid from aqueous solutions on different ion exchangers // *Can. J. Chem.* -2010, -v.88, p. 540-547.
58. Wołowicz A., Hubicki Z. Adsorption characteristics of noble metals on the strongly basic anion exchanger Purolite A-400TL // *J. Mater Sci.* -2014, v.49, p.6191–6202.
59. Оскотская Э.Р., Басаргин Н.Н., Карпушина Г.И. Теоретические и практические аспекты применения полимерных хелатообразующих ионитов с о-окси-карбоксо функциональной группой в анализе объектов окружающей среды на содержание Pb, Zn, Cd, Cu, Co, Ni, V, Cr, Mn. Монография. Т.2. – Орел: ОГУ, Полиграф. фирма «Картуш», 2006, 145 с.

60. Карпушина Г.И., Дегтярева О.А., Симакова О.Е., Булгакова К.Н., Басаргин Н.Н. Исследование процесса комплексообразования ионов меди (II) полимерными хелатообразующими ионитами // Тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной Международному году химии, Москва, 18-22 апреля, 2011, с. 305.
61. Даминова Ш.Ш., Кадырова З.Ч., Сафаров Е.Т., Пардаев О.Т., Шарипов Х.Т. ИК-спектроскопическое исследование хелатообразующих ионитов на основе сополимера стирола и дивинилбензола и их комплексов с Ag(I), Cu(II), Ni(II), Fe(III) // Узб. хим. ж. 2013, №6, с. 6-9.
62. Даминова Ш.Ш., Шарипов Х.Т., Назарбекова С.М., Якубова Ш.М., Сафаров Е.Т., Пардаев О.Т. Комплексообразование никеля (II) при сорбции хелатообразующим ионитом // 14 Международная научно-техническая конференция "Наукоемкие химические технологии - 2012 с элементами научной школы для молодежи", Тула - Ясная Поляна - Куликово Поле, 21-25 мая, 2012, с. 293.
63. Анпилогова Г.Р., Ахмадиев Н.С., Хабибуллина Г.Р., Ахметова В.Р. Сорбционные свойства комплексообразующего ионита бис-1,3,5-дитиазинан-5-ил-этана по отношению к палладию (2+), серебру (1+) и ртути (2+) // Ж. прикл. химии, Т.84, №5, с. 756-761.
64. Алиева Р.А., Абилова У.М., Гамидов С.З., Чырагов Ф.М. Хелатообразующий ионит для концентрирования палладия (II) // Тезисы докладов 19 Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Волгоград, 25-30 сент., 2011, Т.4., с. 449.
65. Soldatov V.S., Zelenkovskii V.M., Orlovskaya L.A. Sorption of bivalent ions by a fibrous chelating ion exchanger and the structure of sorption complexes // React. and Funct. Polym. 2011. Volume 71, № 1, p. 49-61.

66. Лукиша Т.В., Адеева Л.Н., Борбат В.Ф. Исследование кинетики сорбции ионов скандия из солянокислых растворов хелатной смолой Purolite S-957 // Омск. науч. вестн. 2011, №3, с. 312-314.
67. Патент № RU 2417952 C1, кл. C02F 1/62, C02F 1/28, 2011, Способ извлечения кадмия из сточных и природных вод / Бабуев М.А., Арсланбеков Р.Х., Амиров А.М.
68. Никитина А.И., Ергожин Е.Е., Чалов Т.К., Хакимболатова К.Х. Изучение селективных свойств нового азотсодержащего анионита по отношению к ионам меди (II) и кобальта (II) // известия ВолГТУ, - 2016, №1, с. 135-139.
69. Темердашев З.А., Коншина Д.Н., Коншин В.В. Селективное концентрирование  $Co^{2+}$  на целлюлозных ионитах, содержащих иммобилизованную азогидразонную группу // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2010. – Т. 76. – № 5. – С. 3–6.
70. Грачек В.И., Шункевич А.А., Марцинкевич Р.В. Синтез и сорбционные свойства новых волокнистых азотфосфорсодержащих ионитов // Журн. прикл. химии. – 2011. – Т. 84. – Вып. 8. – С. 1270–1275.
71. Неудачина Л.К., Пестов А.В., Баранова Н.В., Старцев В.А. Новые хелатные иониты: свойства и применение для сорбционно-спектроскопического определения ионов переходных металлов // Аналитика и контроль. – 2011. – Т. 15. – № 2. – С. 238–250.
72. Ергожин, Е. Е. Сорбция ионов тяжелых цветных металлов из растворов сложного состава полифункциональными анионитами / Е. Е. Ергожин, Т. К. Чалов, А. И. Никитина, Т. В. Ковригина, К. Х. Хакимболатова // Цветные металлы. – 2008. – № 3. – С. 35–37.
73. Ергожин, Е. Е. Изучение сорбции ионов  $Cu^{2+}$  и  $Co^{2+}$  анионитами на основе эпоксидного производного анилина и полиаминов / Е. Е.

- Ергожин, Т. К. Чалов, Е. А. Мельников, К. Х. Хакимболатова, А. И. Никитина // Химический журнал Казахстана. – 2012. – № 2. – С. 93–97.
74. Тимофеев К.Л., Усольцев А.В., Набойченко С.С., Мальцев Г.И. Исследование кинетики совместной сорбции ионов индия и железа на полифункциональном катионите // Вестн. Ом. ун-та. -2015. -№ 3. -С. 55–61.
75. Полянский Н. Г., Горбунов Г. В., Полянская Н. Л. Методы исследования ионитов. М. : Химия, 1976. 286 с.
76. Кокотов Ю. А., Пасечник В. А. Равновесие и кинетика ионного обмена. Л. : Химия, 1970. 336 с.
77. Борбат В.Ф., Адеева Л.Н., Лукиша Т.В. Изучение сорбции скандия из солянокислых растворов хелатной смолой Purolite S-957 // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2010. – Т. 53. – № 9. – С. 99–101.
78. Байгозин Д. В.; Ситникова Ю. А.; Митилинеос А. Г. Изучение сорбции тяжелых металлов в присутствии конкурирующих ионов на трех ионообменных смолах и волокнистом ионообменном материале в модельных условиях // Вода: химия и эколог., 2011, № 11, с. 64-70.
79. Sun Ch.; Zhang G.; Wang Ch.; Qu R.; Zhang Y.; Gu Q. A resin with high adsorption selectivity for Au (III): Preparation, characterization and adsorption properties // Chem. Eng. J., 2011, V. 2-3, I.172, p. 713-720.
80. Тимофеев К. Л.; Набойченко С. С.; Лебедь А. Б.; Акулич Л. Ф. Определение оптимального режима сорбции в процессе очистки шахтных вод от цветных металлов // Труды Международного конгресса "Фундаментальные основы технологий переработки и утилизации техногенных отходов", посвященного 80-летию науки Урала (ТЕХНОГЕН - 2012), Екатеринбург, 13-15 июля, 2012, с. 290-294.

81. Постникова К.Н., Лакиза Н.В., Пестов А.В. Селективные свойства N-(2-пиридил) этилированных полиэтилениминов // Тезисы докладов 22 Российской молодежной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.А. Тагер, Екатеринбург, 24-28 апр., 2012, с. 123.
82. Григорьева А.В. Извлечение хрома и кобальта из воды хелатообразующими углеродными волокнами // Материалы Международного молодежного научного форума: 20 Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов-2013", Москва, 8-12 апр., 2013, с. 30.
83. Григорьева А. В.; Низамиева Э. Р. Изучение влияния импрегнирования активированных углеродных волокон хелатообразующими реагентами на сорбцию ионов кобальта из водных растворов // Материалы 10 Республиканской конференции молодых ученых, Уфа, 2013, с. 41.
84. Jachula Justyna; Kolodynska Dorota; Hubicki Zbigniew. Sorption of Zn(II) and Pb(II) ions in the presence of the biodegradable complexing agent of a new generation // Chem. Eng. Res. and Des. 2012, V. 90, I. 10, p. 1671-1679.
85. Pang Siu-kwong; Yung Kam-chuen Chelating resin for removal of nickel impurities from gold electroplating solutions // Ind. and Eng. Chem. Res. 2013, V. 52, I. 6, p. 2418-2424.
86. Mendil D.; Kiris T.; Tuzen M.; Soylak M. Separation-preconcentration of Cu, Cd, Pb and Ni in various water and food samples of Sepabeads SP-207, Int. J. Food Sci. and Technol. 2013, V. 48, I. 6, p. 1201-1207.
87. Wang Jinnan; Cheng Cheng; Yang Xin; Chen Chen; Li Aimin A new porous chelating fiber: Preparation, characterization, and adsorption behavior of Pb(II) // Ind. and Eng. Chem. Res. 2013, V. 52, I. 11, p. 4072-4082.

88. Wang Gang; Chang Qing; Zhang Mingyue; Han Xiaoting Effect of pH on the removal of Cr(III) and Cr(VI) from aqueous solution by modified polyethyleneimine // *React. and Funct. Polym.* 2013, V. 73, I. 11, p.1439-1446.
89. Kołodýnska Dorota Adsorption characteristics of chitosan modified by chelating agents of a new generation // *Chem. Eng. J.* 2012, V. 179, I. 11, p. 33-43.
90. Адеева Л. Н.; Миронов А. В. Сорбция платины (IV) и палладия (II) на хелатной смоле Purolite S920 // *Вестн. Омск. ун-та*, 2013, № 4, с. 128-131.
91. Татаева С. Д.; Ойболатова С. И. Концентрирование и определение цинка хелатобразующим модифицированным ионитом // *Материалы 7 Международной научно-практической конференции для молодых ученых*, Астрахань, 23-25 апр., 2013, с. 80-82.
92. Патент № US 8440730, B01J 41/14, B01J 49/00, 2013, Method for improved removal of cations by means of chelating resins // Klipper Reinhold, Neumann Stefan, Stoll Jens, Schelhaas Michael, Vanhoorne Pierre, LANXESS Deutschland GmbH
93. Ahamed Riswan M. A.; Subha R.; Jeyakumar D.; Burkanudeen A. R. Separation of metal ions by the influence of a cation-exchange terpolymer involving 2-amino-6-nitrobenzothiazole-ethylenediamine-formaldehyde // *Polym. Int.* 2015, V. 64, I. 1, p. 126-137.
94. Кучменко Т. А.; Бондарева Л. П.; Гапеев А. А.; Найдыш А. Ю. Применение ИК-спектроскопии для исследования перегидратации полиамфолитов при концентрировании целевых компонентов // *2 Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии с международным участием*, Краснодар, 2015, с. 246.
95. Kasimov Sh.A., Turaev Kh. Kh., Djalilov A.T. Synthesis and research of nitrogen and oxygen containing polycondensation sorbent // *Proceedings*

of the III tashkent International innovation forum, 10-12 may, 2017, V. 2.  
P.133-139.

96. Джалилов А.Т., Тураев Х.Х., Касимов Ш.А., Эшкурбонов Ф.Б.  
Синтез и исследование азот-, кислород-, фосфорсодержащего ионита  
// Научный вестник СамГУ., 2017 г. №1. с. 120-124.
97. Мясоедова Г.В., Саввин С.Б. Хелатообразующие иониты. -М.: Наука,  
1984. -173 с.
98. Басаргин Н.Н., Розовский Ю.Г., Жарова В.М. и др. Органические  
хелатные иониты в неорганическом анализе // Органические  
реагенты и хелатные иониты в анализе минеральных объектов. -М.:  
Наука, 1980. - С. 82-116.
99. Салихов В.Д. Физико-химическое исследование  
комплексобразования Cu (II), Co (II) и Ni (II) полимерными  
ионитами и их применение в анализе объектов окружающей среды //  
дисс. на соиск канд.хим.наук по физической химия, -Курск, 2011. -157  
с.
100. Салдадзе К.М., Копылова-Валова В.Д. Комплексообразующие  
иониты (комплекситы). – М.: Химия, 1980. – 336 с.
101. Басаргин Н.Н., Розовский Ю.Г., Стругач И.Б. и др. Корреляции и  
прогнозирование аналитических свойств органических реагентов и  
хелатных сорбентов. - М.: Наука, 1986. -200 с.
102. Альберт А., Сергент Е. Константы ионизации кислот и оснований.  
–М.: Химия, 1964. – 180 с.
103. Исмаилов И.И., Джалилов А.Т., Аскарлов М.А. Химически  
активные полимеры и олигомеры. – Ташкент: -Фан, -1993. -232 с.