

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**И. КАРИМОВ номидаги  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ  
ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**НАЗИРОВ ЗУЛҚАЙНАР ШАРОПОВИЧ**

**КИМЁ САНОАТИ УЧУН СУВНИ ТАЙЁРЛАШДА ИОНИТЛАРНИНГ  
ОЛИНИШИ ВА ҚЎЛЛАНИЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ  
ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.14 - Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси  
(техника фанлари)**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент - 2021**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Content of the dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

Назирова Зулқайнар Шаропович Кимё саноати учун сувни тайёрлашда ионитларнинг олиниши ва қўлланилиш технологиясини ишлаб чиқиш .....	3
Назирова Зулқайнар Шаропович Разработка технологии получения применения ионитов при водоподготовке в химической промышленности .....	19
Nazirov Zulqaynar Development of technology for the production and use of ion exchangers in water treatment in the chemical industry.....	35
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works .....	38

**ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ  
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**И. КАРИМОВ номли  
ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ  
ҚАРШИ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**НАЗИРОВ ЗУЛҚАЙНАР ШАРОПОВИЧ**

**КИМЁ САНОАТИ УЧУН СУВНИ ТАЙЁРЛАШДА  
ИОНИТЛАРНИНГ ОЛИНИШИ ВА ҚЎЛЛАНИЛИШ  
ТЕХНОЛОГИЯСИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

**02.00.14 - Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси  
(техника фанлари)**

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)  
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент - 2021**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PHD/T2056 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Қарши давлат университетида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз) Илмий кенгаш веб саҳифаси (www.tkti.uz) ва «Ziyoune» таълим ахборот тармоғида (www.ziyoune.uz) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:** Турабджанов Садриддин Махамаддинович  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:** Адилов Равшан Эркинович  
техника фанлари доктори, доцент

Файзуллаев Нормурот Ибодуллаевич  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:** ЎзРФА Умумий ва ноорганик кимё институти

Диссертация ҳимояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «2» 12 соат 11<sup>00</sup> даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси 32-уй. Тел.: (99871)244-79-21, факс: (99871)244-79-17, e-mail: tkti\_info@mail.ru.)

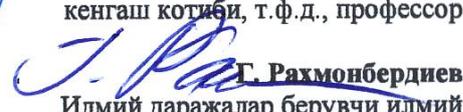
Докторлик диссертацияси билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот ресурс марказида танишиш мумкин (24 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент шаҳар Шайхонтоҳур тумани, А.Навоий кўчаси 32-уй. Тел.: (99871)244-79-20).

Диссертация автореферати 2021 йил «13» 11 куни тарқатилган.  
(2021 йил «13» 11 даги 18 рақамли реестр баённомаси).



  
**С.М. Турабджанов**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

  
**Х.И. Кадиров**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби, т.ф.д., профессор

  
**Т.Ра. Раҳмонбердиев**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, к.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертация аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Ҳозирги кунда дунёда термик барқарор, кимёвий таъсирга чидамли ва механик мустаҳкам ионитлар ўзининг сорбцион хоссалари юқорилиги, нодир ҳамда рангли металл ионларига танлаб таъсир этиши сабабли кимё, фармацевтика, нефт-газ, энергетика, гидрометаллургия, озиқ-овқат саноатларида кенг фойдаланилади. Шу билан бирга мавжуд хомашёлар асосида янги поликонденсацион турдаги ионитларни синтезлаш ва сувларни тузсизлантириш, шунингдек рангли металл ионларини ажратиш жараёнларида қўллаш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда кимё саноатида сульфатли, карбоксилли ва фосфатли функционал гуруҳлар сақловчи янги турдаги селектив, сорбцион хусусиятлари юқори ионитлар ишлаб чиқариш ва бошқа турдош тармоқларни ривожлантириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, саноат сувларини деминераллаш, сув тайёрлаш қурилмаларининг узок муддатлар, юқори самарали ишлашини таъминловчи азотли мономерлар асосида амфотер хусусиятли ионитлар ишлаб чиқаришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамиз шароитида маҳаллий хомашёлар асосида импорт ўринини босувчи, рақобатбардош ионитлар олиш ҳамда сув тайёрлаш жараёнларида уларни қўллашга қаратилган илмий изланишларга алоҳида эътибор қаратилиб, жумладан, кимё ва нефт-газ саноати корхоналарини модернизация қилиш, рақобатбардош маҳсулотлар турларини кенгайтириш, хомашёларнинг янги захираларини яратиш, улар асосида импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологияларини ривожлантириш борасида муайян илмий ва амалий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасининг 2017 - 2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясида «кимё саноати корхоналарини модернизация қилиш, техник ва технологик қайта жиҳозлаш»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада, фурфурол ва аминогуруҳли ароматик халқали мономерлар асосида поликонденсация реакциялари билан амфотер табиатли ионитлар олиш, сувларни тузсизлантиришга мўлжалланган ионалмашинувчи полимерлар ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3246-сон «Кимё саноатининг экспорт-импорт фаолиятини такомиллаштириш чора тадбирлари», 2016 йил 26 декабрдаги ПҚ-2698 «2017-2019 йилларда тайёр маҳсулот турлари, бутловчи буюмлар ва материаллар ишлаб чиқаришни маҳаллийлаштиришнинг истиқболли лойиҳаларини амалга оширишни давом эттириш чора тадбирлари тўғрисида»ги ва 2016 йил 15 июндаги ПҚ-2547-сон «2016-2020 йилларда минерал хом-ашё ресурсларини қайта-қайта ишлаш асосида тайёр экспортбоп кимёвий маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўпайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармонлари ва қарорлари ҳамда мазкур

---

<sup>1</sup>Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги Фармони.

фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишини устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технология ва нанотехнология» устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Сувларни тузсизлантириш, сувларни юмшатиш имконини берувчи синтетик катионитлар, анионитлар ва амфотер характерга эга бўлган ионитлар синтези ва сувни тайёрлаш жараёнларида қўлланилиши бўйича Wan Yunus, Widdecke H, Bachmann Reinhard, A. Mariamichel, R. Klipper, Zhi-Ping Zhu, Burkhard Köhler, A.C. Злобина, Я. Резник, Е.Е. Ергожин, А.М. Акимбаева, К.К. Кишибаев, С.А. Ефремов, Л.С. Лузянина, Г.А. Журавлева, С.С. Хамраев, А.А. Агзамходжаев, В.П. Гуро, Ф.А. Магруппов, А.Т. Джалилов, Р.А. Назирова, С.М. Турабджанов, Ш.А. Муталовлар илмий изланишлар олиб боришган.

Улар томонидан фурфурол, формальдегид, дивинилбензол билан аминли, карбоксилли ва фосфатли ҳамда сульфатли функционал гуруҳлар сақлаган анион, катионит ва амфотер табиатли янги турдаги ионитлар синтезлаш жараёнлари тадқиқ қилиниб, энергетика, гидрометаллургия, кимё, нефт-газ саноатлари сувларини тузсизлантириш, рангли металл ионларини таркиби мураккаб бўлган эритмалардан ажратиш олиш, концентрлаш технологиялари тадқиқ қилинган.

Шу билан бирга аминофосфатли, аминосульфатли амфотер ионитлар синтезлаш, кинетикаси ва термодинамик параметрларини тадқиқ этиш, уларнинг физик-кимёвий ва технологик кўрсаткичларини аниқлаш, яратилган ионитларнинг комплекс ҳосил қилиш механизмларини исботлаш, регенерациялашнинг содда, энергия тежамкор технологияларини ишлаб чиқиш йўналишида илмий ишлар олиб борилмоқда.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети ва Қарши муҳандислик иқтисодиёт институтининг илмий-тадқиқот режасига мувофиқ НТП 7-053 «Ўзбекистон иқлими шароитида оқава сувларни иккиламчи тозалаш ишлаб чиқаришда қайта фойдаланиш усули» (2009 - 2011 йй), ПЗ-20170927346 «Оқава сувларни тозалаш учун поликонденсат турдаги янги ион алмашинадиган полимерларни олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2018 - 2020 йй.) ва ЁОТ-Атех-2018-206 «Корхонада меҳнат хавфсизлигига таъсир этувчи салбий омилларни бартараф этиш бўйича чора-тадбирларни ишлаб чиқиш» (2018 - 2019 йй.) мавзусидаги фундаментал ва амалий лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқот ишининг мақсади** поликонденсацион турдаги ионитлар олиш ва сув тайёрлаш ҳамда рангли металл ионларини ажратиш технологиясини яратиш иборат.

### **Тадқиқотнинг вазифаси:**

фурфурол ва дифениламин асосида полимер матричасини яратиш, поликонденсация реакциясининг мақбул шароитларини тадқиқ этиш;

олинган полимерга фосфорли нордон функционал гуруҳларни киритиш;

олинган амфотер ионитининг комплекс ҳосил қилиш хусусиятларини ўрганиш, металл ионлари билан статик ва динамик шароитлардаги алмашилиш ҳажмларини аниқлаш;

Avagadro дастуридан фойдаланиб комплексларнинг фазовий кўринишини моделлаштириш ва электро-донор хусусиятларини квант-кимёвий ҳисоблаш;

амфотер ионит олиш технологиясини ишлаб чиқиш ва техник-иқтисодий ҳисоблашларни олиб бориш;

лаборатория шароитида оддий ва қулай усуллар билан ионитларни сорбцион хоссаларини тиклаш имкониятларини аниқлаш;

кимё саноатида ионитлар билан сувни тузсизлантириш тажриба-саноат тадқиқотларини ўтказиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида комплекс ҳосил қилувчи амфотер ионит, фурфурол ва дифенилоксид асосидаги яримконденсацион ионит, стирол ва дивинилбензол асосида олинган полимеризацион турдаги саноат катионити КУ-2-8, кимё саноатининг айланма ва коммунал сувлар олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** поликонденсацион ионитлар олиш усуллари, ионитларнинг физик-кимёвий ва сорбцион хусусиятлари ионитларнинг функционал гуруҳлари билан ионалмашиш жараёнларининг механизмлари ташкил этган.

**Тадқиқот усуллари.** Диссертация ишида замонавий физик-кимёвий (потенциометрик титирлаш, Фурье-ИК-спектроскопия, калометр, скайнерловчи электрон микроскоп) ва кимёвий (комплексометрия) усуллардан фойдаланилган. Олинган натижалар ионалмашинувни моделлаштириш (Avagadro) ва Origin Lab Pro дастури бўйича математик қайта ишлов бериш усуллари қўлланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

фурфуролнинг дифениламин билан 1:1 моль нисбатда диметилформамидли эритувчи иштирокида 100 - 110 °С ҳароратда мономерлар умумий массасига нисбатан 3 - 5 % Льюис катализатори қўшиб полимер матричаси яратилган ва поликонденсация реакцияси мақбул шароитлари аниқланган;

фосфорилловчи агент орқали фосфатли гуруҳлар полимер матричасига киритиш шароитлари 70 - 75 °С ҳароратда катализатор иштирокида олиб борилганда, аминофосфорли амфотер ионит ҳосил бўлиши исботланган;

олинган амфотер ионитнинг сув таркибидаги кальций, магний каби металл ионларини сорбциялаши, динамик шароитда сувни тузсизлантириши 70 - 80 % ни ташкил этиши аниқланган;

катионит шаклида кислород атомидаги умумлашмаган электрон жуфтлари, рух, мис, никель, кобальт каби оғир металл ионларининг d-электрон

поғоначаларидаги бўш орбиталлар билан донор-акцептор боғларни ҳосил қилиши асосланган;

поликоденсацион турдаги ионитлар ишлаб чиқариш ва сувни тайёрлаш ҳамда рангли металл ионларини ажратиш технологияси яратилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

поликоденсацион турдаги ионитлар олишнинг мақбул қўллаш шароитлари аниқланган;

полимеризацион ва поликонденсацион турдаги ионитларнинг қўлланилиш шароитлари ишлаб чиқилган;

поликоденсацион турдаги ионитлар олиш технологияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** таҳлилда замонавий физик-кимёвий усуллар ИК-спектроскопия, газ-суюқлик хроматографияси, термоаналитик таҳлиллардан, экспериментал маълумотларга статистик ишлов беришда поликоденсациялаш олиш жараёнлар кинетика ва термодинамикасининг замонавий назарияларидан фойдаланилганлиги, ионитларнинг ишлаб чиқаришга жорий қилинганлиги билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларини илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти аминофосфатли, аминосульфатли комплекс ҳосил қилувчи ионитлар олиш ва кимё саноатда сувни юмшатиш ҳамда рангли металл ионларини сорбциялаш тавсифи, ажратиш жараёнлари мақбул шароитлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти поликоденсацион турдаги сульфат, фосфат ва карбоксилли функционал гуруҳлар сақловчи селектив, сорбцион хусусиятлари юқори ионитлар билан сувни кальций, магний, мис ионларидан сорбцион тозалаш технологиясини тавсия этишдан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Фурфурол ва дифениламиндан аминофосфат ва аминосульфатли поликонденсацион ионитлар ишлаб чиқиш, сорбцион хоссаларини ва қўллаш соҳаларини аниқлаш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

фурфурол ва дифениламиннинг поликонденсатланиш маҳсулоти аминосульфатли амфотер ионит «МуборакГҚИЗ»да амалиётга жорий қилинган («Maxsusenergogaz» aksiyadorlik jamiyatining 2021 йил 10-июнидаги 04/06-880-сон маълумотномаси). Натижада, Қуйи-Мозор сув омборидан келадиган сувларни юмшатиб, тозалаш самарадорлиги 2,3 - 2,4 мартта ошириш имконини берган;

фурфурол ва дифениламиннинг поликонденсатланиш маҳсулоти аминосульфатли амфотер ионит «МуборакГҚИЗ»да амалиётга жорий қилинган («Maxsusenergogaz» aksiyadorlik jamiyatining 2021 йил 10-июнидаги 04/06-880-сон маълумотномаси). Натижада, технологик сувларни кальций, магний, мис ионларидан тозалашда қўлланиладиган импорт қилинувчи КУ-2-8 катионитини алмаштириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Ушбу тадқиқот натижалари 10 та ҳалқаро ва 4 та республика миқёсидаги илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича 24 та илмий иш Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг асосий илмий натижаларни чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларида 10 та мақола, жумладан 7 та республика ва 3 та хорижий журналларда чоп этилган.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация иши кириш, 4 та боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг умумий ҳажми 101 бетдан иборат.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотнинг талабчанлиги ва долзарблиги, тадқиқот мақсади ва вазифаси, объект ва предмети характеристикаси асосланган, республикада мос келадиган ўхшаш тадқиқотлар фаннинг ривожланиш йўналиши ва технологияси кўрсатилган. Тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги ва амалий аҳамияти баён этилган, олинган натижалардан уларнинг илмий ва амалий қиймати очиқ берилган, тадқиқот натижалари амалиётга тадбиқ этилган, диссертация тузилиши ва нашр этилган ишлар бўйича маълумотлар берилган.

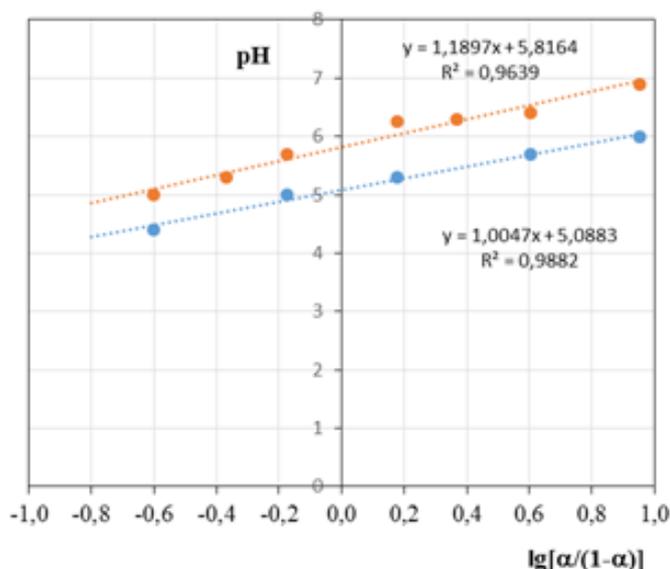
Диссертациянинг биринчи боби «**Синтетик ионитларни қўллаш муаммосининг замонавий ҳолатини аналитик шарҳи**» мавзусидаги адабиётлар шарҳига бағишланган. Бунда комплекс ҳосил қилувчи амфотер ионитларни синтез ва қўлланилиши бўйича адабиётлар шарҳи келтирилган. Маълум, эталон ионитларнинг аналитик тавсифлари таҳлил қилинган. Функционал гуруҳларни идентификация қилиш усуллари, республикамиз ва хорижда синтез қилинган ионитларнинг физик-кимёвий хусусиятлари келтирилган. Ионитларни ташқи ва ички сиртларида борадиган ионалмашиниш жараёнларнинг асосий технологик тавсифлари ўрганилган. Сув тайёрлашда тозалаш жараёнининг содда, сорбцион хусусиятларини мақбул реагентлар ёрдамида тиклаш имкониятига эга, қулай ва самарали ионитлар синтезлаш ҳамда уларнинг қўлланилиш соҳалари тадқиқотчилар томонидан кенг ўрганилган. Эълон қилинган ишларни танқидий таҳлил қилиш натижасида тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари белгиланган.

Диссертациянинг иккинчи боби «**Тадқиқот объектлари ва усуллари, моддаларнинг физик-кимёвий хоссалари**» деб номланган, бошланғич моддаларни таҳлил қилиш ва характеристикаси, фурфурол асосидаги комплекс ҳосил қилувчи амфотерли ионит полимер матричасини синтезлаш методикаси, фосфориллаш ва функционал гуруҳларни киритиш методикаси, физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ этиш методикасига бағишланган. Адабиётлардан маълумки, анион ва катион бўйича амфотер ионитларни протонли шакллариининг сорбцион қобилияти ионоген гуруҳни ( $pK_a$ ) диссоциацияланишининг эҳтимолли константаларининг тахминий қиймати билан характерлаш қабул қилинган, одатда ҳисобланадиган тажрибадан олинган маълумотлар Гендерсон-Гессельбалхнинг модификацияланган тенгламасидан фойдаланиб амалга оширилади:

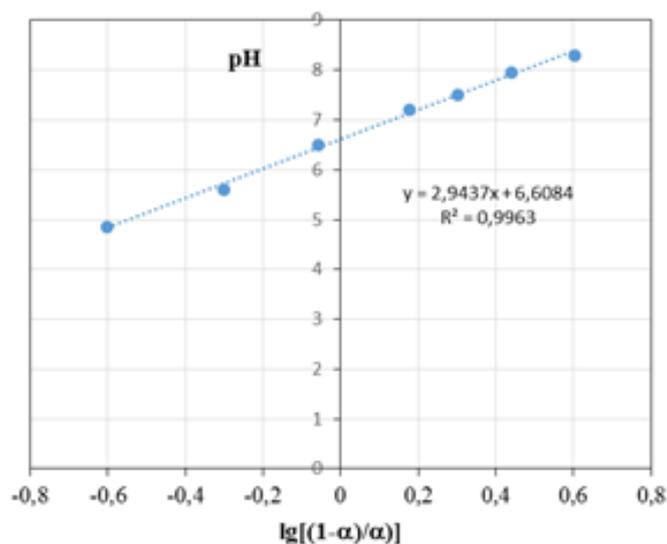
$$pH = pK_{ai} \pm n \cdot \lg \frac{\alpha_i}{1 - \alpha_i}$$

бу ерда  $pK_{ai}$  - диссоциация константаси;  $i$  - даражали ионоген гуруҳнинг доимий диссоциация константаси;  $\alpha_i$  - ионоген гуруҳнинг маълум рН қийматида кўрилаётган диссоциация босқичининг титрлаш даражаси;  $n$  - чокловчи полимерни характерловчи доимий.

Янги синтез қилинган амфотер ионит таркибида икки асосли фосфатли ( $PO(OH)_2$ ) ёки  $H_2PO_3$  ва иккиламчи амин гуруҳлари мавжудлиги аниқланди.



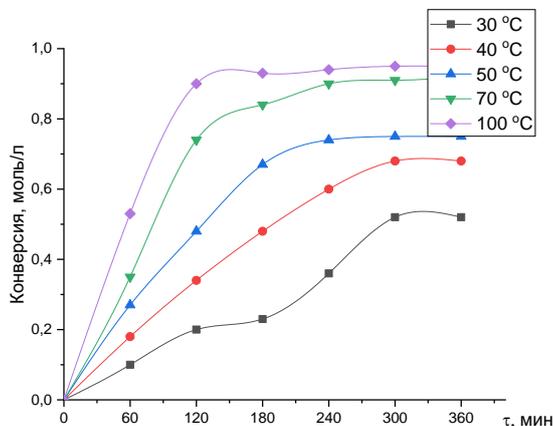
**1-расм. Гендерсон-Гессельбалх координаталардаги фосфатли потенциометрик титрлаш натижалари**



**2-расм. Гендерсон-Гессельбалх координаталардаги иккиламчи аминли потенциометрик титрлаш натижалари**

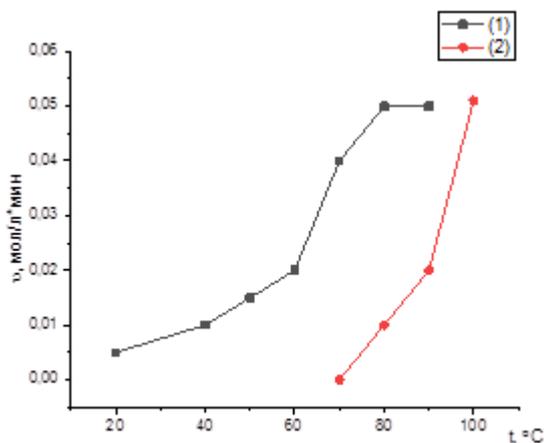
Ҳисоблашлар шуни кўрсатадики, юқори коэффицентли корреляция тажрибавий эгри чизиқлари бўйича Гендерсон-Гессельбалх тенгламаси координаталарда  $pK_{ai}$ нинг қийматлари иккиламчи аминлар учун 6,61 га, фосфатли гуруҳининг I - II босқичи учун ( $pK_1$ ) 5,08 ( $pK_1$ ) ва ( $pK_2$ ) 5,82 га тенг.

Диссертациянинг учинчи боби «Сув тайёрлашда фойдаланилган ионитларнинг термодинамик ва сорбцион характеристикасини тадқиқ этиш» деб номланган бўлиб, полимер матричаси ҳосил қилиш жараёнидаги мономерларнинг нисбатлари, фурфуролни реакция муҳитда конверсиялаш шароитлари, ҳароратнинг поликонденсация реакция тезлигига таъсири, катализатор табиати батафсил тадқиқ этилган.



**3-расм. Турли ҳароратлардаги фурфуролнинг вақт бирлиги ичида конверсияланиши: 1 - 30 °C; 2 - 40 °C; 3 - 50 °C; 4 - 70 °C; 5 - 100 °C**

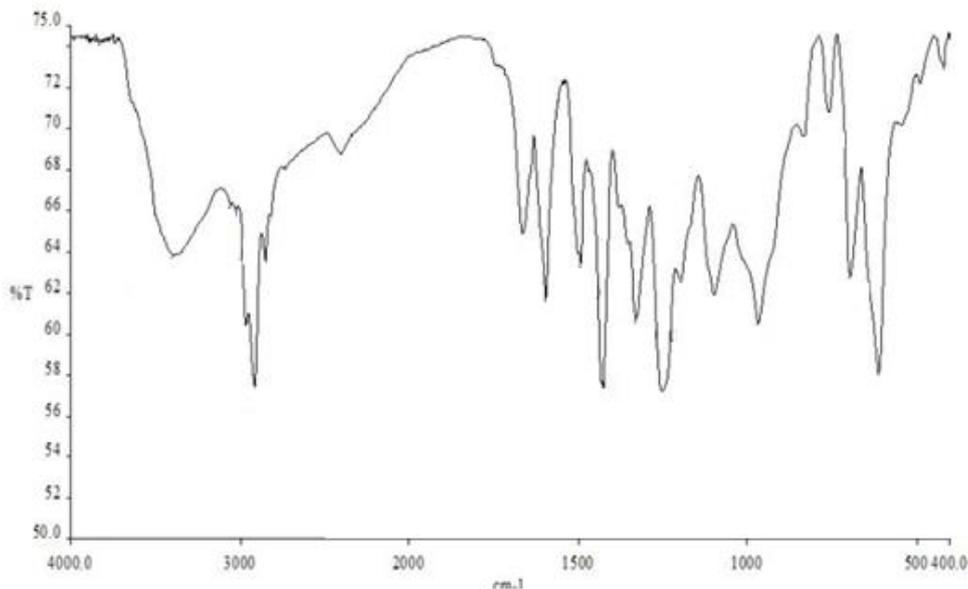
Турли ҳароратларда диметилформаидли муҳитда дифениламин ва фурфуролнинг 1:1 оптимал моль нисбатларида поликонденсацияланиши вақт бирлиги ичида олинган натижалари графиклари келтирилган.



**4-расм. Ҳароратнинг поликонденсация реакцияси тезлигига таъсири: 1- 40 дан 80 °C; 2- 70 дан 100 °C**

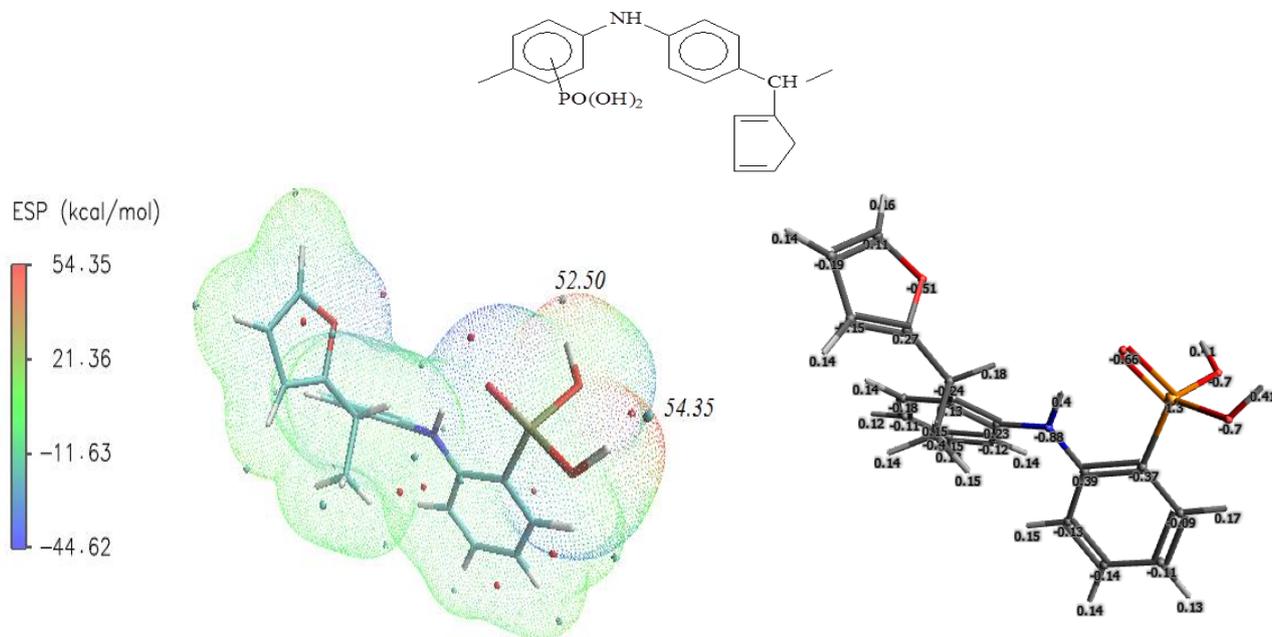
Қуйи ҳароратларда 30 - 50 °C полимер ҳосил бўлиши деярли кузатилмади ва ҳароратни 70 °C дан 100 °C ва ундан юқорилатиб бориш сув ажралиб чиқиши ҳамда реакцияни 3 - 5 соат ичида тўлиқ амалга ошганлигини кўрсатди. Бунда фурфуролнинг конверсияланиш кўрсаткичи 85 - 90 %га етди. Шу билан бирга реакция тезлиги ушбу ҳароратларда 0,05 моль/л·дақиқани ташкил этди. Олинган полимер матричасига функционал гуруҳлар киритилди ва амино-фосфатли гуруҳли ионит ИҚ - спектрлаш натижалари таҳлил қилинди (5-расм).

ИҚ-спектрда 960 - 1080  $\text{см}^{-1}$  соҳалардаги тебранишлар  $\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$  гуруҳлари мавжудлигини ҳамда фосфатли гуруҳларда 1170  $\text{см}^{-1}$  соҳасидаги боғлар ўзгаришини кузатиш мумкин. 1560  $\text{см}^{-1}$  соҳадаги деформацион тебранишлар = N-H боғларига тўғри келади. 2800 - 2850  $\text{см}^{-1}$  соҳаларидаги кенг ютилиш диапазони амина-фосфатли гуруҳларга мос келиши кузатилди.



**5-расм. Амфотер ионит ИҚ-спектри**

ИҚ-спектр ва потенциометрик титрлаш натижалари асосида янги синтез қилинган амфотер ионитнинг структуравий зеноси тавсия этилди:

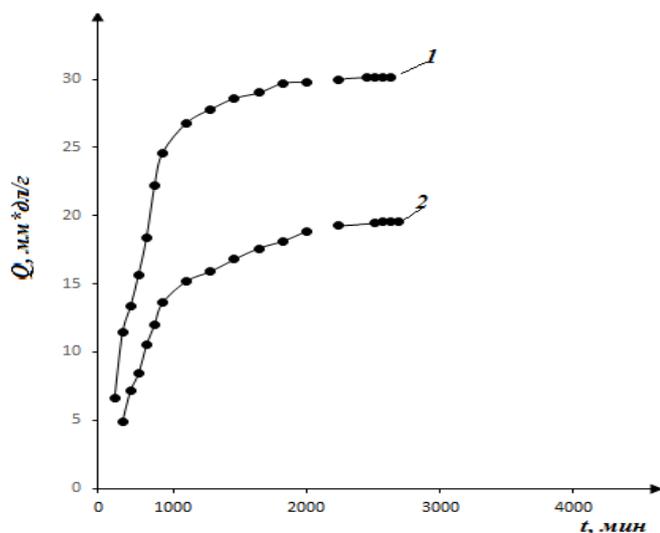


**6-расм. Avogadro дастурида 3D миснинг моделлашган комплекси: фосфорли ион боғи, кислород атоми билан донор-акцепторли боғ,  $\pi$ -стэкиннинг ароматик халқаси билан ўзаро таъсирлашиши**

Олинган амфотер ионит таркибида 9,5 % фосфор ва 4,2 % азотнинг бўлиши, уни фурфурол ва дифениламин асосида олинган натижаларнинг қониқарли эканини кўрсатди. Амфотер ионитнинг металл ионлари билан комплекс ҳосил қилиши ва уларни 3D структурасини ишлаб чиқилиши ионалмашиниш полимерларнинг физик-кимёвий хусусиятларини юқори даражада эканини кўрсатади. ORCA 4.2 дастурдан фойдаланиб, ушбу мономернинг геометрияси DFT/6-31G усули билан оптималлаштирилган (6-расм).

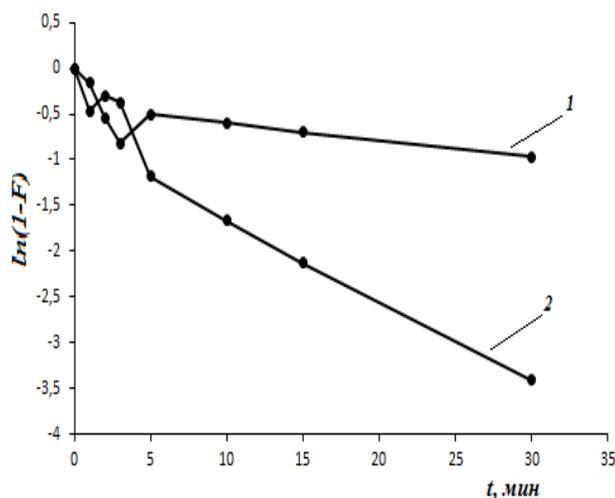
Шу билан бирга, металл ионларини сорбцион ажратиш мақбул шароитларини аниқлаш мақсадида сорбцион жараён кинетик қонуниятлари ва механизмини аниқлаш талаб этилади. Сорбция кинетикасини тадқиқ қилиш сорциялаш тезлиги тажрибалар орқали аниқланиши сабабли, амалий аҳамиятга эга бўлиб, сорбцион шароитларини танлашда - сорбент тури, механик ўлчамлари, сорбциялаш ҳарорати ва бошқа омиллар билан боғлиқ бўлади.

Ион аламшиниш кинетикасини аниқлаш мақсад қилиниб, тадқиқотлар давомида мис (II) ионларининг сувли эритмалардан полимер типидagi икки сульфокатионитларда - дивинилбензол ва стирол асосидаги (КУ-2-8) саноат препарати ҳамда дифенилоксида ва фурфуролнинг поликонденсатланиш реакцияси ва сўнгра сульфурлаш маҳсулоти асосидаги сульфокатионитлар (СКДФ) билан сорбцияланиш жараёни таққосланди.



**7-расм. Мис (II) ионларининг сувли эритмалардан КУ-2-8 саноат препарати (1-эгри) ҳамда СКДФ дифенилоксида ва фурфуролнинг сополимерланиш сульфокатионит (2-эгри) билан сорбцияланиш кинетик эгрлари**

7- ва 8-расмларда эритмалардан вақт бирлиги ичида мис ионларининг сорбцияланиш миқдорининг боғлиқлик кинетик эгрлари берилган. Олинган боғлиқликлар СКДФ катионитида 30 дақиқа давомида сорбцияланиш мувозанати, КУ-2-8 катионитида эса 20 дақиқада сорбцияланиш мувозанати тикланишини кўрсатади. СКДФ ва КУ-2-8 орасидаги мувозанатга эришиш фарқлар кичик қийматларга эга бўлиб, оқова сувлар таркибидан мис ионларини ажратишда поликонденсацион турдаги катионитдан фойдаланиш мумкинлигини кўрсатади.



**8-расм. КУ-2-8 (1) ва СКДФ (2) сульфокатионитлар билан мис (II) ионларини сорбциялаш учун  $-\ln(1-F) = f(t)$  боғлиқлиги**

Олинган кинетик эгрилар чегараланган ҳажмдаги эритмалар диффузиясини ёритувчи Бойд, Адамсон ва Майерс тенгламаларидан фойдаланилиб тавсифланди:

$$F = \frac{Q_t}{Q_\infty} = 1 - 6/\pi^2 \sum \frac{1}{n^2} \exp(-Bt \cdot n^2),$$

бунда:  $F$  – ионлар алмашилиш босқичлари;  $Q_t$  и  $Q_\infty$  – мос равишда  $t$  вақтга қадар (намунлар олинган вақт, сек) ва мувозанат тикланишига қадар сорбцияланган ионлар миқдори;  $Bt = (D\pi^2 t)/r^2$  – ўлчамсиз параметр ёки Фурье гомохрон критерийси;  $D$  – диффузия коэффициенти ( $\text{см}^2/\text{г}$ );  $r$  – ионит доналари радиуси, см.

$F$  катталиқ тажрибалар орқали аниқланилиб,  $F$  ионлар алмашилиш даражасининг  $t$  га боғлиқлиги аниқланди.  $F$  нинг  $Bt$  га боғлиқлик жадвали орқали,  $F$  ва  $t$  мос кўрсаткичлари учун  $Bt$  катталиқлари аниқланди, сўнгра адабиётларда белгиланган усуллар орқали диффузия коэффициенти аниқлаб олинди. Иккинчи тартибли кинетик маълумотларни  $1/C = kt + 1/C_0$  тенглама бўйича линеаризирланган координаталар билан боғлиқлик кўрсаткичлари  $R^2 = 0,9628$  детерминациялаш кўрсаткичи юқорилигини кўрсатади.

Шундай қилиб, мис ионларини сувли эритмалардан икки турдаги сульфокатионитлар ёрдамида статик шароитларда сорбциялаш кинетикасини тадқиқ қилиш ҳамда кинетик эгриларни математик қайта ишлашлар, сорбциялаш механизми аралаш характерга эга эканлигини ва кимёвий реакциялар ва диффузия эффекти йиғиндисидан иборат эканлигини кўрсатади.

Диссертациянинг тўртинчи боби «**Ишлаб чиқариш шароитида ионитларни қўллаш**» деб номланган бўлиб, ионитларни қўллаш ва уларнинг регенерация қобилиятини аниқлашга бағишланган. Ҳозирги кунда сув тайёрлаш қурилмаларини ўрнатишда ва уларни эксплуатация қилиш тез ривожланаётган сферадан иборатдир. Бу соҳада қилинган ҳар қандай ютуқ тозаланган сувнинг сифат кўрсаткичларини оширади, шу билан бирга эксплуатацияга сарф харажатлар ва сувни меёрида тозалаш бўйича хизмат ҳақлари камаяди. Шу корхонада ионалмашилиш усули билан сувни юмшатиш

бўйича босқичли илмий асослаб бериш, сув сифатини излаш мақсадга мувофиқ бўлади. «Муборак газни қайта ишлаш заводи» фойдаланилаётган айланма сувнинг тўлиқ кимёвий таркиби ўрганилди (1-жадвал).

### 1-жадвал

#### «Муборак газни қайта ишлаш заводи» айланма сувининг тўлиқ кимёвий таҳлили

Катионлар	Микдори			Қаттиқлиги	
	мл/л	мг·эқв/л	%·эқв/л	мг·эқв/л	
Na <sup>+</sup>	137	5,99	40	Умумий	9,00
K <sup>+</sup>	5	0,13	1	Карбонатли	2,40
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	–	–	–	Карбонатсиз	6,60
Ca <sup>2+</sup>	112	5,60	37	рН	7,80
Mg <sup>2+</sup>	41	3,40	22	ЭркинСО <sub>2</sub> мг/л	11
Fe <sup>3+</sup>	0,3	0,02	–	Агрессив СО <sub>2</sub> мг/л	4
Fe <sup>2+</sup>	0,2	0,01	–	Оксидланиши мг О <sub>2</sub> /л	1,45
<b>Жами:</b>		<b>15,15</b>	<b>100 %</b>	SiO <sub>2</sub> мг/л	14
<b>Анионлар</b>	<b>Микдори</b>			K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> мг/л	18
	мг·эқв/л	мг·эқв/л	мг·эқв/л	H <sub>2</sub> S мг/л	–
Cl <sup>-</sup>	177	5,00	33	<b>Қуруқ қолдиқ</b>	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	368	7,66	50	Эксперим. мг/л	980
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,3	0,01	–	Ҳисоблаш. мг/л	933
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	0,08	1	<b>Физик хоссаси:</b>	
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	–	–	–	Шаффофлик	Шаффоф
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	146	2,40	16	Таъми	Чучук
<b>Жами</b>		<b>15,15</b>	<b>100%</b>	Ранги	Рангсиз
<b>Тузли сув таркиби формуласи</b>				Ҳиди	Ҳидсиз
$0,9 \frac{SO_4^{50}Cl^{33}HCO_3^{16}}{(Na+K)^{41}Ca^{37}Mg^{22}}$				Чукма	Жуда кам
				Na <sup>+</sup> алангали фотометрда,мг/л	132

Корхонадаги сувнинг умумий қаттиқлиги 9 - 13 мг·эқв/л тажриба асосида аниқланганда рН муҳити 3,80 - 7,80 оралиғида бўлганлиги кўриш мумкин. Бу эса, кальций ва магний ионлари билан кислота қолдиқлари иштирокида сувнинг қаттиқлиги муаммосини келтириб чиқиши билан бирга, сув таркибида эриган ҳолда мис, темир, марганец каби металл ионларининг мавжудлиги селектив ионитларни қўллаш заруратини кўрсатади.

Бугунги кунда завод сув тайёрлаш бўлимида саноат катионити КУ-2-8 дан кенг фойдаланади. Полимеризацион катионит КУ-2-8 ҳамда поликоденсацион катионит СКДФ иштирокида амфотер ионит айланма сувларни деминерализациялаш жараёнида синовдан ўтказилди.

Сувнинг умумий қаттиқлигини камайтириш учун Н- ва Na-шаклдаги ионалмаштир филтрлари корхона шароитида - киришдаги сувнинг қаттиқлиги

6,8 - 9,0 мг·экв/дм<sup>3</sup> ва қайта ишланган сувнинг ҳажми 1000 м<sup>3</sup>, синовдан ўтказилди ва олинган натижалар 2-жадвалда келтирилди.

### 2-жадвал

#### Айланма сувни юмшатиш жараёнда қўлланилган ионитларнинг сорбцион хусусиятлари

Параметрлари	КУ-2-8	СКДФ	АДФ
Фильтроцикл сони	35,0 – 23,9	15,2 – 10,0	15,0-9,5
Чиқишдаги сувнинг қаттиқлиги, мг·экв/дм <sup>3</sup>	0,5 – 2,5	0,5 – 2,5	0,5-1,0
Тўйинган ионитни регенерацияга сарфи ҳажми, м <sup>3</sup>	1,81 – 2,65	0,61 – 0,93	0,62-0,92

2-жадвалга асосланган ҳолда «Муборак газни қайта ишлаш заводи» айланма циклда сувни тозалаш ва юмшатиш жараёнида текшириляётган ионитлардан фойдаланганда тозаланган сув рухсат этилган концентрация меъёрига етди ва корхона мутахассисларидан ижобий хулосалар олинди.

### 3-жадвал

#### Ионитларнинг регенерация бўйича натижалар

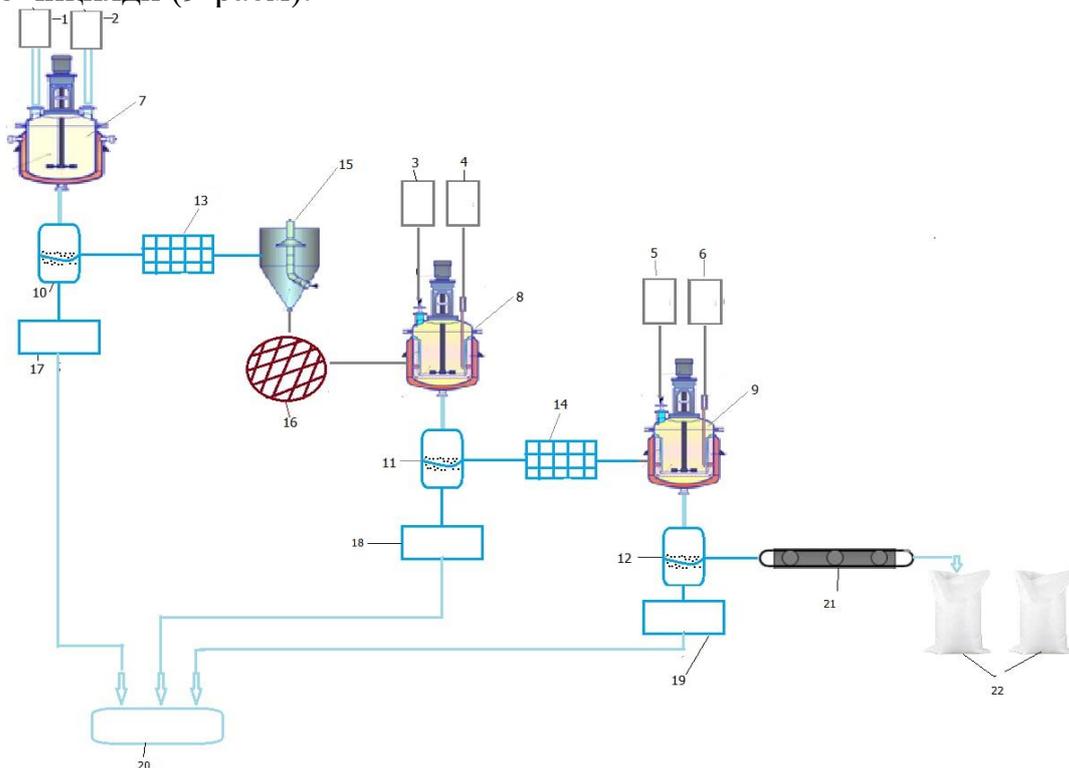
Регенерация қилувчи эритманинг номи	Регенерацияловчи эритманинг концентратсияси ва ҳажми		Катионларнинг номи ва катионитдаги миқдори, мг/г				Регенерациянинг ишлаб чиқарувчанлиги, %
	%	мл	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	1	2,0	0,1	17,0	2,0	2,0 - 5,0
	10	1	4,0	0,22	34,0	4,0	
	20	1	4,0	0,22	34,0	4,0	
HNO <sub>3</sub>	5	1	1,5	0,05	9,0	1,0	
	10	1	3,0	0,1	17,0	2,0	
	20	1	4,0	0,2	34,0	4,0	
HCl	5	1	1,5	0,05	8,0	0,8	
	10	1	1,8	0,1	16,0	1,8	
	20	1	3,2	0,2	28,0	3,0	
NaCl	5	10	-	-	34,0	4,0	
	10	10	-	-	17,8	2,0	
	15	10	-	-	34,0	4,0	
	20	10	-	-	34,0	4,0	

Сорбентларни саноатда қўллаш имконияти нафақат уларни ишчи алмашилиш сиғимлари, балки регенерация қобилиятларидан ҳам аниқланади. Саноат катионити (КУ-2-8) поликонденсацион катионити (СКДФ) ва амфотер (АДФ) лари билан ишлаб чиқилган регенерация технологияси ишончли натижалар кўрсатди. Кимёвий таҳлил натижаларида кальций, магний, темир, марганец ва бошқа металл-ионларининг ионитларга ютилганлигини кўриш мумкин. Тўйинган ионитларни ишчи сиғимларини тиклаш ва корхона учун

осон, қулай регенерациялаш усулини яратилди. Олинган натижалар 3-жадвалда келтирилди.

3-жадвалдан шуни кўриш мумкинки, 10 % ли  $H_2SO_4$  регенерация учун етарли бўлар экан,  $HNO_3$  ва  $HCl$  кислоталарнинг 20% эритмаси етарли бўлар экан. Лекин ош тузи билан регенерация қилинганда фақат кальций ва магний ионлари регенерация қилинар экан, темир ва марганец ионлари регенерацияланмас экан. АДФ амфотер ионитлари этилендиаминтетра сирка кислотанинг динатрийли тузи билан регенерацияланиши тадқиқ этилди.

Амфотер ионит АДФ синтез қилишнинг принципиал технологик схемаси ишлаб чиқилди (9-расм).



**9-расм. Амфотер ионит ишлаб чиқаришнинг принципиал технологик схемаси:**

1,2,3,4,5,6-тензодатчикли дозаторлар; 7,8,9-реакторлар; 10,11,12-фильтрлар; 13,14-қуритгичлар; 15-майдалагич; 16-элак; 17,18,19-ювишдан қолган қолдиқ сувлар; 20-тиндиргич; 21-элеватор; 22-тайёр маҳсулот

Полимер олиш (7) реакторда амалга оширилади. Сўнгра реакцияга киришмай қолган моддалар ва паст молекуляр бирикмалардан тозалаш ҳамда катализаторни ажратиб олиш учун ювилади. Сўнгра фильтрдан (10) ўтказилади. Фильтрдан ажралиб чиққан ювилган сувлар тиндиргичга берилади полимер эса қуритиш (13) жараёнидан кейин майдалаш учун майдалагичга (15) узатилди. Зарурий ўлчамдаги полимер бўлаклари элакдан (16) ўтказилиб, реакторга (8) юборилади. Фосфориллаш жараёнидан сўнг оксидлаш учун реактор (9) орқали жараён давом эттирилади. Ювилиб, тозаланган ионитлар элеватор (21) бўйлаб қадоқлаш учун юборилади.

Шундай қилиб, яратилган технология асосида олинган АДФ ионити иқтисодий самарадорлиги импорт қилинадиган ионитлар билан таққосланганда 3397716 сўмни ташкил этди.

## ХУЛОСА

1. Фурфуролнинг дифениламин билан 1:1 моль нисбатда диметилформамаидли муҳитида 100 - 110 °С ҳароратда мономерлар умумий массасига нисбатан 3 - 5% Льюис катализатори қўшиб полимер матрицаси яратилган ва поликоденсация реакцияси бориш шароитлари тўлиқ тадқиқ этилган.

2. Фосфорилловчи агент орқали фосфатли гуруҳлар полимер матрицасига киритиш шароитлари 70 - 75 °С ҳароратда катализатор иштирокида олиб борилиб, аминофосфорли амфотер ионит олиш тавсия этилган.

3. Олинган амфотер ионитнинг функционал гуруҳлари элемент анализ, ИҚ-спектроскопия ва потенциометрик титрлаш асосида тадқиқ этилган.

4. Олинган амфотер ионити сув таркибидаги кальций, магний каби металл ионларини сорбциялашда катионит кўринишида ишлаган бўлса, бошқа оғир металл ионлари рух, мис, никель, кобальтлар билан d-электрон поғоначаларидаги бўш орбиталлар ҳисобига фосфатли кислород атомидаги бўлинмаган жуфт электронлар ҳисобига донор-акцептор боғларини ҳосил қилиши аниқланган.

5. Сувни тузсизлантириш кўрсаткичи динамик шароитда 70 - 80 % ни ташкил этган. Мис ионларини 0,1н эритмаларда сорбцияланиш кўрсаткичи 5,6 - 6,2 мг·экв/л бўлган. Avagadro дастуридан фойдаланиб комплексларнинг фазовий кўринишини моделлаштирилган ва электро-донор хусусиятларини квант-кимёвий ҳисобланган.

6. Амфотер ионит ишлаб чиқаришнинг технологик регламенти ишлаб чиқилган. Материал баланс асосидаги ҳисоблашлар 18 % намлик билан олинадиган 1000 кг ионит учун 49302284,2 сўмни ташкил этади. Импорт қилинадиган амфотер ионитларга нисбатан 1,5 - 2 баробар иқтисодий самарадор эканлиги тавсия этилган.

7. Муборак газни қайта ишлаш заводи сув тайёрлаш бўлими шароитида қўллаш учун поликоденсацион турдаги амфотер ионит яратиш технологияси тавсия этилган ва сув тайёрлаш жараёнини таҳлил қилиш тавсия этилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.Т.04.01 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА  
КАРШИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**НАЗИРОВ ЗУЛКАЙНАР ШАРОПОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ  
ИОНИТОВ ПРИ ВОДОПОДГОТОВКЕ В ХИМИЧЕСКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

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

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

**Ташкент - 2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером В2021.1.PhD/T2056

Диссертация выполнена в Каршинском государственном университете  
Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице научного совета по адресу [ik.kimyo.liuu.uz](http://ik.kimyo.liuu.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyounet» ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)).

**Научный руководитель:** Турабджанов Садриддин Махаммадинович  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Адилов Равшан Эркинович  
доктор технических наук, доцент

Файзуллаев Нормурот Ибодуллович  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:** ЎзРФА Умумий ва ноорганик кимё институти

Защита диссертации состоится «2» 12 2021 г. в «11<sup>00</sup>» часов на заседании научного совета DSc.03/30.12.2019.T.04.01 при Ташкентском химико-технологическом институте по адресу: (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32. Тел: (+99871) 244-79-21, факс: (+99871) 244-79-17; e-mail: [tkti\\_info@edu.uz](mailto:tkti_info@edu.uz)).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за №24, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (Адрес: 100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А. Навои, 32. Тел.: (+99871) 244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «13» 11 2021 года.  
(протокол рассылки № 18 от 13.11. 2021 г.).



**С.М. Турабджанов**  
Председатель Научного совета по присуждению  
учёной степени доктора наук, д.т.н., профессор

**Х.И. Кадиров**  
Учёный секретарь Научного совета по  
присуждению учёной степени доктора наук,  
д.т.н., доцент

**Г. Рахмонбердиев**  
Председатель Научного семинара при Научном  
совете по присуждению учёной степени доктора  
наук, д.х.н., профессор

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

**Актуальность и значимость темы диссертации.** В настоящее время иониты благодаря своим высоким сорбционным свойствам и селективному извлечению ионов благородных и цветных металлов широко используются в ряде отраслей индустрии, таких как химия, фармацевтика, атомная промышленность, нефть и газ, энергетика, гидрометаллургия, пищевая промышленность. В то же время синтез новых видов поликонденсационных ионитов для опреснения воды с ионообменными свойствами на основе существующего сырья, а также его применение в процессах разделения ионов цветных металлов является одним из актуальных вопросов в химической промышленности.

В мире ведутся исследования по синтезу новых типов селективных ионообменников, содержащих сульфатные, карбоксильные, фосфатные функциональные группы, и дальнейшему улучшению их физико-химических свойств. В связи с этим особое внимание уделяется синтезу амфотерных ионитов на основе азотсодержащих мономеров, деминерализации воды в химической и нефтегазовой промышленности, с целью сохранению длительных эксплуатационных свойств водоочистных сооружений.

В республике большое внимание уделяется научным исследованиям, направленным на синтез импортозамещающих конкурентоспособных ионообменных ионитов на основе местного сырья и их применение в процессах водоподготовки. В частности, определенные научные и практические результаты достигаются в модернизации предприятий химической и нефтегазовой промышленности, расширении конкурентоспособной продукции, создании новых запасов сырья, разработке технологий производства импортной продукции. В Стратегии действий Республики Узбекистан на 2017-2021 годы поставлена главная задача: «модернизация, техническое и технологическое перевооружение предприятий химической промышленности»<sup>2</sup>. В связи с этим важную роль играют исследования по получению амфотерных ионитов реакциями поликонденсации на основе фурфурола и ароматических кольцевых мономеров аминогруппы и разработка ионообменных полимеров для обессоливания технической воды.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит реализацией задач, обозначенных в Указе и постановлениях Президента Республики Узбекистана, Указом Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года №УП-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» и Постановлениями Президента Республики Узбекистан от 29 августа 2017 года №ПП-3246 «О мерах по совершенствованию экспортно-импортной деятельности организаций химической промышленности», от 26 декабря 2016 года № ПП-2698 «О мерах по дальнейшей реализации перспективных проектов локализации производства

---

<sup>2</sup>Мирзиеёв Ш.М. Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан на 2017-2021 годы»

готовых видов продукции, комплектующих изделий и материалов на 2017-2019 годы» и от 15 июня 2016 года №ПП-2547 «О мерах по увеличению производства готовой экспортоориентированной химической продукции на основе глубокой переработки минерально-сырьевых ресурсов на 2016-2020 годы», а также в других нормативно-правовых актах, касающихся данного направления диссертационного исследования.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** Получением синтетических катионитов, анионитов и ионитов амфотерного характера для обессоливания вод в процессе водоподготовки занимались такие ученые, как: Wan Yunus, Widdecke H, Bachmann Reinhard, Mariamichel A, Klipper R, Zhi-Ping Zhu, Burkhard Köhler, Злобина А.С., Резник Я., Ергожин Е.Е., Акимбаева А.М. Вопросам получения ионитов на основе фурфурола посвящены работы Кишибаева К.К., Ефремова С.А., Лузянина Л.С., Журавлева Г.А. и др. В Узбекистане в области изучения и создания ионитов и исследования их основных свойств проводились научные исследования под руководством Хамраева С.С., Агзамходжаева А.А., Гуро В.П., Магрупова Ф.А., Джалилова А.Т., Назировой Р.А., Турабджанова С.М., Муталова Ш.А. и др.

В работах указанных ученых исследованы процессы синтеза новых типов ионообменников анионной, катионной и амфотерной природы с аминокарбоксильными, фосфатными, сульфатными функциональными группами на основе фурфурола, формальдегида, дивинилбензола для обессоливания воды в энергетике, гидрометаллургии, химической и нефтегазовой промышленности. Внедрены технологии по отделению ионов от существующих растворов, концентрированию и выделению цветных металлов.

Одновременно проводятся исследования по получению аминокислотных, аминокислотных амфотерных ионообменников, изучению их физико-химических и технологических параметров, ионному обмену образующихся ионитов, изучению механизмов образования комплексов, изучению кинетики и термодинамических параметров, разработке простых, энерго- и ресурсосберегающих технологий в регенерации.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационная работа выполнена в рамках планов научно-исследовательских работ прикладных проектов Ташкентского государственного технического университета и Каршинского инженерно-экономического института НТП 7-053 «Переработка и вторичное использование сточных вод в климатических условиях Узбекистана» (2009 - 2011 гг.), ПЗ 20170927346 по теме «Разработка технологии получения новых ионообменных полимеров поликонденсационного типа для очистки сточных вод» (2018 - 2020 гг.) и ЁОТ-Атех-2018-206 по теме

«Разработка мер по устранению негативных факторов, влияющих на безопасность труда на предприятии» (2018 - 2019 гг.).

**Целью исследования** является разработка технологии получения и применения ионитов поликонденсационного типа при водоподготовке и разделении цветных металлов.

**Задачи исследования:**

создание полимерной матрицы на основе фурфурола и дифениламина, изучение оптимальных условий реакции поликонденсации;

введение функциональных фосфорнокислых групп в полученный полимер;

изучение комплексообразующих свойств полученного амфотерного ионита, определение обменной емкости с ионами металлов в статических и динамических условиях;

моделирование пространственного вида комплексов с помощью программы Avagadro и квантово-химический расчет электродонорных свойств;

разработка технологии амфотерного ионита и технико-экономическое обоснование;

определение возможности восстановления сорбционных свойств ионитов простыми и удобными методами в лабораторных условиях;

проведение опытно-промышленных исследований по обессоливанию воды ионитами в химической промышленности.

**Объектами исследования** являются амфотерный комплексообразующий ионит; поликонденсационный ионит на основе фурфурола и дифенилоксида; промышленный катионит КУ-2-8, полученный на основе стирола и дивинилбензола; оборотная и сточные воды химической промышленности.

**Предметом исследования** является методы получения амфотерного ионита, физико-химические и сорбционные свойства ионитов - механизмы ионообменных процессов с функциональными группами.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использовались современные физико-химические (потенциометрическое титрование, Фурье – ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия) и химические методы (комплексометрия и др.). Анализы методов моделирования ионного обмена (Avogadro) и математической обработки полученных данных проводили по программе Origin Lab Pro.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

полимерная матрица была создана добавлением 3-5% катализатора Люса к общей массе мономеров при температуре 100-110 °С в присутствии диметилформамидного растворителя в мольном соотношении фурфурола с дифениламином 1:1 и полностью исследованы условия реакции поликонденсации;

доказано, что образование амфотерного аминфосфорнокислого ионита осуществляется при соблюдении условий введения фосфорнокислых групп в полимерную матрицу фосфорилирующим агентом в присутствии катализатора при температуре 70 - 75 °С;

было установлено, что полученный амфотерный ионит сорбирует ионов металлов, таких как кальций и магний, в воде при этом опреснение воды в динамических условиях ионитом составляет 70-80%;

основанные на образовании необобщенных электронных пар в атоме кислорода в виде катионита, донорно-акцепторных связей с d- орбиталями ионов тяжелых металлов, таких как цинк, медь, никель, кобальт;

разработана технология получения амфотерного ионита поликонденсационного типа, использованная при извлечении цветных металлов в водоподготовке.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

определены оптимальные условия получения поликонденсационных ионитов;

разработаны условия применения ионитов полимеризационного и поликонденсационного типа;

разработана технология получения ионитов поликонденсационного типа.

**Достоверность результатов исследования** обосновывается использованием современных физико-химических методов, ИК-спектроскопия, газожидкостная хроматография, термоаналитический анализ, при статистической обработке экспериментальных данных использованием современных теорий кинетики и термодинамики процессов поликоденсации, внедрением ионообменников в производство.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования обосновывается установлением способа получения комплексобразующего ионита и изучением основных сорбционных характеристик при умягчении вод в химической промышленности.

Практическая значимость результатов исследования обосновывается определением оптимальных условий сорбционной очистки вод от ионов кальция, магния и меди селективными сульфат, фосфат и карбоксил содержащими ионитами поликонденсационного типа.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов получения поликонденсационных ионитов на основе фурфурола с различными функциональными группами и изучения их сорбционных свойств:

амфотерный аминосульфатный ионит, продукт поликонденсации фурфурола и дифениламина, внедрен в практику «Мубарекском ГПЗ» (справка № 04/06-880 акционерного общества «Maxsusenergogaz» от 10-июня 2021 года). В результате появилась возможность умягчения вод водохранилища Куйи-Мозор и в 2,3 - 2,4 раза увеличить эффективность очистки;

амфотерный аминосульфатный ионит, продукт поликонденсации фурфурола и дифениламина внедрен в практику «Мубарекском ГПЗ» (справка № 04/06-880 акционерного общества «Maxsusenergogaz» от 10-июня 2021 года). В результате появилось возможность полностью заменить импортируемый катионит КУ-2-8, используемый для извлечения ионов кальция, магния, железа и марганца из технологических вод.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 10 международных и 4 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По материалам диссертационной работы опубликованы 24 научные работы, в том числе в 7-х республиканских и 3-х международных журналах, рекомендованных высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, поданы 2 заявки на получение патента.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 101 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений.

### **ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и значимость диссертационной работы, сформулирована цель и поставлены задачи, охарактеризованы объект и предмет исследования, обозначено соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологии, обоснованы научная новизна и практические результаты исследования, подробно описаны научная и практическая значимость результатов исследования, внедрены результаты исследовательской работы, приведена информация о публикации результатов исследований и о структуре диссертационной работы.

**Первая глава** диссертации под названием «**Аналитический обзор современного состояния применения синтетических ионитов**» посвящена литературному обзору изучаемой проблемы. Приведен литературный обзор по синтезу и получению амфотерных комплексообразующих ионитов поликонденсационного и полимеризационного типа. Изучены аналитические характеристики известных марок ионитов. Приведены методы идентификации функциональных групп, физико-химические свойства синтезированных ионитов из отечественных и зарубежных источников. Исследованы основные технологические характеристики ионитов в процессе ионообмена, протекающего на внешней и внутренней поверхностях ионитов. Установлена технология применения ионитов, выгодная и эффективная в водоподготовке из-за простоты осуществления очистки, а также при восстановлении свойств доступными реагентами.

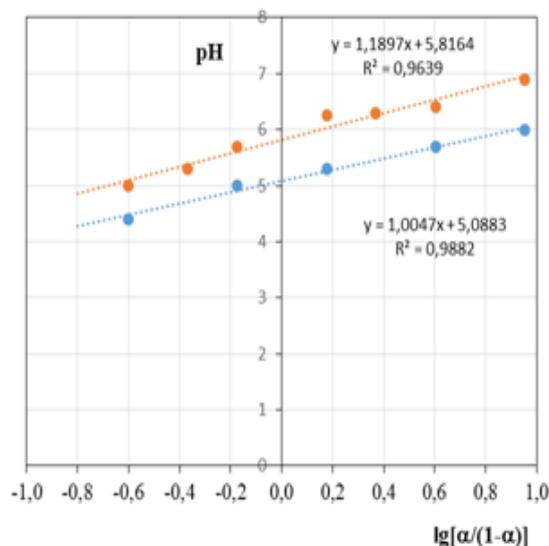
**Во второй главе** диссертации «**Объекты исследования, получение, физико-химические свойства и методы анализов**», описаны характеристики и анализ исходных веществ, методики синтеза полимерной матрицы комплексообразующего амфотерного ионита на основе фурфурола и дифениламина, методик процесса форфорилирования, а также методики исследования физико-химических свойств ионита. По литературными источниками известно, что сорбционную способность протонированных форм, как по анионным, так и по катионным группам амфотерных ионитов, принято характеризовать значениями кажущихся констант диссоциации ионогенных

групп ( $pK_{\alpha}$ ), обычно рассчитываемых из экспериментальных данных с использованием модифицированного уравнения Гендерсона-Гессельбаха:

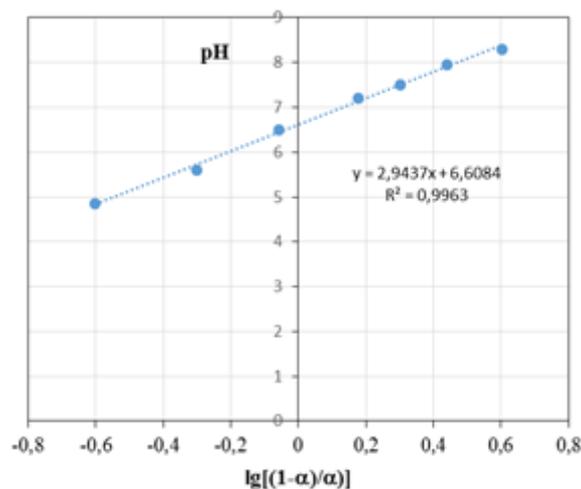
$$pH = pK_{\alpha i} \pm n \cdot \lg \frac{\alpha_i}{1 - \alpha_i}$$

где  $pK_{\alpha i}$  - кажущаяся константа диссоциации ионогенных групп  $i$ -той ступени;  $\alpha_i$  - степень оттитрованности (заполнения) ионогенных групп рассматриваемой ступени диссоциации при фиксируемом значении pH.

Синтезированный новый амфотерный ионит в своей структуре содержит двухосновные фосфорнокислые ( $PO(OH)_2$ ) или  $H_2PO_3$  и вторичные аминные группы (рис.1 и 2).



**Рис.1. Данные потенциометрического титрования, представленные в координатах Гендерсона-Гессельбаха по фосфорнокислым группам**

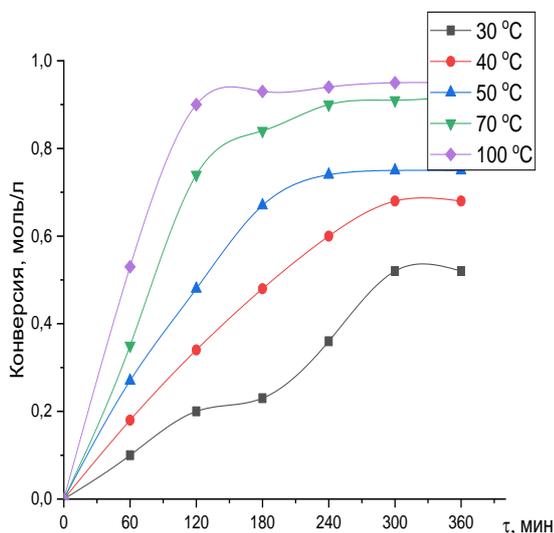


**Рис.2. Данные потенциометрического титрования, представленные в координатах Гендерсона-Гессельбаха по аминным группам**

Как показали расчеты, экспериментальные кривые с высокими коэффициентами корреляции линейризуются в координатах уравнения Гендерсона-Гессельбаха, в соответствии с которыми рассчитаны значения  $pK_{\alpha}$ . Установленное графическим методом значение  $pK_{\alpha}$  для вторичных аминных

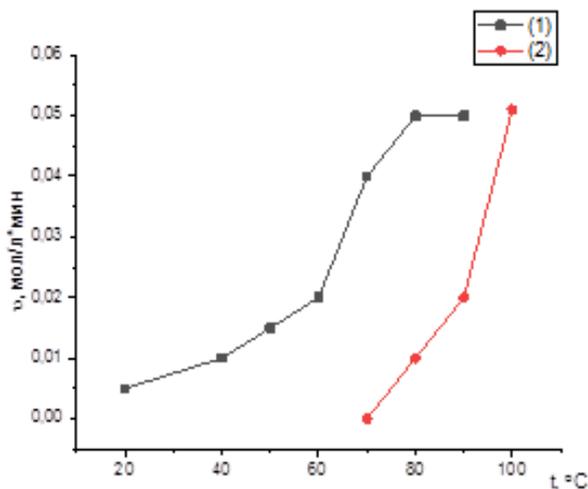
групп равно 6,61, а для фосфорнокислых групп I - II ступеней, соответственно, равны: 5,08 ( $pK_1$ ) и 5,82 ( $pK_2$ ).

В третьей главе диссертации под названием «Исследование термодинамических и сорбционных характеристик ионитов, используемых в водоподготовке» изложены результаты и обсуждены исследования по сорбции ионов кальция, магния, меди в статических и в динамических условиях.

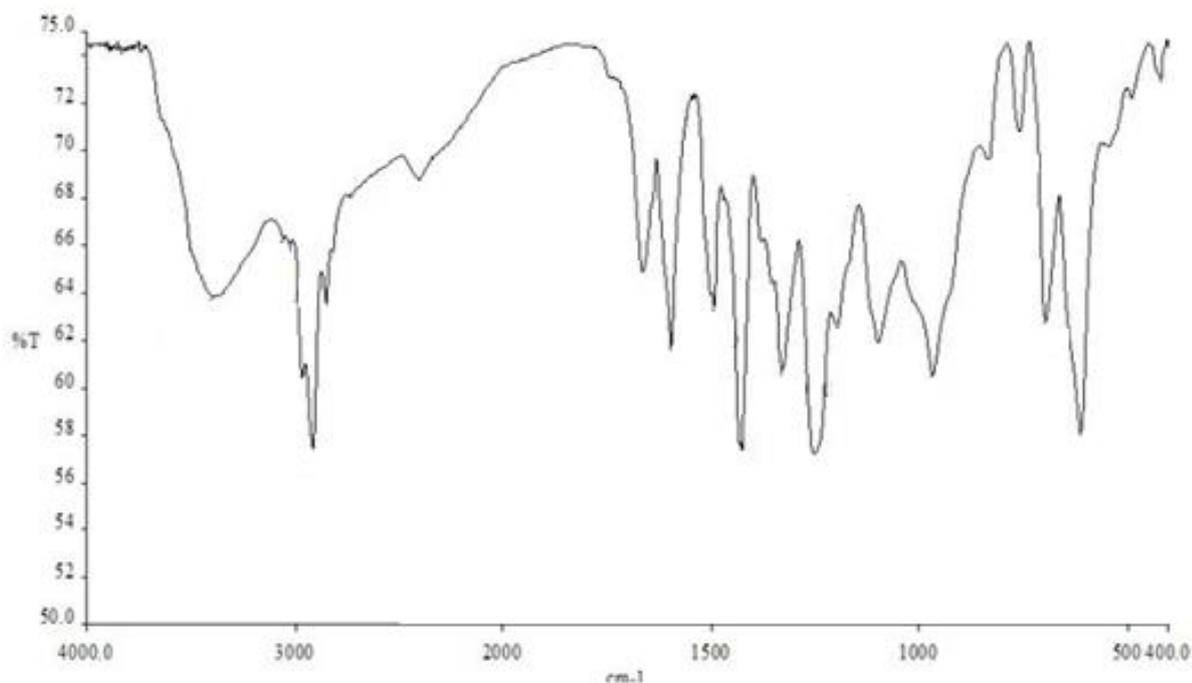


**Рис. 3. Конверсия фурфурола в единице времени при разных температурах, °C: 1 - 30; 2 - 40; 3 - 50; 4 - 70; 5 - 100**

Синтез поликонденсационного амфотерного ионита проведен на основе фурфурола и дифениламина в среде диметилформаида с применением катализатора Льюиса. Изучены оптимальные условия при получении полимерной матрицы. Результаты приведены на рис. 3 и 4.



**Рис.4. Влияние температуры на скорость реакции поликонденсации: 1-от 40 до 80 °C; 2-от 70 до 100 °C**



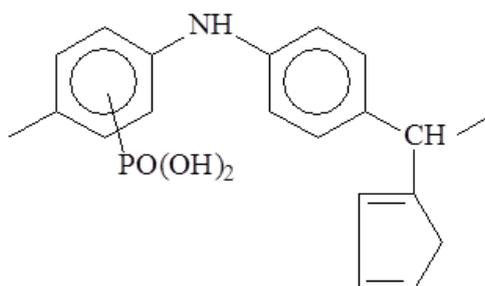
**Рис.5. ИК-спектроскопические результаты амфотерногоионита**

При низких температурах (30 - 50 °С) образования полимера не наблюдалось, а повышение температуры от 70 до 100 °С и выше показало, что отделение воды и реакция завершились в течение 3 - 5 часов. При этом конверсия фурфурола достигла 85 - 90 %. Однако скорость реакции при этих температурах составляла 0,05 моль/л·мин. В полученную полимерную матрицу были введены функциональные группы и проанализированы результаты ИК-спектроскопии ионита с аминофосфатными группами (рис.5).

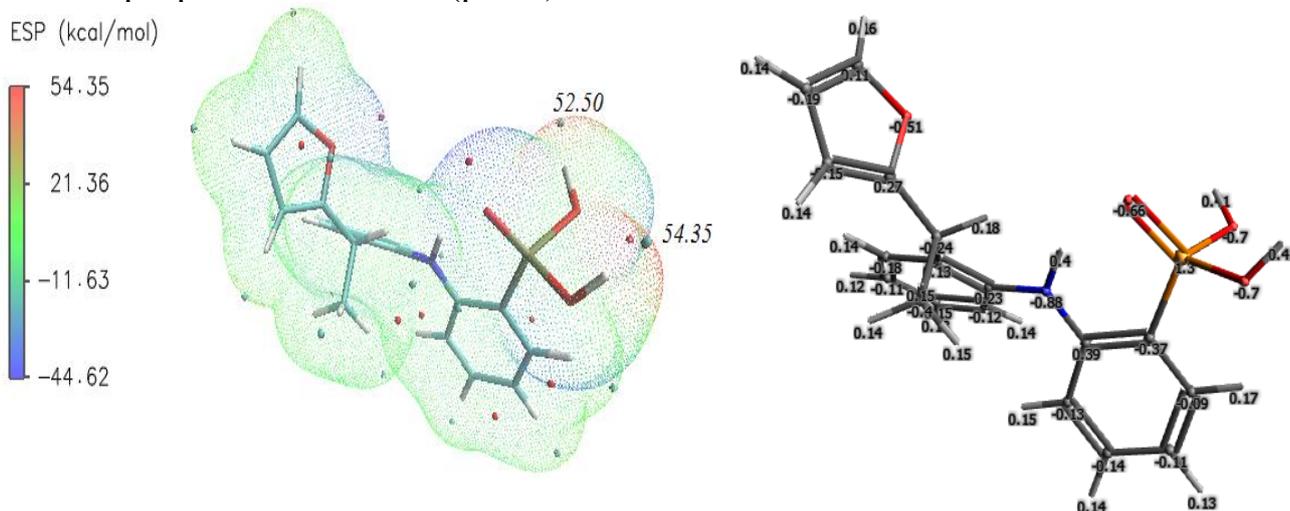
В ИК - спектре можно наблюдать наличие групп колебаний  $P(O)(OH)_2$  в области  $960-1080\text{ см}^{-1}$  и изменение связей в области  $1170\text{ см}^{-1}$  в фосфатных группах. Колебания деформации в области  $1560\text{ см}^{-1}$  соответствуют связям N - Н. Было исследовано, что широкий диапазон поглощения в области  $2800-2850\text{ см}^{-1}$  соответствует аминофосфатным группам.

Полученный амфотерный ионит содержит в составе 9,5% фосфора и 4,2% азота, показывает удовлетворительные результаты при получении его на основе фурфурола и дифениламина.

По результатам ИК-спектра и потенциометрического титрования построена схема примерного структурного звена синтезированного амфотерного иона:



Комплексообразование ионов металлов с амфотерными ионитами, содержащие фосфорнокислые группы и разработки их 3D структур, позволяет с высокой степенью вероятности прогнозировать физико-химические свойства ионообменных полимеров с заданными свойствами. Геометрию данного мономера полностью оптимизировали методом DFT/6-31G с использованием пакета программ ORCA 4.2. (рис.6).



**Рис. 6. Моделированный комплекс 3D меди в программе Avogadro: ионная связь фосфористых групп донорно-акцепторный связи с атомами кислорода присутствуют взаимодействию  $\pi$ -стэкинг между ароматическими кольцами**

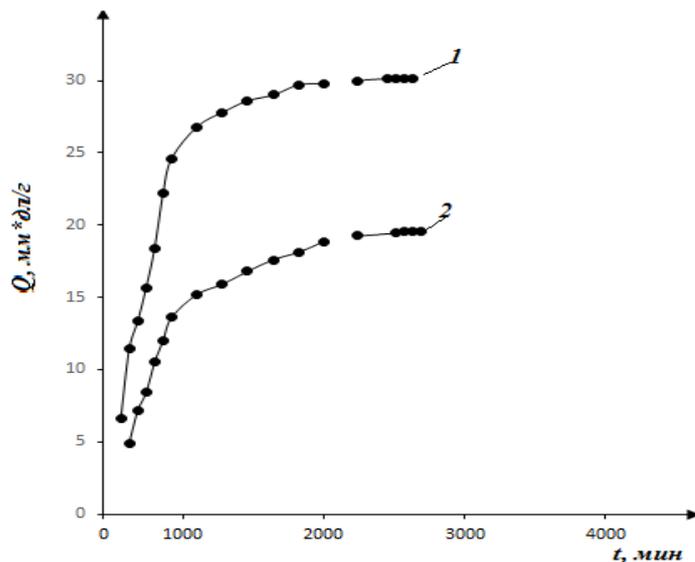
Известно, что максимумы уровня ESP указывают на электрононесущие, а минимумы - на электронодонорные центры. Было обнаружено, что оба центра в молекуле ионита расположены в функциональной группе  $-H_2PO_3$  в молекуле. Атомы Н в группе ОР являются наиболее подвижными электронно-центрированными центрами в молекуле. Минимальный уровень ESP локализован вокруг атома О в группе Р = О.

В то же время для установления оптимальных параметров сорбционного извлечения ионов металлов необходимо знание кинетических закономерностей и механизма процесса сорбции. Исследование кинетики сорбции представляет практический интерес, так как скорость сорбции, измеряемая в ходе эксперимента, играет главную роль при решении таких практических задач, как выбор условий проведения сорбции - типа сорбента, размера гранул сорбента, температурных условий и других параметров.

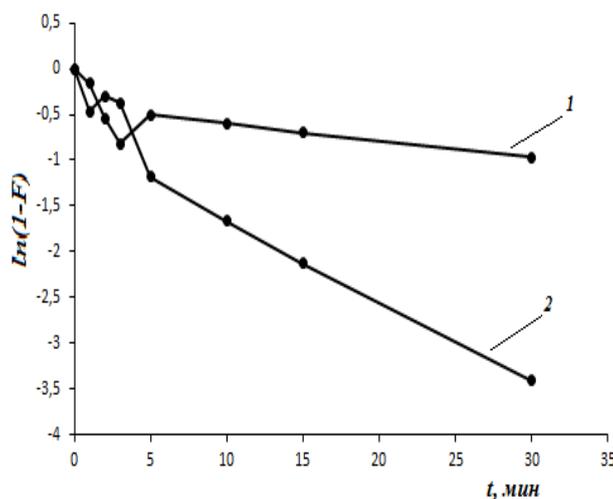
С целью выявления особенностей кинетики ионного обмена в работе было проведено сравнение сорбции ионов меди(II) из водных растворов двумя типами полимерных сульфокатионитов - промышленным сульфокатионитом на основе дивинилбензола и стирола (КУ-2-8) и сульфокатионитом, предварительно синтезированным реакцией поликонденсации дифенилоксида и фурфурола с последующим сульфированием (СКДФ).

На рис. 7 и 8 обозначены кинетические кривые, представляющие собой зависимости количества сорбированных ионов меди из раствора от времени. Полученные зависимости позволяют сделать вывод о том, что достижение

сорбционного равновесия на катионите СКДФ происходит в течение 30 мин, а на катионите КУ-2-8, соответственно, в течение 20 мин. Разница достижения равновесия между СКДФ и КУ-2-8 невелика, что говорит о возможности применения поликонденсационного катионита для извлечения ионов меди из растворов сточных вод.



**Рис.7. Кинетические кривые сорбции ионов меди(II) из водных растворов промышленным сульфокатионитом КУ-2-8 (кривая 1) и сульфокатионитом на основе сополимера дифенилоксида и фурфурола СКДФ (кривая 2)**



**Рис.8. Зависимость  $-\ln(1-F) = f(t)$  для сорбции ионов меди(II) сульфокатионитами КУ-2-8 (1) и СКДФ (2)**

Далее полученные кинетические кривые обрабатывали с использованием уравнения Бойда, Адамсона и Майерса, описывающего диффузию в ограниченном объеме раствора:

$$F = \frac{Q_t}{Q_\infty} = 1 - 6/\pi^2 \sum \frac{1}{n^2} \exp(-Bt \cdot n^2),$$

где  $F$  – степень обмена ионов;  $Q_t$  и  $Q_\infty$  – количество сорбированного иона к моменту времени  $t$  (время отбора пробы, с) и к моменту достижения равновесия, соответственно;  $Bt = (D\pi^2 t)/r^2$  – безразмерный параметр или

критерий гомохронности Фурье;  $D$  - коэффициент диффузии ( $\text{см}^2/\text{г}$ );  $r$  - радиус зерна ионита, см.

Величину  $F$  определяли экспериментально и строили график зависимости степени обмена ионов  $F$  от  $t$ . Далее, применяя таблицу зависимости  $F$  от  $Vt$ , находили величину  $Vt$  для соответствующих значений  $F$  и  $t$ , а затем вычисляли коэффициент диффузии согласно методу, приведенному в литературе. Зависимости обработанных кинетических данных второго порядка в линеаризованных координатах по уравнению  $1/C = kt + 1/C_0$ , показывали высокое значение детерминации  $R^2 = 0,9628$ .

Таким образом, результаты исследования кинетики сорбции ионов меди(II) из водных растворов сульфокатионитами двух типов в статических условиях, а также проведенная математическая обработка кинетических кривых позволили установить, что механизм сорбции носит смешанный характер и определяется суммарным эффектом диффузии и химической реакцией.

В четвёртой главе диссертации "Применение полученных ионитов в производственных условиях" посвящена применению ионитов и определению их регенерирующих способностей. В настоящее время установка и эксплуатация водоочистных сооружений - это быстро развивающаяся сфера. Любой прогресс в этой области повысит качество очищенной воды, снизив при этом эксплуатационные расходы и стандартные платежи за очистку воды.

Таблица 1

**Полный химический анализ оборотной воды Мубарекского газоперерабатывающего завода**

Катионы	Содержание			Жёсткость	
	мл/л	мг-экв/л	%-экв/л	мг-экв/л	
Na <sup>+</sup>	137	5,99	40	Общая	9,00
K <sup>+</sup>	5	0,13	1	Карбонатная	2,40
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	---	---	---	Некарбонатная	6,60
Ca <sup>2+</sup>	112	5,60	37	pH	7,80
Mg <sup>2+</sup>	41	3,40	22	CO <sub>2</sub> своб.мг/л	11
Fe <sup>3+</sup>	0,3	0,02	---	CO <sub>2</sub> агр мг/л	4
Fe <sup>2+</sup>	0,2	0,01	---	Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л	1,45
<b>Итого:</b>		<b>15,15</b>	<b>100%</b>	SiO <sub>2</sub> мг/л	14
Анионы	Содержание			K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> мг/л	18
	мг-экв/л	мг-экв/л	мг-экв/л	H <sub>2</sub> S мг/л	---
Cl <sup>-</sup>	177	5,00	33	Сухой остаток	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	368	7,66	50	Эксперим. Мг/л	980
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,3	0,01	---	Вычислен. Мг/л	933
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	5	0,08	1	Физические свойства:	
CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	---	---	---	Прозрачность	Прозр.
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	146	2,40	16	Вкус	Пресный
<b>Итого:</b>		<b>15,15</b>	<b>100%</b>	Цвет	Без цвета
Формула солевого состава воды				Запах	Без запаха
$0,9 \frac{SO_4^{50}Cl^{33}HCO_3^{16}}{(Na+K)^{41}Ca^{37}Mg^{22}}$				Осадок	Незначит. осадок
				Na <sup>+</sup> на пламен. фотометре мг/л	132

На данном предприятии целесообразно поэтапное научное обоснование умягчения воды методом ионного обмена, поиска качества воды. Был изучен полный химический состав оборотной воды, используемой на Мубарекском газоперерабатывающем заводе (табл.1).

Сегодня промышленный катионит КУ-2-8 широко используется в водоподготовке завода. Катионит КУ-2-8 полимеризационного типа и катионит СКДФ поликонденсационного типа испытаны в процессе деминерализации оборотной воды в ряду амфотерного ионита АДФ.

Видно, что общая жесткость воды на предприятии находилась в диапазоне 3,80-7,80 рН при экспериментальном определении из расчета 9-13 мг-экв/л. Это определяет проблему жесткости воды в присутствии кислотных остатков с ионами кальция и магния, в то время как присутствие растворенных в воде ионов металлов, таких как медь, железо, марганец, указывает на необходимость использования селективных ионитов. Для снижения общей жесткости воды на заводе были испытаны ионообменные фильтры N- и Na-формы, результаты которых представлены в табл.2.

**Таблица 2**

**Сорбционные свойства ионитов, используемых в процессе умягчения оборотной воды**

<b>Параметры</b>	<b>КУ-2-8</b>	<b>СКДФ</b>	<b>АДФ</b>
Количество обработанной воды, м <sup>3</sup>	1000	1000	1000
Жесткость воды на входе, мг·экв/дм <sup>3</sup>	6,8	6,8	6,8
Жесткость воды при выходе, мг·экв/дм <sup>3</sup>	0,5 – 2,5	0,5 – 2,5	0,5 – 1,0
Количество фильтроцикла	35,0 – 23,9	15,2 – 10,0	15,0 – 9,5
Объем 3 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> раствора для регенерации насыщенного катионита, м <sup>3</sup>	1,81 – 2,65	0,61 – 0,93	0,62 – 0,92

На основании данных табл.2, Мубарекский ГПЗ достиг нормативов допустимых концентраций при использовании ионитов, испытанных в процессе очистки и умягчения воды в циркуляционном цикле, получены положительные заключения специалистов предприятия.

Целесообразность использования ионитов в промышленности определяется не только их работоспособностью обмена, но и способностью к регенерации. Разработанная технология регенерации с промышленным катионитом (КУ-2-8), поликонденсационным катионитом (СКДФ) и амфотерным (АДФ) привела к хорошим результатам. Химический анализ показывает, что ионы кальция, магния, железа, марганца и других металлов хорошо сорбируются ионитами. Разработан простой и удобный метод регенерации насыщенных ионитов. Полученные результаты представлены в табл.3.

Как видно из табл.3, для регенерации растворов с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> достаточно 10% ионитов, а для растворов с кислотами HNO<sub>3</sub> и HCl - 20% ионитов. Но при регенерации поваренной солью регенерируются только лишь ионы кальция и магния, а ионы железа и марганца не регенерируются.

Таблица 3

## Результаты регенерации ионитов

Наименование регенерирующего раствора	Концентрация и объем регенерирующего раствора:		Наименование катионов и содержание его в катионите, мг/г				Воспроизводительность регенерации, %
	%	мл	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	1	2,0	0,1	17,0	2,0	2,0-5,0
	10	1	4,0	0,22	34,0	4,0	
	20	1	4,0	0,22	34,0	4,0	
HNO <sub>3</sub>	5	1	1,5	0,05	9,0	1,0	
	10	1	3,0	0,1	17,0	2,0	
	20	1	4,0	0,2	34,0	4,0	
HCl	5	1	1,5	0,05	8,0	0,8	
	10	1	1,8	0,1	16,0	1,8	
	20	1	3,2	0,2	28,0	3,0	
NaCl	5	10	-	-	34,0	4,0	
	10	10	-	-	17,8	2,0	
	15	10	-	-	34,0	4,0	
	20	10	-	-	34,0	4,0	

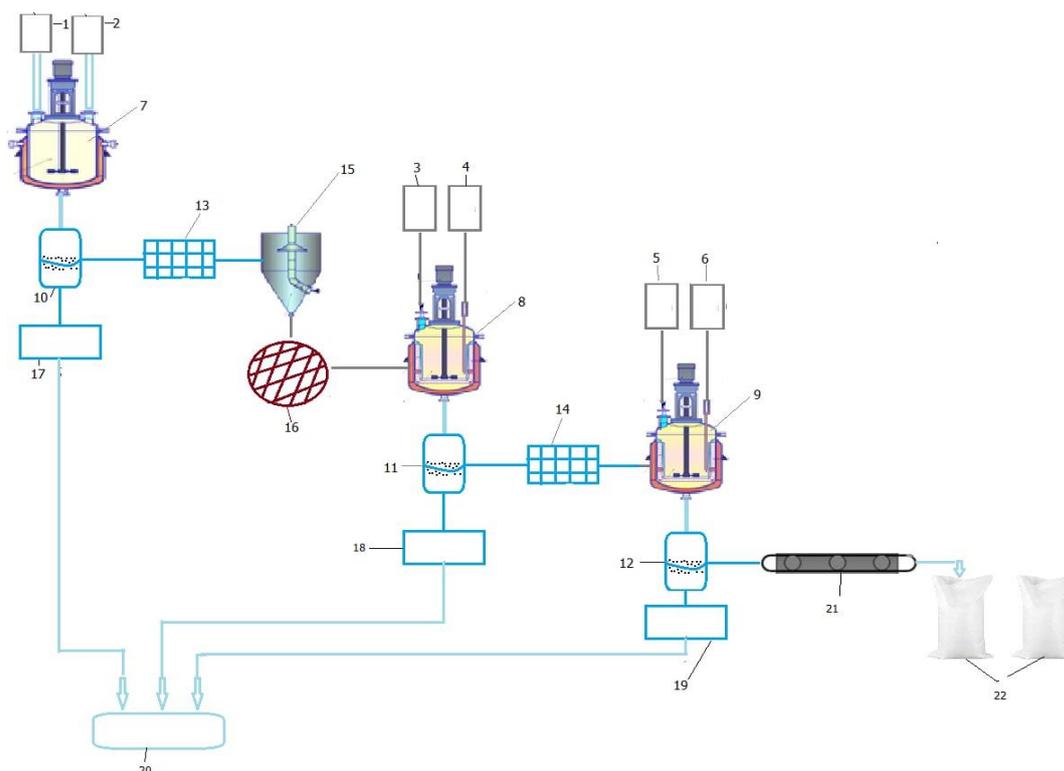


Рис.6. Разработанная технологическая схема получения амфотерного ионита: 1,2,3,4,5,6-дозаторы с тензодатчиками; 7,8,9-реакторы; 10,11,12-фильтр со сложным дном; 13,14-сушилка; 15-дробилка; 16-сито; 17,18,19-промывные воды; 20-отстойник; 21-элеватор; 22-готовый продукт

Для регенерации ионы из АДФ использовали динатриевую соль этилендиаминтетрауксиновой кислоты.

Разработана принципиальная технологическая схема синтеза амфотерного ионита АДФ (рис.6). В технологической схеме определенное количество реагентов отмеряется с помощью дозаторов (1,2,3,4,5,6) и расходуется на процесс. Синтез полимера осуществляется в реакторе (7). Затем его промывают для удаления непрореагировавших веществ и низкомолекулярных соединений и отделения катализатора. Затем он проходит через фильтры со сложным дном(10,11,12). Промытая вода, отделенная от фильтров (17,18,19), подается в осветлитель (20), а полимер передается в дробилку (15) для измельчения после процесса сушки (13,14). Фрагменты полимера толщиной 0,1 мм пропускают через сито (16) и отправляют в реактор (8). После процесса фосфорилирования процесс продолжается через реактор (9) для окисления. Промытые и очищенные иониты отправляются на упаковку по элеватору (21). Готовый продукт (22) упаковывается с влажностью 18%.

Таким образом, экономическая эффективность АДФ ионита, полученного по разработанной технологии, по сравнению с другими импортными ионитами составила 3397716 сумов.

## ВЫВОДЫ

1. Полимерную матрицу создавали добавлением 3-5% катализатора Люиса к общей массе мономеров при температуре 100 – 110 °С в среде диметилформамида в мольном соотношении фурфурола к дифениламину 1:1, соответственно, детально исследовали механизм реакции поликонденсации.

2. При выполнении условий введения фосфатных групп в полимерную матрицу фосфорилирующим агентом в присутствии катализатора при температуре 70 - 75 °С образовывался аминфосфорный амфотерный ионит.

3. Функциональные группы полученного амфотерного иона изучены на основе элементного анализа, ИК-спектроскопии и потенциометрического титрования.

4. В то время, как полученный амфотерный ионит действует как катионит при сорбции ионов металлов, таких как кальций и магний в воде, ионы других тяжелых металлов образуют донорно-акцепторные связи из-за неспаренных пар электронов в атоме кислорода фосфорнокислых групп из-за свободных орбиталей d-электронов с цинком, медью, никелем, кобальтом.

5. Показатели обессоливания составляли 70 - 80 % а сорбции ионов меди в 0,1 н растворах составили 5,6 - 6,2 мг·экв/л. Пространственный вид комплексов моделировали с помощью программы Avagadro, а электронно-донорные свойства рассчитывали квантово-химическим методом.

6. Разработан технологический регламент производства амфотерного ионита. Расчеты по материальному балансу составляют 49 302 284,2 сум на 1000 кг ионита, полученного с влажностью 18%. Доказано, что он в 1,5-2 раза экономичнее импортных амфотерных ионообменников.

7. На основе анализа процесса очистки воды разработана и внедрена технология создания амфотерного ионита поликонденсируемого типа для использования в условиях водоочистного отделения Мубарекского газоперерабатывающего завода.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON THE CONFERMENT OF SCIENTIFIC  
DEGREES DSc.03/30.12.2019.T.04.01**

---

**TASHKENT STATE TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER  
ISLAM KARIMOV  
KARSHI STATE UNIVERSITY**

**NAZIROV ZULKAYNAR SHAROPOVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING AND  
APPLICATION OF IONITES IN WATER TREATMENT IN THE  
CHEMICAL INDUSTRY**

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

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

**Tashkent - 2021**

**The theme of dissertation doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic Uzbekistan under B2021.1.PhD/T2056**

The dissertation has been out at Tashkent chemical-technological Institute.

The abstract of dissertation abstract is posted in three languages (uzbek, russian, English (resume)) on the scientific council website (www.tkti.uz.) and on the of the website of «Ziyonet» information and educational portal (www.ziyonet.uz).

**Scientific supervisor:** Doctor of Technical Sciences, Professor  
**TurabdjanoV Sadritdin Mahamaddinovich**

**Official opponents:** Doctor of Chemical Sciences, docent  
**Adilov Ravshan Erkinovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor  
**Fayzullaev Normurot Ibodullayevich**

**Leading organization:** **Institute of general and inorganic chemistry**

The defense of the dissertation will take place « 2 » 12 2021 at 11<sup>00</sup> the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at the Tashkent chemical-technological institute. (Address:100011, Tashkent, Shaykhontohur region, A.Navoi St., 32. phone.: (99871 244-79-21, fax: +99871 244-79-17, e-mail: tkti\_info@edu.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information resourcecenter of the Tashkent Chemical-Technological Institute № 24, which is available in the IRC (100011, Tashkent, Shaykhontohur district, A.Navoi St. 32, phone.: (99871 244-79-21).

The dissertation author's abstract was sent out on « 13 » 11 2021.  
(mailing protocol № 18 of « 13 » 11 2021.



**S.M.TurabdjanoV**  
Chairman of the scientific council for  
awarding the scientific degree,  
doctor of technical sciences, professor

**Kh.I.Kodirov**  
Scientific Secretary of the scientific Council for  
awarding the scientific degrees  
Doctor of Chemical Sciences, docent

**G.Rakhmonberdiev**  
Chairman of the academic seminar under scientific  
council for awarding the scientific degree,  
doctor of chemical sciences, professor

## **INTRODUCTION (the dissertation abstracts of (PhD) Doctor of Philosophy)**

**The aim of the research work** is to develop a technology for the production and use of ion exchangers in water treatment based on chemical analyzes under the conditions of the Mubarek gas processing factory.

### **The scientific novelty of the research work:**

the polymer matrix was created by adding 3 - 5 % Luce's catalyst to the total mass of monomers at a temperature of 100 - 110 °C in the presence of a dimethylformamide solvent in a molar use of furfural with diphenylamine 1 : 1, and the conditions of the polycondensation reaction were fully investigated;

it has been proved that the amphoteric aminophosphoric acid ion exchanger is carried out under the conditions for the introduction of phosphoric acid groups into the polymer matrix, a phosphorylating agent in the presence of a catalyst at a temperature of 70-75 °C;

the resulting amphoteric ion exchanger is used as a cation exchanger for the sorption of metal ions, such as calcium and magnesium, in water, while ions of other heavy metals formed donor-acceptor bonds due to unpaired electron pairs in the oxygen atom of phosphoric acid groups due to free orbitals d-electrons with zinc, copper, nickel and cobalt;

desalting indices were 70-80% under dynamic conditions, with sorption of copper ions in 0.1 N solutions were 5.6-6.2 mg-eq/l.

a technology for obtaining an amphoteric ion exchanger of polycondensation type has been developed on the basis of an analysis of the water purification process under the conditions of the Mubarek gas processing factory.

### **Implementation of the research results.**

Based on the results of obtaining polycondensation ion exchangers based on furfural with various functional groups and studying their sorption properties:

amphoteric aminosulfate ion exchanger, a product of polycondensation of furfural and diphenylamine, was introduced by «Muborak GIZ» (reference № 04 / 06-880 of the «Maxsusenergogaz» Joint Stock Company dated June 10, 2021). As a result, it became possible to purify the waters of the Kuyi-Mozor reservoir and increase the purification efficiency by 2.3 - 2.4 times;

amphoteric aminosulfate ion exchanger, a product of polycondensation of furfural and diphenylamine, was introduced by «Muborak GIZ » (reference № 04 / 06-880 of the «Maxsusenergogaz» Joint Stock Company dated June 10, 2021). As a result, it became possible to completely replace the imported cation exchanger KU-2-8 used to extract calcium, magnesium, iron and manganese ions from technological ones.

**Structure and scope of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices, and is presented in 101 pages of computer text.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLICATIONS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш. Безотходный способ утилизации осадка технологических сточных вод кокономотального производства // Химия и химическая технология. -Ташкент, 2017.-№4.-С.62-65.(02.00.00; №3)
2. Турабжанов С.М., Понамарева Т.В., Юсупова Д.А., Назиров З.Ш., Рахимова Л.С. Исследование сорбции ионов меди из сточных вод фосфорнокислым катионитом // Российская академия наук. Электронный журнал. Химическая безопасность.-2018.-№2.-С.173-182. DOI:10.25514/CHS.2018.2.14115.http:chemsafety.ru.
3. Nazirov Z.Sh., Ibragimov J.A., Turabdzhanov S.M., Khashimova M.A., Rakhimova L.S. Purification of polluted water at the Mubarek Gaz Processing Plant LTD using by ion exchangers // Technical science and innovation.- Tashkent, 2020. №3.-P.32-36.(www.uzjournals.edu.uz).
4. Nazirov Z.Sh., Turabdzhanov S.M., Kedelbaev B.Sh., Drabkova T.V., Eshimbetov A.G., Rakhimova L.S. Kinetics and mechanism of sorption of copper (II) ions by ion exchanger. // Series chemistry and technology. News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. -Kazakhstan, 2020. - №6(444).- P.6-13. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.92>.
5. Назиров З.Ш., Турабджанов С.М., Рахматов Н.У., Понамарёва Т.В., Рахимова Л.С. Эффективность применения полученного катионита в процессе деминерализации вод // Узбекский научно-технический производственный журнал. Композиционные материалы. -Ташкент, 2020.-№3.-С.334-337. (02.00.00; №4)
6. Хуррамова Д.М., Хуррамов М.Г., Вардияшвили А.А., Шайназаров Р.М., Назиров З.Ш., Хуррамова С.М. Энергосберегающей способ выделения взвешенных веществ из технологических стоков красильно-отделочного производства. // Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали.- Фарғона,2020.- №2.-С.108-112. (05.00.00; №20)
7. Хуррамов М.Г., Шайназаров Р.М., Хуррамова Д.М., Назиров З.Ш., Хуррамова С.М. Бўёқ-пардозлаш цехларидан чиқаётган технологик оқова сувни дастлабки тозалашнинг иқтисодий тежамли усули. // O'zbekiston Kompozitsion Materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali.-Тошкент, 2020.-№4.-Б.165-168. (02.00.00; №4)
8. Хуррамова Д.М., Хуррамов М.Г., Вардияшвилли А.А., Шайназаров Р.М., Назиров З.Ш., Хуррамова С.М. Полуводные высшие водные растения в доочистке недостаточно очищенных стоков текстильного производства //Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали.-Фарғона,2021.- №2.-С.96-100.(05.00.00; №20)

9. Назиров З.Ш. Исследование возможности регенерации катионита КУ-2-8 // UNIVERSUM: ХИМИЯ И БИОЛОГИЯ.-Москва, 2021.-№7(85) –С.69-72. (02.00.00; №2)

## II бўлим (Ичасть; II part)

1. Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш., Хуррамова Д.М., Тавашов Ш.Х. Ўзбекистон шароитида металлургия саноат корхоналари оқова сувларини иккиламчи тозалаш усули // “Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития”: Материалы международной научно-технической конференции, 12-14 май 2010.-Навои: НГУ 2010.-Б.272-273.

2. Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш. Ўзбекистон шароитида кимё саноати корхоналари оқова сувларини иккиламчи тозалаш технологияси // “Умидли кимёгарлар -2010” Тошкент КТИни ёш олимлари: докторант, аспирант, илмий ходим, магистратура ва бакалаврият талабаларини 19-илмий –техникавий анжуманини мақолалар тўплами, 1-том.-Тошкент: КТИ 2010.-Б. 217-218.

3. Хуррамов М.Г., Хуррамова Д.М., Назиров З.Ш. Маҳаллий хом-ашёлар ёрдамида нефт-газ саноати корхоналарини кислотали оқова сувларини тозалашни иктисодий тежамли усули // Актуальные проблемы очистки нефти и газа от примесей различными физико-химическими методами. Республиканская научно-практическая конференция.-Қарши: ҚМИИ 2011.-Б.135-137.

4. Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш., Шайназаров Р.М. Утилизация осадков промышленных сточных вод // Актуальные проблемы оптимизации и автоматизации технологических процессов и производств. Труды Международной научно-технической конференции, 17-18 ноября 2017.-Қарши: КГУ 2017.-С.269-272.

5. Назиров З.Ш., Шайназаров Р.М. Управление качеством очищенных сточных вод // Актуальные проблемы оптимизации и автоматизации технологических процессов и производств. Труды Международной научно-технической конференции, 17-18 ноября 2017.-Қарши: КГУ 2017.-С.227-232.

6. Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш. Безотходный способ утилизации осадков промышленных сточных вод // Қар ДУ хабарлари. Илмий-назарий, услубий журнал, №2, 2017.-С.36-39.

7. Turabdzhanov S., Nazirov Z., Turaeva D., Rakhimova L. Perspective Wastewater Treatment from  $\text{Cu}^{2+}$  Ions in the Mining Industry // IVth International Innovative Mining Symposium. E3S Web of Conferences 105,02025 (2019). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502025>.-P.2-6.

8. Назиров З.Ш., Тураева Д.А., Рахимова Л.С. Исследование сорбции ионов меди из сточных вод фосфорнокислым катионитом // Биоорганик кимё фани муаммолари IX республика ёш кимёгарлар конференцияси материаллари IV том, 26-27 апрель 2019.-Наманган: 2019.-С.3-4.

9. Turabdzhanov S., Yusupova D., Nazirov Z., Turaeva D., Rakhimova L. Investigation of the structure of obtained ion exchange polymer // Ресурсо- и

энергосберегающие экологически безвредные композиционные и нанокоспозиционные материалы. Материалы республиканской научно-технической конференции, 25-26 апрель 2019.-Ташкент: 2019.-Р.372-373.

10. Turabdzhanov S., Nazirov Z., Abdurakhmonov H., Rakhimova L. Removing of the copper (II) ions from wastewater // International conference on integrated innovative development of Zarafshan region: Achievements, challenges and prospects, 27-28 november 2019.-Navoi: 2019.-Р.343-347.

11. Турабджанов С.М., Понамарева Т.В., Назиров З.Ш., Тураева Д.Ш., Рахимова Л.С. Изучение сорбции ионов тяжелых металлов полученным катионитом // Международная научно-техническая конференция молодых ученых “Инновационные материалы и технологии-2020”, 09-10 январь 2020.-Минск: 2020.-С.536-538.

12. Назиров З.Ш., Турабджанов С.М., Понамарева Т.В., Рахимова Л.С. Исследование сорбционных свойств катионита // Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды: Сборник материалов VIII Всероссийской конференции, 16-17 апрель 2020.-Чебоксары: 2020.-С.64.

13. Turabdzhanov S., Nazirov Z., Turaeva D., Aripov A., Ponomayova T., Rakhimova L. Recovery of copper (II) by the obtaining cation-exchanger // XXIII Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием), 21-23 апрель 2020.-Нижний Новгород: 2020.-Р.304.

14. Назиров З.Ш. Очистка загрязненных вод на предприятии ООО «Мубарекский» ГПЗ с использованием ионообменных полимеров // “Инновацион техника ва технологияларнинг атроф муҳит муҳофазаси соҳасидаги муаммолар ва истиқболлари” мавзусидаги халқаро илмий-техник анжуман.-Тошкент: 2020.-С.66-67.

15. Эшимбетов А.Г., Ашуров Ж.М., Назиров З.Ш., Рахимова Л.С., Турабджанов С.М. Фурфурол ва дифенилоксид асосида олинган катионитга  $\text{Ca}^{2+}$  ва  $\text{Mg}^{2+}$  катионларининг боғланишини DTF усулида назарий ўрганиш // Замонавий органик кийинг долзарб муаммолари. Республика илмий-амалий анжуман материаллари, 1 май 2021.-Қарши: ҚДУ 2021.-Б.57-59.

Автореферат «Кимё ва кимё технологияси» журнали таҳририятида  
таҳрир қилинди.

Бичими: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» гарнитураси.  
Рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табоғи: 2.75. Адади 100. Буюртма № 63/21.

Гувоҳнома № 851684  
«Тірографф» МЧЖ босмаҳонасида чоп этилган.  
Босмаҳона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.

