

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

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

АБДУТАЛИПОВА НЕЛЛЯ МУДАРИСОВНА

**АМИНОСУЛЬФАТ, АМИНОФОСФОР ВА АМИНОКАРБОКСИЛ
ГУРУҲЛАР САҚЛОВЧИ ПОЛИКОНДЕНСАЦИОН ТУРДАГИ
АМФОЛИТЛАРНИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ, ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ЯРАТИШ ВА УЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ**

02.00.14 - Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Фан доктори (DSc) диссертацияси автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)
Contents of dissertation abstract of doctor of science (DSc)

Абдудалипова Нелля Мударисовна

Аминосулфат, аминофосфор ва аминокарбоксил гуруҳлар сақловчи
поликонденсацион турдаги амфолитларни синтез қилиш, олиш
технологиясини яратиш ва уларнинг хоссалари..... 3

Абдудалипова Нелля Мударисовна

Синтез и разработка технологии получения амфолитов поликонденсационного
типа с аминосульфатными, аминофосфорными и аминотетракарбоксильными
группами и их свойства 27

Abdudalipova Nellya Mudarisovna

Synthesis and development of polycondensation type ampholytes with
aminosulphate, aminophosphoric and aminocarboxylic groups production
technology and their properties 51

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 55

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

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

АБДУТАЛИПОВА НЕЛЛЯ МУДАРИСОВНА

**АМИНОСУЛЬФАТ, АМИНОФОСФОР ВА АМИНОКАРБОКСИЛ
ГУРУҲЛАР САҚЛОВЧИ ПОЛИКОНДЕНСАЦИОН ТУРДАГИ
АМФОЛИТЛАРНИ СИНТЕЗ ҚИЛИШ, ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИНИ
ЯРАТИШ ВА УЛАРНИНГ ХОССАЛАРИ**

02.00.14 - Органик моддалар ва улар асосидаги материаллар технологияси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2021

Техника фанлари доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси қошидаги Олий аттестацион комиссияда B2021.4.DSc/T117 рақам билан рўйхатга олинган

Диссертация Тошкент кимё-технология институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме) Илмий Кенгаш веб-саҳифаси (ik-kimyo.nuu.uz) ҳамда «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:

Туробжонов Садриддин Махаммадинович
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Адилов Равшан Иркинович
техника фанлари доктори, профессор

Акбаров Хамдам Икрамович
кимё фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Каримов Масъуд Убайдулла ўғли
техника фанлари доктори, профессор
А. Султанов номидаги кимё ва фармацевтика
илмий-тадқиқот институти

Диссертация химояси Тошкент кимё-технология институти ҳузуридаги DSc.03/30.12.2019.T.04.01 рақамли Илмий Кенгашнинг «22» декабрь 2021 йил соат 9⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўчаси, 32-уй. Тел: (+99871) 244-79-20, факс: (+99871) 244-79-17, e-mail:tkti_info@edu.uz). Тошкент кимё-технология институти Маъмурий биноси, 2-қават, анжуманлар зали).

Диссертация билан Тошкент кимё-технология институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (121 рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100011, Тошкент ш., Шайхонтохур тумани, А.Навоий кўч., 32. Тел: (99871) 244-79-20).

Диссертация автореферати 2021 йил «07» декабрь куни таркатилди.
(2021 йил «07» декабрь даги №29 рақамли реестр баённомаси)



С.М. Туробжонов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д.,
профессор

Х.И. Қодиров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш котиби, т.ф.д.,
профессор

Ғ.Р. Раҳмондєрдиев

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий
семинар раиси, к.ф.д.,
профессор

КИРИШ (фан доктори (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Бугунги кунда хусусиятлари аввалдан белгиланган комплекс хоссаларга эга юқори молекулали бирикмалар, жумладан синтетик ион алмашинувчи полимерлардан қимматбаҳо моддаларни тозалаш, ажратиш жараёнларида ва бошқа турдош тармоқларда фойдаланиш йилдан йилга ошмоқда. Шу билан бирга юқори молекуляр бирикмаларнинг кимёвий тузилиши ва хоссалари орасидаги боғлиқликни тадқиқ қилиш, ионитлар ёрдамида сувни юмшатиш ва тузсизлантириш, саноат оқова сувларидан ва ишлаб чиқариш эритмаларидан қимматбаҳо ва токсик компонентларни ажратиш, биологик объектлар, озиқ-овқат ва дармон-дори препаратларини тақсимлаш, нодир ер элементлари ва изотопларни саралаш жараёнларини такомиллаштириш муҳим аҳамият эга ҳисобланади.

Дунёда синтетик ион алмашинувчи полимерлар ёрдамида атроф-муҳитнинг ифлосланишини олдини олиш, ифлосланган табиий манбаларни бартараф этиш, оқова сувларни юмшатиш ва тузсизлантириш ҳамда бошқа турдош тармоқларни ривожлантириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, ионоген гуруҳларни киритиш учун матрица каркасли янги сополимерларни синтез қилиш, комплекс ҳосил қилувчи, селектив хусусиятларига эга ионитлар олиш, ион алмашинувчи полимерларнинг сорбцион хоссаларини шакллантириш ва ишлаб чиқариш технологияларини модификациялашга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда сўнги йилларда кимё саноати корхоналарида хомашёни қайта ишлашнинг энергия ва ресурстежамкор технологияларини жорий этиш, халқаро стандарт талаблари асосида маҳсулот ишлаб чиқариш ҳажмини ошириш ва асортиментини кенгайтириш, синтетик ион алмашинувчи полимерлар ишлаб чиқаришда муҳим илмий натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегиясида «юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш»¹ га қаратилган муҳим вазифалар белгилаб берилган. Бу борада саноатнинг иккиламчи маҳсулотлари фурфурол ва акрилонитрил ишлаб чиқаришнинг куб қолдиқлари асосида поликонденсацион турдаги импорт ўрнини босувчи янги амфолитлар синтезлаш йўналишида илмий-тадқиқотлар олиб бориш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги 2017 йилнинг 7 февридаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги, 2017 йил 29 августдаги ПҚ-3246-сон «Кимё саноати ташкилотлари экспорт-импорт фаолиятини такомиллаштириш бўйича чор-тадбирлар тўғрисида»ги ва 2016 йил 15 июндаги ПҚ-2547-сон

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси» номли ПФ-4947-сон фармони.

«2016-2020 йилларда минерал хомашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида экспортга мўлжалланган тайёр кимёвий маҳсулотларни ишлаб чиқаришни кўпайтириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги фармон ва қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устивор йўналишларига боғлиқлиги. Мазкур тадқиқот Республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII. «Кимёвий технология ва нанотехнология» устивор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи². Ион алмашинувчи полимерлари ишлаб чиқариш технологияларини яратиш ва ионитлар ёрдамида сувни юмшатиш ва тузсизлантириш, саноат оқова сувларидан ва ишлаб чиқариш эритмаларидан қимматбаҳо ва токсик компонентларни ажратиш жараёнларини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий ўқув юртларида, жумладан: University of Delhi (Хиндистон), University of Loughborough (Буюк Британия), The University of California (АҚШ), Ege University (Туркия), Maria Curie-Sklodowska University (Польша), University of Kitakyushu (Япония), Беларусия фанлар Академиясининг физик-органик кимё институти (Беларусь) University of Melbourne (Австралия), Пластик массалар илмий-тадқиқот институти (Россия), А.Б. Бектуров номидаги кимё фанлари институти (Қозоғистон) ва Ўзбекистон Миллий Университети (Ўзбекистон) да олиб борилмоқда.

Хусусиятлари аввалдан белгиланган комплекс хоссаларга эга юқори молекулали бирикмалар, синтетик ион алмашинувчи полимерлардан қимматбаҳо моддаларни ажратиш, кимё корхоналарининг оқова сувлари ва ишлаб чиқариш эритмаларини тозалашда қўллашга оид жаҳонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида қатор, жумладан, қуйидаги илмий натижалар олинган: дончалари бир жинсли гранулометриқ таркибли ионитларнинг янги тури олинган (Dow Chemical Co. АҚШ; Bayer AG Германия ва Purolite international Ltd, Буюк Британия); кимёвий модификациялаш ва радикал сополимерлаш усуллари билан никотинамид гуруҳли стирол ва дивинилбензол асосидаги янги сополимерлар ва 2-метил-5-винилпиридинли метакрилоиламинобензой кислотаси изомерлари асосидаги сополимерлар олинган (Ал-Фаробий номидаги Қозоғистон Миллий Университети, Қозоғистон); акрилонитрилнинг чокланган сополимерлари асосида бактерицидлик хусусиятига эга бўлган ион алмашинувчи сорбентлар синтез қилинган (Instituto de Química (Бразилия); юқори реакцион хусусиятли фурфурол ҳосилалари асосида танлаб таъсир этувчи сорбентлар ишлаб чиқилган (Ajou University, Корея), лигноцеллюлоза гидрализатларининг детоксикация самарадорлиги ва механизми ҳамда

²Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи <https://www.crunchbase.com/organization/anchor-drilling-fluids-usa>; www.scprod.com; www.special-products.com; www.stratacontrol.com; www.sundrilling.com, www.sulfatreat.com. ва бошқа манбалар асосида ишлаб чиқилган.

гидролизатга турли ион алмашинувчи смолалар билан ишлов бериш ёрдамида ферментациядан олдин ингибирловчи бирикмаларнинг йўқотилиши (Swedish Pulp and Paper Research Institute, Швеция), икки валентли мис, рух, никель, кўрғошин ва кадмий ионларини синтетик сульфурланган Amberlite IR-120 смоласида сорбцияси ўрганилган (Selcuk University, Туркия).

Дунёда таркиби ва хоссалари аввалдан белгиланган ионитлар ишлаб чиқариш технологиясини яратиш ва уларнинг қўлланилиш соҳаларини такомиллаштириш бўйича қатор, жумладан, куйидаги устувор йўналишларда тадқиқот олиб борилмоқда: ионоген гуруҳларга киритиш учун полимер матрицаси ролини бажарадиган янги сополимерларни синтез қилишнинг қонуниятларини асослаш; комплекс ҳосил қилувчи, селектив хусусиятларига эга бўлган ионитлар олиш; ион алмашинувчи полимерларнинг асосий сорбцион ва физик-кимёвий хусусиятларини аниқлаш; ионитлар ёрдамида саноат оқова сувларидан ва ишлаб чиқариш эритмаларидан қимматбаҳо, токсик компонентларни ажратиш ҳамда сувни юмшатиш ва тузсизлантириш жараёнларини такомиллаштириш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Жаҳонда хусусиятлари аввалдан белгиланган комплекс хоссаларга эга юқори молекулали бирикмалар, жумладан синтетик ион алмашинувчи полимерлардан қимматбаҳо моддаларни тақсимлаш, тозалаш, ажратиш технологиясини такомиллаштиришни тизимли ўрганиш бир қанча олимлар, А. Massoud, S.A. Waly, B. Gong, Sh. Sato, Y. Tada, S. Sakawa, Ф. Гельферих, К.М. Салдадзе, К.В. Чмутов, Г.В. Самсонов, Р. Кунин, Р. Майерс, В.Г. Синявский, А.Б. Пашков, Р. Гриссбах, Е.Е. Ергожин, Б.Н. Ласкорин, Г. Осрборн, В.В. Коршак, А.С. Тевлин, Е.Б. Тростянский, А.Б. Даванков, Ю.А. Лейкин, В.Д. Копылова-Валова, Л.А. Пимнева, Е.А. Бектуров, М.А. Аскарров, А.Т. Джалилов, С.М. Туробжонов, Э. Фатхуллаев, Р.А. Назирова, З.А. Таджиходжаев, Т.Т. Турсунов, Н.Т. Каттаев ва бошқалар томонидан амалга оширилган.

Халқаро стандартларга жавоб берадиган полиамфолитларни олиш саноатнинг иккиламчи маҳсулотлари фурфурол ва акрилонитрил ишлаб чиқаришнинг куб қолдиқлари асосида аминосульфат, аминофосфор ва аминокарбоксил гуруҳли поликонденсацион турдаги амфолитлар ишлаб чиқариш, уларнинг сорбцион хусусиятларини саноат шароитларда тадқиқ қилиш, металл ионларининг олинган ионитлар билан комплекс ҳосил қилиш механизмини ва кинетик параметрларини аниқлашга квант-кимёвий усуллардан фойдаланишга етарлича аҳамият берилмаган.

Таркиби ва хоссалари аввалдан белгиланган ионитлар ишлаб чиқариш технологиясини ривожлантириш йўналиши бўйича олиб борилган ишларни таҳлил қилиш ва баҳолаш шуни кўрсатадики, комплекс хоссаларга эга синтетик ион алмашинувчи полимерлар ишлаб чиқариш, кимёвий тузилиши ва хоссалари орасидаги боғлиқликни тадқиқ қилиш, уларни қимматбаҳо моддаларни тақсимлаш, тозалаш, ажратишда қўллаш технологиялари илмий асосланмаган. Биологик объектлар, озиқ-овқат ва дармон-дори препаратларини, нодир ер элементлари ва изотопларни ажратиш жараёнларини такомиллаштириш

ўрганилмаган. Ионитлар ёрдамида сувни юмшатиш, тузсизлантириш, саноат оқова сувларидан ва ишлаб чиқариш эритмаларидан қимматбаҳо ва токсик компонентларни ажратиш исботланмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент кимё-технология институтининг илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ ЁА6-1 «Текстил саноати оқова сувларини бўёқлардан тозалашнинг самарали технологиясини ишлаб чиқиш» (2014 - 2015 йй.) ва ЁА12 - 6 «Аввалдан хоссалари маълум бўлган поликонденсацион турдаги янги амфолитлар олиш технологиясини ишлаб чиқиш» (2016 - 2017 йй.) мавзусидаги амалий ва инновацион лойиҳалар доирасида бажарилган.

Ишнинг мақсади аминосульфат, аминофосфор ва аминарбоксил гуруҳлар сақловчи поликонденсацион турдаги амфолитлар ишлаб чиқариш технологиясини яратиш ва қўлланилиш жараёнларини такомиллаштиришдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

фурфуролдан боғловчи агент сифатида фойдаланиб, стирол ва полиэтиленполиаминни поликонденсациялаш реакциясини тартибга солиш;

фурфурол ва акрил кислота нитрили (АКН) куб қолдиғи асосида ионитларни синтез қилишнинг оптимал шароитларини аниқлаш;

стирол, фурфурол ва ПЭПА асосида анионитни сульфурлаш ва фосфориллаш полимераналогик реакциялар ўзгаришларидаги кимёвий модификация жараёнларини тартибга солиш;

фурфурол ва АКН ишлаб чиқариш куб қолдиқлари асосидаги полиамфолитларнинг морфологияси ва молекуляр тузилишини аниқлаш;

стирол, фурфурол ва ПЭПА ҳамда улар асосидаги полиамфолитлар асосидаги анионитлар морфологиясини ва молекуляр тузилишини аниқлаш;

янги амфотер ионитларнинг қўлланиш соҳаларини аниқлаш мақсадида уларнинг физик-кимёвий ва эксплуатацион характеристикаларини ўрганиш;

ПЭПА ва НАК асосидаги комплекситлардан олинган Cu (II) ионларининг сорбцияланиш жараёни кинетикаси ва термодинамикасини тадқиқ қилиш;

компьютер моделлаштириш усулларини қўллаган ҳолда мис ионларининг янги ионитларда сорбцияланиши ва комплекс ҳосил қилиши механизмларини тадқиқ қилиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида фурфурол, стирол, ПЭПА, акрилонитрил ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган куб қолдиқлари ҳисобланади, тайёр маҳсулот - амфотер ионитлар олинган.

Тадқиқотнинг предмети фурфурол асосида берилган хоссали полиамфолитлар синтез қилиш, шунингдек, улар иштирокидаги сорбцияланиш жараёнларининг кинетик, энергетик ва комплекс ҳосил қилувчи параметрларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқот усуллари. Диссертация ишини бажаришда элемент анализи, изотермик сорбция, потенциометрик титрлаш, фотоэлектроколориметрия, ИК-спектроскопия, электрон микроскопия (РЭМ, СЭМ), термогравиметрик ва

дифференциал термик анализ (ТГ, ДТГ, ДТА), компьютерда ҳисоблаш дастурларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бор фурфурол ва акрил кислотаси нитрили ишлаб чиқариш куб қолдиқлари асосида аминокарбоксилли полиамфолитлар олинган, бошланғич моддаларнинг якуний маҳсулот таркибига таъсири аниқланган ҳамда яхшиланган хусусиятларга эга полиамфолитлар синтези учун мақбул шароитлар топилган;

стирол, фурфурол ва ПЭПА асосидаги структураси ва хоссалари маълум бўлган аминосулфат ва аминоксфор амфолитлар синтез қилинган;

стирол, фурфурол ва ПЭПА асосидаги сополимернинг поликонденсацияланиш жараёнига турли факторларнинг таъсири ва физик-кимёвий хоссалари маълум бўлган полиамфолитларни олишнинг мақбул шароитлари аниқланган;

стирол, фурфурол ва ПЭПА асосидаги анионитни синтез қилиш шароитларининг унинг физик-кимёвий хоссаларига боғлиқлигининг математик модели тузилган, адекватлиги 85% дан ортиқ бўлган регрессия тенгламаси келтириб чиқарилган;

мис (II) ионларининг сорбцияланиши кинетик ва термодинамик параметрларини ҳисоблаш ёрдамида янги полиамфолитларнинг сорбцион ва физик-кимёвий хоссаларини аниқланган;

замонавий квант кимёвий тадқиқот усулларини қўллаш орқали янги амфотер ионитларининг мис (II) ионлари билан комплекс ҳосил қилиш жараёни механизмини тадқиқ этишнинг янги усули ишлаб чиқилган;

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагидан иборат:

ионитлар олиш учун полимер матрицаси ролини бажарувчи фурфурол асосидаги янги сополимер олишнинг оптимал шароитлари аниқланган;

НАК ишлаб чиқариш куб қолдиқлари асосида оқова сувлардан металл ионларини селектив ажратиб олиш учун комплекс ҳосил қилувчи янги аминокарбоксилли полиамфолитлар ишлаб чиқилган;

аминосулфат, аминоксфор ва аминокарбоксил гуруҳлар сақловчи поликонденсацион турдаги амфолитлар олиш технологияси яратилган.

Олинган натижаларнинг ишончлилиги изланишларни замонавий усул ва ўлчаш воситаларидан фойдаланган ҳолда ўтказилганлиги, аминосулфат, аминоксфор ва аминокарбоксил гуруҳлар сақловчи поликонденсацион турдаги полиамфолитларни ишлаб чиқариш технологик жараёнлари маълумотларининг физик-кимёвий, математик статистика усуллари ёрдамида қайта ишлангани, назарий ва амалий тадқиқотлар натижаларининг ўзаро мувофиқлилиги, бажарилган тадқиқотлар асосида яратилган технология тажриба синовларининг ижобий натижалари ва уларнинг республика кимё корхоналарида жорий этилиши билан асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти фурфурол ва АКН ишлаб чиқариш куб қолдиқларининг чокланган сополимерларини кимёвий

модификациялаш, металл ионларининг ионитлар билан комплекс ҳосил қилиш механизми ва кинетик кўрсаткичларини квант-кимёвий усулларда аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқотнинг амалий аҳамияти аминосульфат, аминофосфат ва аминарбоксил гуруҳлар сақловчи поликонденсацион турдаги полиамфолитлар ишлаб чиқариш технологик режимларини аниқлашдан иборат бўлиб, кальций, магний, икки валентли мис, никель ва кобальт ионларини синтетик ионитларда сорбцияланиши, сувни юмшатиш, тузсизлантириш, саноат оқова сувларидан ва ишлаб чиқариш эритмаларидан қимматбаҳо ва токсик компонентларни ажратишга хизмат қилади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Тузилиши ва физик-кимёвий хоссалари аввалдан белгиланган фурфурол асосида янги амфотер ионитлар ишлаб чиқариш бўйича олинган натижалар асосида:

«АНФС» ион алмашинувчи полиамфолит ишлаб чиқаришга ташкилот стандарти «Ўзстандарт» агентлиги томонидан тасдиқланган (Ts14825224-006:2020). Натижада стирол, фурфурол асосида ПЭПА иштирокида селектив амфотер ионит ишлаб чиқариш имконини берган;

аминарбоксил гуруҳли амфотер ион алмашинувчи полимерни олиш усулига Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг ихтирога патенти олинган (№ IAP 06174, 2020 й.). Натижада фурфурол ва НАК ишлаб чиқариш куб қолдиқлари асосида термокимёвий барқарор амфолит олиш имконини берган;

аминосульфат, аминофосфат ва аминарбоксил гуруҳлар сақловчи поликонденсацион турдаги полиамфолитлар ишлаб чиқариш “Ўзкимёсаноат” АЖнинг «2021-2023 йилларда амалиётга жорий этиш бўйича истиқболли ишланмалар рўйхати»га киритилган («Ўзкимёсаноат» АЖнинг 2021 йил 27 мартдаги 23/3-1171-сон маълумотномаси). Натижада «МАХАМ-СНРСНІҚ» АЖ корхонасида қўлланиладиган суюлтирилган мис-аммиакли эритмадан ($C_{\text{даст}}=5,49$ г/л) мис ионларини сорбциялаш учун Na-шаклидаги полиамфолит ишлаб чиқариш имконини беради.

Тадқиқот ишларининг апробацияси. Диссертация ишининг натижалари 8 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида баён этилган ва муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларини нашр қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 30 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 11 та мақола, жумладан 7 та республика ва 4 та чет эл журналларида чоп этилди.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 188 бетни ташкил этади

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асослаб берилган, ишнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти, предмети ва усуллари аниқлаб олинган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияларини ривожлантиришнинг устивор йўналишларига мувофиқлиги аниқланган, диссертация мавзуси бўйича халқаро илмий тадқиқотларнинг шарҳи, муаммонинг ўрганилганлик даражаси келтирилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён этилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асослаб берилган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, диссертациянинг тузилиши ва чоп этирилган ишлар бўйича тадбиқ этилган ишлар ҳақида қисқача маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **«Эффектив амфолитлар олиш усуллари ривожлантиришнинг истиқболлари ва замонавий ҳолатини таҳлил қилиш»** деб аталган **биринчи бобида**, диссертация мавзуси бўйича халқаро ва мамлакатимиздаги илмий тадқиқотлар шарҳи келтирилади, уларда амфотер ионитларни синтез қилишнинг ҳозирги ҳолати, уларнинг, амфотер хоссаларини намоён қиладиган группали полимерларни ҳосил қилишга олиб келадиган полимеранологик ўзгаришлар реакциялари шароитлари кўриб чиқилган. Ушбу илмий-техникавий ва патент хужжатлари маълумотларини ўрганиш орқали ион алмашувчи материалларни турлича сорбцион технологияларда мақсадли қўллаш тенденциялари таҳлил қилинган.

Мавжуд назарий ва экспериментал маълумотларни чуқур таҳлил қилиш асосида тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари шакллантирилган. Диссертация мавзусининг долзарблиги ва аҳамияти асослаб берилган, хоссалари маълум бўлган комплексли янги амфотер ионитларни синтез қилишни тартибга солиш зарурияти ҳақида хулосалар келтирилган.

Диссертациянинг **«Экспериментал қурилмалар, тажриба ўтказиш ва маълумотларни қайта ишлаш усуллари»** деб аталган **иккинчи боби**, бошланғич реагентларнинг физик-кимёвий характеристикаларига, фурфурол асосидаги янги полимерларни синтез қилиш усуллари ва олинган амфолитларнинг асосий хоссаларини ўрганиш усуллари бағишланган.

Диссертациянинг **«Аввалдан таркиби маълум бўлган фурфурол асосидаги ион алмашувчи полимерларни синтез қилиш хусусиятлари»** деб аталган учинчи бобда аминосульфатли (АНФС) ва аминофосфорли амфолитлар олиш учун полимер матрицасининг асосини ташкил этадиган стирол, фурфурол ва полиэтиленполиамин (ПЭПА)ларни поликонденсациялаш йўли билан тармоқланган фазовий структурага эга бўлган «АНФ» анионитини ҳосил қилиш қонуниятлари тадқиқотлари натижалари келтирилади. Шунингдек, бошқарилувчи таркибга ва хоссаларга эга бўлган АНН ва фурфурол ишлаб чиқариш куб қолдиқлари асосидаги амфотер ионитларни синтез қилишга йўналтириш натижалари ҳам келтирилган.

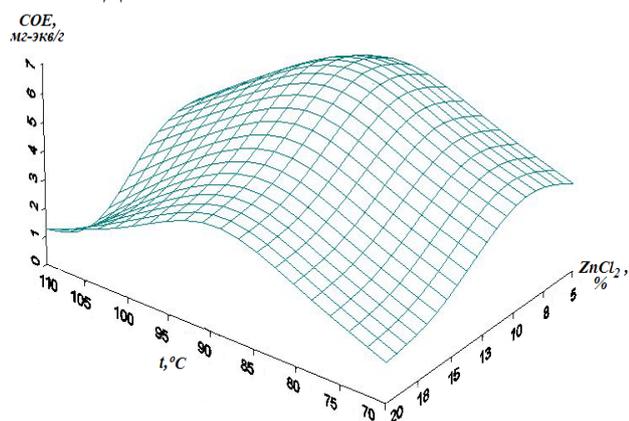
Фурфурол, стирол ва ПЭПА билан ўзаро таъсирлашганда нафақат конденсирловчи агент бўлиб ҳисобланади, балки кўприк ҳосил қилувчи бўлиб ҳам ҳисобланади, олинган ионитнинг сорбцион ва физик-кимёвий хусусиятлари

унинг концентрациясига боғлиқ. Кўндаланг боғларининг сони турлича бўлган АНФ анионитини олиш учун ионитнинг тегишли намуналари синтез қилинди. Анионитнинг поликонденсациясини фурфуролнинг стиролга нисбатан тегишли равишда 0,5:1 дан 2:1 гача нисбатларда олиб борилди.

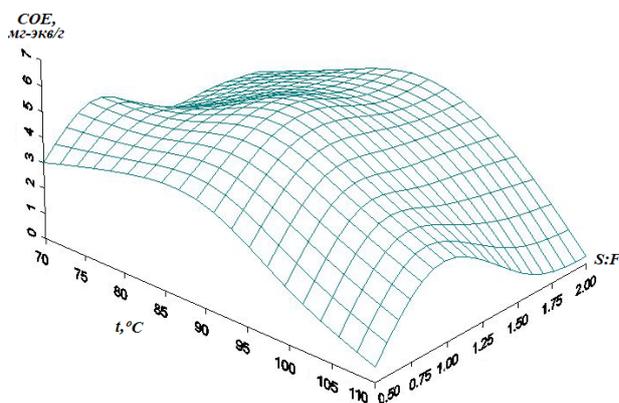
АНФ анионитининг турли омилларга сиғим алмашинуви боғлиқлигининг кўргазмалари иллюстрацияси, бу қурилган математик модел ҳисобланади. Математик моделни қуриш учун температуранинг стирол, фурфурол ва ПЭПА поликонденсацияси жараёнига таъсирини (стиролнинг фурфуролга моль нисбати 1:1 бўлганда) ўрганиш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Поликонденсация жараёнини 70 дан 110°C температуралар оралиғида ўрганилди. Фурфурол миқдорини 1 моль стиролга 0,5 дан 2 молгача оралиқда ўзгартирилди); $ZnCl_2$ катализатори миқдорини 5 дан 20 % гача ўзгартирилди.

MathCad дастури ёрдамида АНФ анионитининг сиғим алмашинувининг (СА) 0,1 н хлорид кислотаси эритмасининг бўйича реакция температурасига (t , °C) ва стирол : фурфурол 1:1 нисбатдаги рух хлорид катализатори миқдорига боғлиқлиги (1-расм), шунингдек, СА нинг реакция температураси ва $ZnCl_2$ 10% миқдорда бўлганда, стиролнинг (S) фурфуролга (F) моль нисбатига боғлиқликлари графиклари қурилди (2-расм).

Экспериментал ва ҳисоб маълумотларига мувофиқ фурфурол стиролнинг оптимал нисбати эквимольяр миқдорга яқин (0,8:1 дан 1,2:1 гача) деб ҳисоблаш керак, чунки, бу нисбатлар чегараларидан чиқилганда СА нинг қиймати кескин пасайиб кетади. Қўшилаётган $ZnCl_2$ миқдорига келсак, унинг оптимал миқдорини 8-12 % гача олишимиз зарур. Бу вақтда реакциянинг энг текис бориши таъминланади ва натижада яхши кўрсаткичларга эга бўлган ионитлар олинади.



1-расм. 0,1 н HCl эритмаси бўйича катализатор миқдорининг ва реакция температурасининг ионитнинг сиғим алмашинувига боғлиқлиги



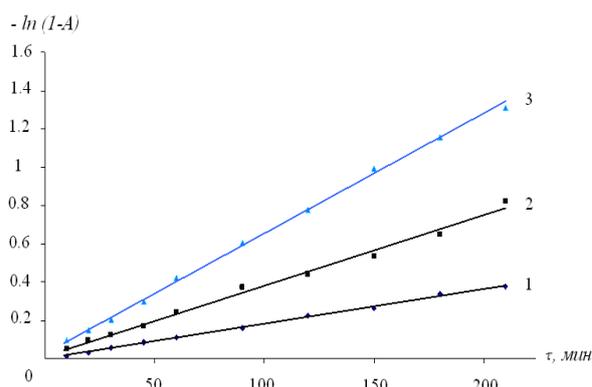
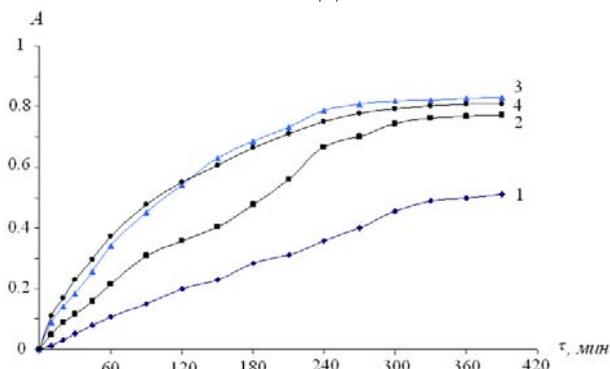
2-расм. 0,1 н HCl эритмаси бўйича «АНФ» анионитининг сиғим алмашинувининг реакция температурасига ва стиролнинг (S) фурфуролга (F) моль нисбатига боғлиқлиги

Экспериментал маълумотлар асосида СА нинг технологик факторларга боғлиқлиги регрессия тенгламаси келтириб чиқарилди. Бу вақтда ўзгарувчан факторлар қуйидагилар бўлди: температура - X_1 , $ZnCl_2$ катализатори миқдори - X_2 , шунингдек, фурфуролнинг 1 моль стиролга моль миқдори - X_3 .

$$Y = -418,6549 + 4,7231 \cdot X_1 - 2,2494 \cdot X_2 + 64,8215 \cdot X_3 - 0,0203 \cdot X_1^2 + 0,0537 \cdot X_2^2 - 14,8869 \cdot X_3^2 + 8651,5268 \cdot \frac{1}{X_1} - 80,6035 \cdot \frac{1}{X_2} + 42,9097 \cdot \frac{1}{X_3}$$

Аминосульфатли амфолит (АНФС) олиш учун кимёвий ўзгаришлар реакциялари олиб борилди. Хароратнинг сульфурлаш жараёнига таъсири тадқиқ қилинди ва жараённинг лимитловчи босқичи аниқланган.

Дастлаб сиғим алмашинувининг ортиши кўпроқ сульфогруппа микдорининг ортиши ҳисобига содир бўлади (3-расм). Давомий сульфурлаш вақтида ва реакцияни кескин олиш бориш шароитларида, тўлиқ сиғим алмашинувининг ортиши асосан оксидланиш жараёнларининг бўлиши ҳисобига содир бўлади, бу эса карбоксил группаларининг микдори ортиб кетишига олиб келади.



3-расм. Анионитни турли температураларда сульфурлаш даражаси боғлиқликлари:

1 - 50 °С, 2 - 60 °С, 3 - 70 °С, 4 - 80 °С

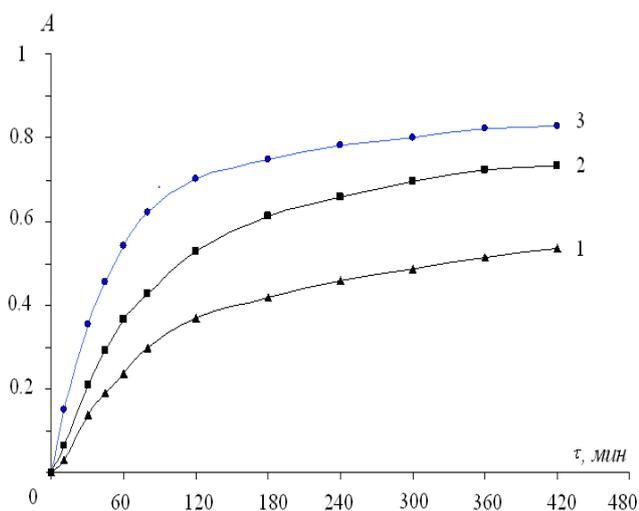
4-расм. Анионитни сульфурлаш реакциялари кинетик эгриларининг анаморфозлари:

1 - 50 °С, 2 - 60 °С, 3 - 70 °С

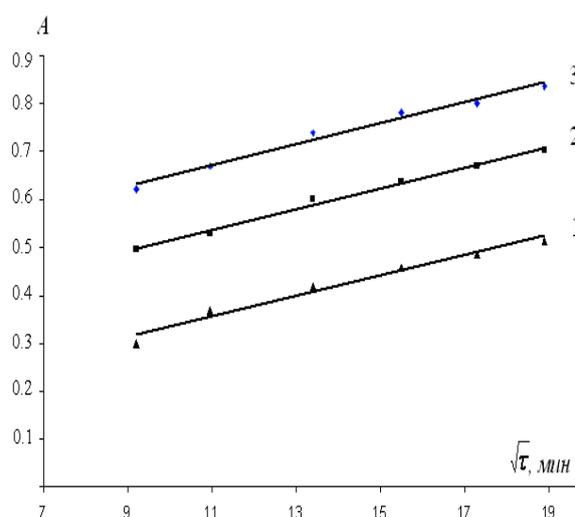
Тўғри чизикли боғлиқлик (4-расм), яъни диффузия жараёнининг ифодаси ҳисобланган $-\ln(1-A)$ нинг τ га боғлиқлиги характеридан келиб чиқиб, жараённинг пленкали механизм бўйича амалга оширилиши ҳақида хулосага келишимиз мумкин. Анионитнинг сульфурланиш реакцияси активланиши энергиясининг ҳисобланган қиймати 56,81 кДж/моль га тенг. Активланиш энергиясининг бундай кичик қиймати, АНФ анионитининг сульфурланиш жараёни етарлича осон боришидан дарак беради.

Олинган АНФ анионитининг фосфорилланиш механизмини аниқлаш мақсадида фосфориллаш реакциясини фосфор уч хлорид билан алюминий уч хлорид катализатори иштирокида 55, 65, 75 °С хароратларда олиб борилди.

Экспериментал маълумотлар асосида анионитни фосфориллаш реакцияси етарлича юқори ўзгариш даражасида (0.8 ÷ 0.82) бўлиб ўтади деган хулосага келиш мумкин, шуни айтиш керакки, ўзгаришлар тезлиги бошланғич босқичда $\tau < 80$ мин пленкали диффузия орқали лимитланади. Кейин, ўзгаришлар даражасини $\tau > 80$ мин да фосфориллаш реакцияси тезлигигача оширилганда ички диффузион жараён таъсири ортади, уни фосфор уч хлориднинг анионит доначаси ичига сингиши орқали, яъни доначага диффузияланиш, жараённинг лимитловчи босқичи бўлиб қолади (6-расм).



5-расм. Анионитни турли хароратларда фосфориллаш даражаси боғлиқликлари:
1- 55 °С, 2 - 65 °С, 3 - 75 °С



6-расм. Анионитни фосфориллаш жараёнининг якуний босқичи учун A нинг $\sqrt{\tau}$ га боғлиқлиги:
1- 55 °С, 2 - 65 °С, 3 - 75 °С

Ион алмашувчи полимерлар ассортиментини кенгайтириш мақсадида регуляр тузилишга эга бўлган, етарлича механик мустахкамликка, термодимекий барқарорликка ва мис ионларига танлаб активликка эга бўлган аминокарбоксил амфолити яратилди. Ушбу АНКБФ аминокарбоксил амфолитини олиш усулнинг моҳияти, акрил кислота нитрили АКН ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган фурфуролни ва куб қолдиқларини 1:1 нисбатда катализатор сифатида рух хлорид иштирокида поликонденсациялашдан иборат. Нитрил группаларни карбоксил группаларга ўзгартириш мақсадида олинган полимерни ўювчи натрий эритмасида совунлантириш олиб борилди. Амид группаларини амин группаларига ўтказиш учун натрий гипохлориднинг спиртли эритмасида Гоффман реакцияси олиб борилди.

Реакцияга киришувчи моддаларнинг амфолит хоссаларига масса нисбатининг таъсири ўрганилди. Акрил кислота нитрили ишлаб чиқаришнинг куб қолдиқлари ва фурфуролнинг масса нисбатини 1-1,5 моль оралиқда ўзгартирилди. Тадқиқот маълумотлари 1-жадвалда келтирилган.

Экспериментал маълумотлар шуни кўрсатадики, асосий мономер ва боғловчи агент бир хил табиатга эга бўлганда, полимер матрицанинг эгилувчанлиги, боғловчи агентнинг миқдорига боғлиқ: мономерларнинг бошланғич аралашмасидаги унинг моль улуши ортиб бориши билан ионитнинг кўндаланг боғланиш даражаси ортади ва тизимдаги структуравий тартиб пасаяди. Бу вақтда амфолитнинг кислотали-ишқорийлик хоссалари ҳам эркин электростатик энергиянинг ва полимер матрицасининг конфигурацион энтропияси камайиши туфайли пасаяди. Бу, ионитнинг лиганд группалари электрон донорлик хусусиятларининг ёмонлашишига олиб келади, бунинг натижасида координацион боғ энергияси камаяди. Шу муносабат билан, боғловчи агент ва мономернинг оптимал нисбатини - фурфурол: АКН ишлаб чиқаришнинг куб қолдиқлари - 1:1 моль нисбати танлаб олинган.

1-жадвал

АНКБФ амфолити хоссаларининг АКН куб қолдиқлари ва фурфуролнинг моль нисбатига боғлиқлиги

Кўрсаткичларнинг номланиши	АКН куб қолдиқларининг фурфуролга нисбати, моль		
	1:1	1: 1,25	1:5
ОН-шаклидаги сувда бўктирилган амфолитнинг солиштирма хажми, мл/г	3,6	2,9	2,0
Сочилма оғирлик, г/мл	0,65	0,6	0,58
0,1 N эритмалар бўйича статик сиғим алмашинуви, мг·экв/г			
NaOH	4,5 - 5,0	4,4	4,0
NaCl	2,0	1,4	1,1
HCl	5,0	4,0 - 4,2	3,5 - 3,9
H ₂ SO ₄	6,0	5,1	4,6
CaCl ₂	3,0	2,5	2,0
CuSO ₄	2,8 - 3,0	2,2	1,5

Хароратлар омилининг АНКБФ амфолити поликонденсацияси жараёнига таъсирини 80, 90, 100, 110 °С хароратларда ва НАК ишлаб чиқаришнинг куб қолдиқлари: фурфурол - 1:1 моль нисбатларда ўрганилди (2-жадвал).

2 жадвал

Поликонденсациялаш температурасининг АНКБФ амфолити хоссаларига таъсири

Реакция харорати t, °С	Реакция давомийлиги τ, час	ОН-шаклидаги сувда бўккан амфолитнинг солиштирма хажми, мл/г	0,1 N NaOH бўйича СА сиғим алмашинуви мг·экв/г
80	7-8	3	2,9
90	6,5	2,8	3,8
100	4,5-5	3,6	4,8-5,0
110	2,5-3	2,1	2,7

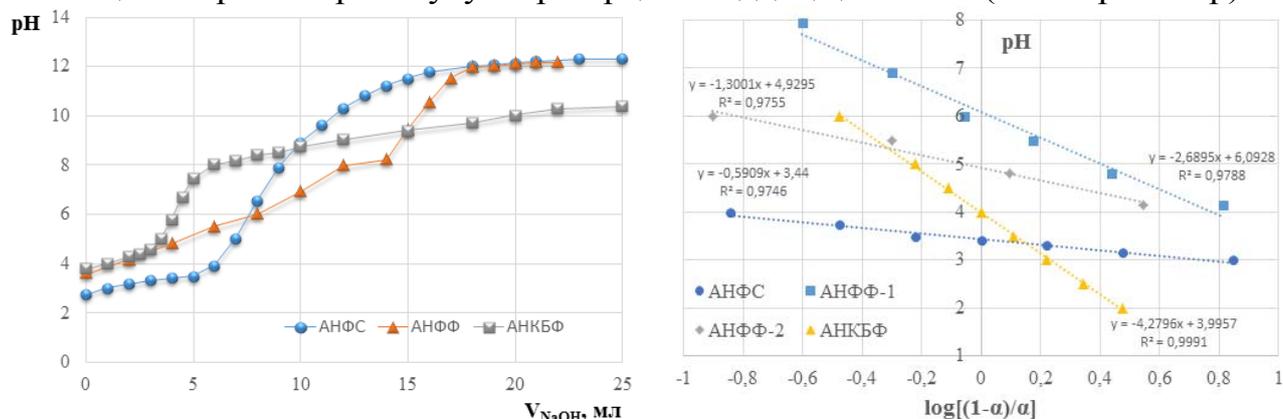
Олинган натижалар тахлили, поликонденсациялаш хароратининг 100 °С дан пастга пасайиши, саноат талабларини қаноатлантирадиган полимер олишга тўсқинлик қилади, бунинг натижасида эса, кўрсаткичлари паст бўлган ионитлар олиниши ва синтез вақти чўзилиши мумкин. Ҳароратнинг 110 °С дан юқорига кўтарилиши ионитнинг асосий хоссаларини ёмонлашишига олиб келади.

Поликонденсацияни олиб бориш оптимал варианты сифатида реакция харорати 100 °С қабул қилинди, бу вақтда реакция давомийлиги 4,5 - 5 соат ва 0,1 N NaOH эритмаси бўйича сиғим алмашинуви 4,8 - 5,0 мг·экв/г ташкил этади.

Диссертациянинг «Синтезга йўналтириш натижасида олинган амфолитларнинг тузилиши хусусиятларини ўрганиш» деб номланган тўртинчи боби ИК-спектроскопия ва потенциометрик титрлаш билан бирга

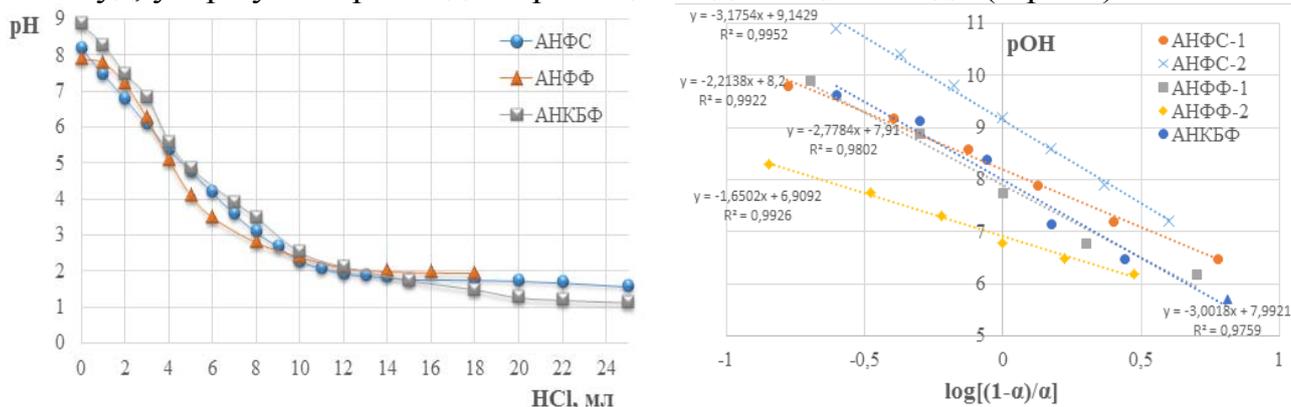
замонавий таҳлил усулларидан фойдаланиб янги амфотер ион алмашувчи полимерларнинг тузилишини аниқлаш ва ҳосил бўлиш механизмларини ўрганишга бағишланган.

Олинган амфолитларнинг кислота-асослик хоссалари ИҚ-спектроскопия ва потенциометрик титрлаш усуллари орқали тадқиқ қилинган (7 ва 8-расмлар).



7-расм. Н-шаклдаги амфолитларни 0,1 н HCl эритмасида титрлаш эгрлари

Олинган маълумотлар, OH-шаклда титрлаш эгрлари асосан иккиламчи ва учламчи амин группаларига мос келади деб ҳисоблаш имконини беради. Н-шаклдаги ANFC амфолити таркибида боғланган сульфогруппалар (-SO₃H) мавжуд, улар сувли эритмада бир босқичга диссоцияланади (7-расм).



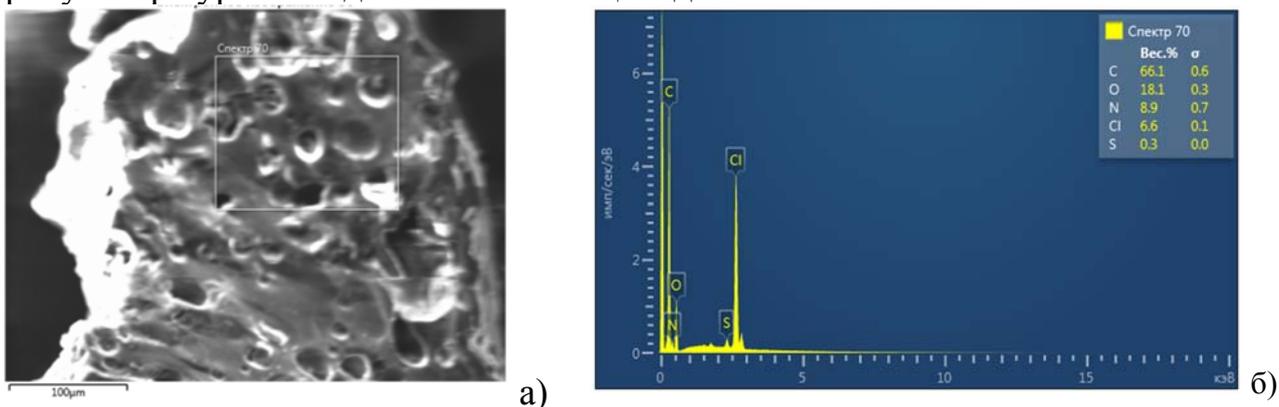
8-расм. OH-шаклидаги амфолитларни 0,1 н NaOH эритмаси билан титрлаш эгрлари

ANFF аминоксидли амфолитни потенциометрик титрлаш, Н-шаклда фосфордордон группалар мавжуд эканлигини кўрсатди (8-расм), бу вақтда биринчи поғона ўртача кислоталик соҳасида жойлашган (pK=4,9), иккинчиси - кучсиз кислоталик соҳасида (pK=6,1) жойлашган. Н- ва OH- (Na) шаклдаги ANKBF аминоксидли амфолитни потенциометрик титрлаш эгрлари буферли кучсиз кислотали катионитларга ва қуйи асосли анионитларга мос келади. Карбоксил ва бирламчи амин группаларининг pK қиймати тегишли равишда 4,0 ва 8,0 га тенг (7 ва 8-расмлар).

Поликонденсация жараёнида ионит синтез қилишда юзага келадиган қийинчиликларни ҳисобга олиб, «синтез - тузилиши - хосса» ўртасидаги боғлиқликни аниқлаш маълум даражада ушбу турдаги полимер сорбентларни олиш жараёнини тартибга солиш имконини беради. Ушбу мақсадда олинган

сорбентларнинг морфологик тузилишини ва уларнинг элемент таркибини EVO MA 10 сканерловчи электрон микроскоп ёрдамида тадқиқ қилинди (Carle Zeiss, Германия).

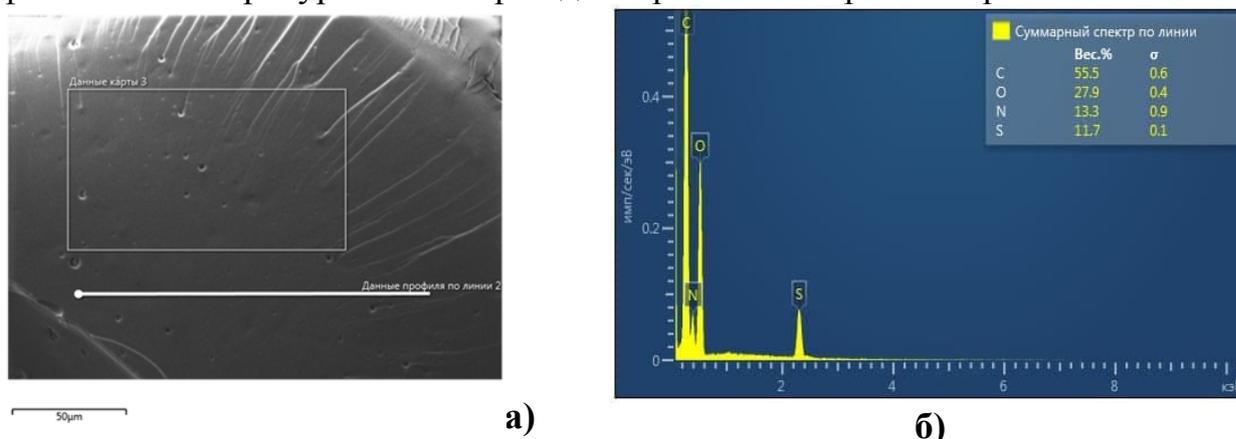
9-расмда АНКБФ аминокарбоксил ионити гранулаларининг тахминан танлаб олинган юзаси соҳасидаги микросуратлари ва энерго-дисперсион спектри келтирилган. Олинган маълумотлар, гранулаларнинг ўлчами ва шакли нуктаи назаридан ҳам, структуравий хусусиятлар нуктаи назаридан ҳам сорбентларнинг сезиларли даражада гетерогенлигидан дарак беради. Оптик кузатишлар асосида, поликонденсация реакцияси тугагандан кейин сорбентни майдалаш жараёни билан боғлиқ бўлган сорбентларнинг нотўғри шаклдаги гранулалар кўринишида эканлиги аниқланди.



9-расм. АНКБФ аминокарбоксил ионит гранулаларининг энерго-дисперсион спектрлари

9-расмда келтирилган маълумотлардан кўришиб турибдики, ўрганилган сорбент таркибида катта миқдорда кислород атоми (18,1 %) бўлгани каби азот атомлари (8,9 %) ҳам мавжуд. Бу маълумотлар миқдорий жиҳатдан аминокарбоксил сорбент олиш фактини тасдиқлайди.

10-расмда стирол, фурфурол ва полиэтиленполиамин асосидаги поликонденсацион анионитни сульфурлаш орқали олинган АНФС аминосульфат амфолитнинг микросурати ва энерго-дисперсион спектри келтирилган.

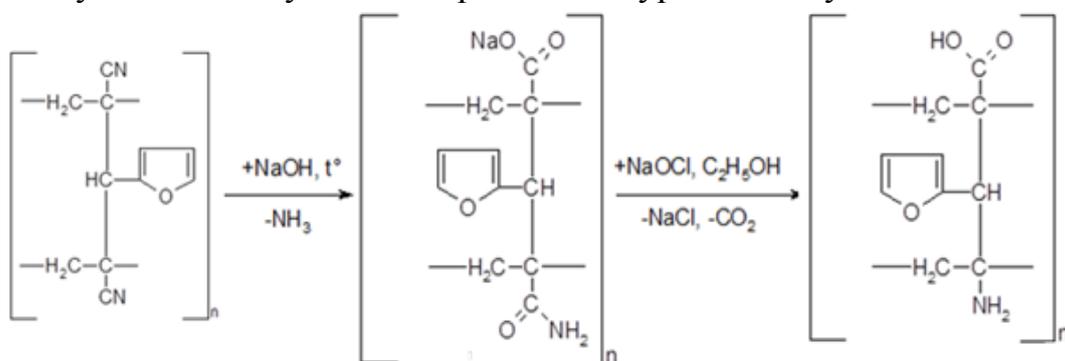


10-расм. АНФС аминосульфат амфолити микросурати ва энергодисперсион спектри

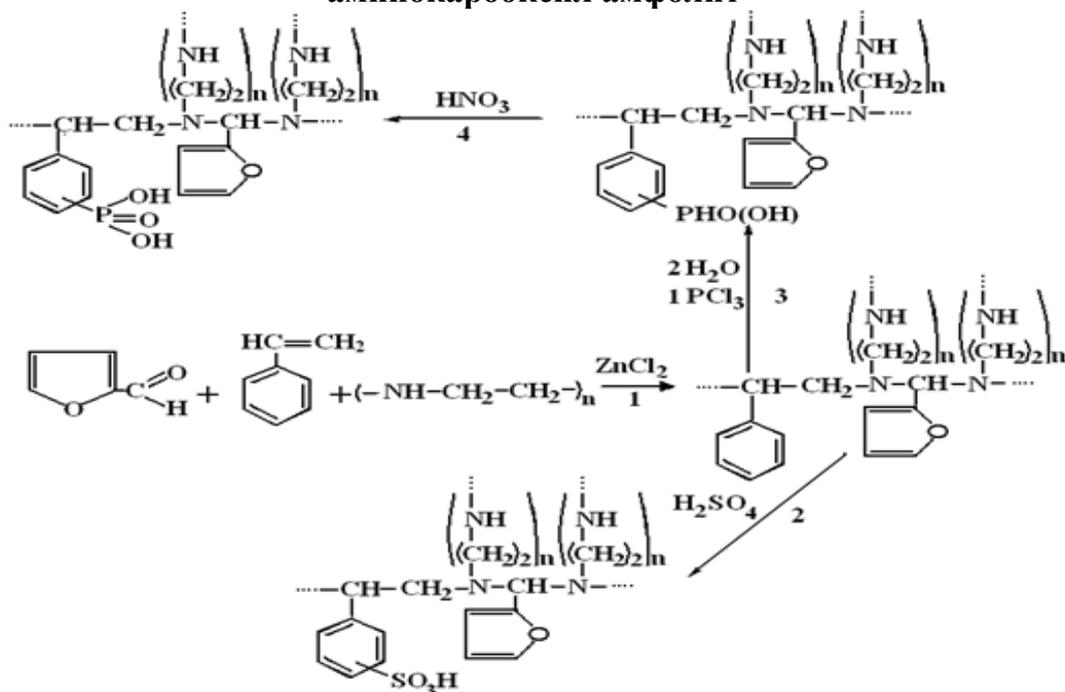
10-расмда энерго-дисперсион спектрда C, O, N ва S элементларига тегишли сигналлар мавжудлигини кўриш мумкин. Энерго-дисперсион спектрда N атоми (13.3%) каби S атомини (11.7%) ҳам мавжудлиги, аминосульфат амфолит олиш фактини яна бир бор таъкидлайди.

АНФС амфолитининг микросуратидан аминосульфат амфолити гранулаларининг юзалари, АНКБФ аминокислотали амфолитидан сезиларли даражада фарқ қилишини кузатиш мумкин. Аввалги амфолитдан фарқли ўлароқ, АНФС аминосульфат амфолитининг юзаси текстураси ғоваклар ва чуқурчаларни эслатувчи турлича сийрак майда структурали тузилмали бўлиб, қарийиб силлиқ. Шунини айтиш керакки, бу намунанинг ғоваклилиги юзасидан қараганда қарийиб сезилмайди, бу, бошланғич матрицани қўшимча гидрофилизлаш ҳисобига сульфурлаш реакцияси боришида структуранинг сезиларли даражада зичлашиши ҳисобига бўлади.

10-расмдаги маълумотларга кўра, сорбент таркибида катта миқдорда кислород атоми (18,1%) бўлгани каби, азот атоми (8,9%) ҳам мавжуд. Бу маълумотлар, миқдорий жиҳатдан аминокарбоксилли сорбент олиш фактини тасдиқлайди. Назарий билимлар ва физик-кимёвий таҳлилларининг эскпериментал маълумотларига таянган ҳолда, олинган амфолитларнинг тахминий тузилишини қуйидаги тарзда тасаввур қилиш мумкин:



1-схема. Фурфурол ва АКН ишлаб чиқариш куб қолдиқлари асосидаги аминокарбоксил амфолит

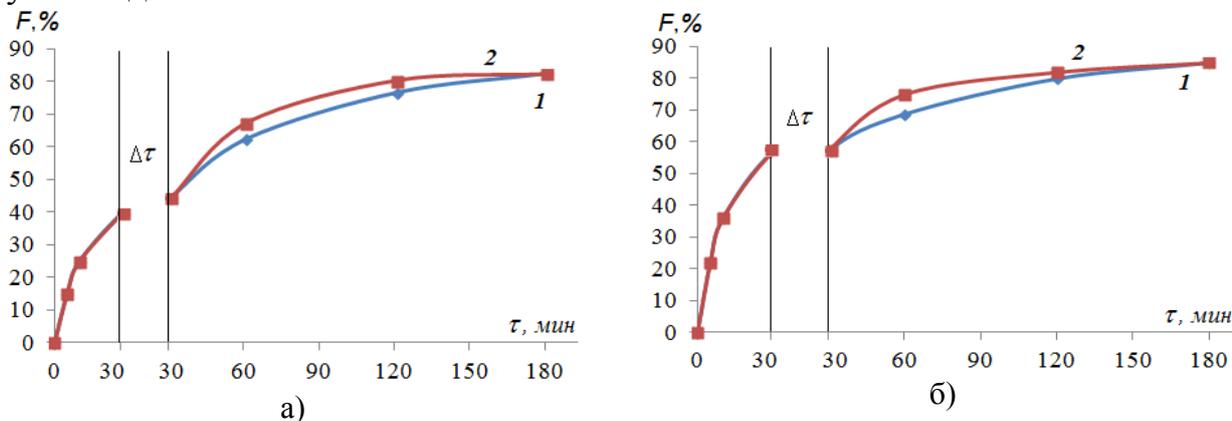


2-схема. Стирол, фурфурол ва ПЭПА асосидаги АНФ анионитини олиниши, 2- АНФ анионитини сульфурлаш, 3- АНФ анионитини фосфориллаш, 4- фосфорилланган АНФ анионитини оксидлаш

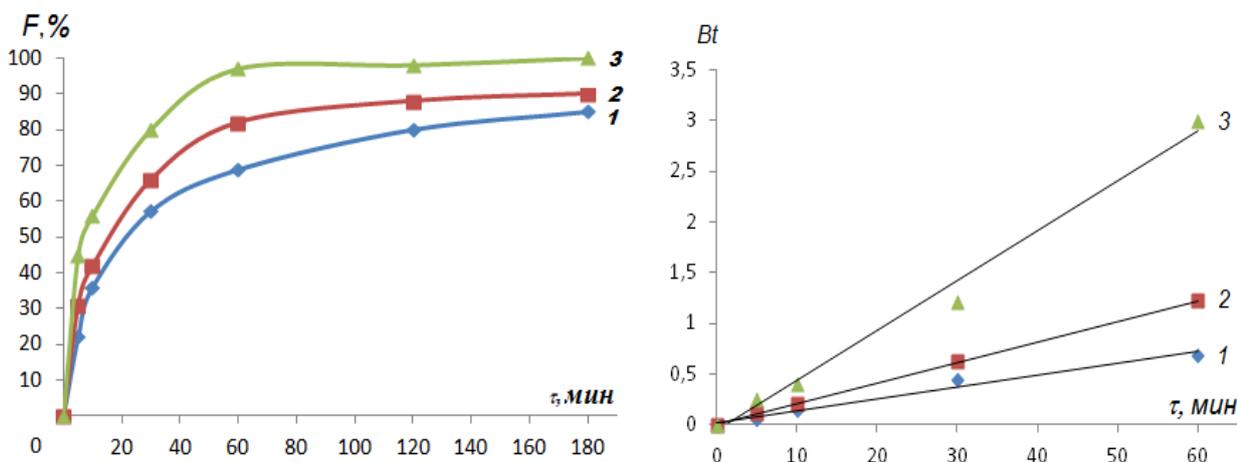
Диссертациянинг «Янги ионитларнинг асосий физик-кимёвий характеристикаларини тадқиқ қилиш ва уларни қўлланиш соҳаларини баҳолаш» деб номланган бешинчи бобида олинган амфолитларнинг асосий хоссаларини ўрганиш бўйича маълумотлар келтирилган.

Олинган АНКБФ амфолитини қўлланиш имкониятларини баҳолаш мақсадида мис ионларининг сорбцияланиш кинетикасини «МАХАМ-СИРСИҚ» АЖ корхонасида аммиакни синтез қилиш жараёнида конверсия газини тозалашда қўлланиладиган реал ишлаб чиқаришнинг мис-аммиакли эритмасидан фойдаланиб мис ионларининг сорбцияланиш кинетикасини ўргандик.

Тадқиқотлар олиб боришда фазалар контакти узилишигача бўлган тезлик билан таққосланганда фазалар контактини янгилангандан кейин ионлар орасидаги алмашинув тезлигининг ортиши кузатилди. Бу факт ичкидиффузион кинетика мавжудлигининг исботи бўлиб хизмат қилади, уни 11 расмда кузатилади.



11-расм. Н- (а) ва Ni –шаклларидаги (б) АНКБФ амфолити билан МАЭ дан мисни сорбция қилиш кинетик эгрлари 1 – фазалар контактини узмасдан олиб борилган тажриба, 2-фазалар контакти узилганда олиб борилган тажрибалар $\Delta\tau=30\text{мин}$



12-расм. 1-25 °С, 2-40 °С, 3-60 °С температураларда Ni -шаклдаги АНКБФ амфолити билан МАЭ дан мисни сорбциялашнинг кинетик эгрлари

Диффузион кинетика турини аниқлаш учун машхур изотоп ион алмашилишнинг вақтга боғлиқликларидан фойдаландик. Бу вақтда Bt нинг t га

чизиқли боғлиқлиги кузатилади (11-расм), бу эса, смола ичидаги диффузия, аста-секин борувчи босқич эканлигини исботлайди.

Шу тарзда кинетик маълумотлар асосида турли температураларда диффузия коэффициентлари ҳисоблаб топилди ва H- ва Na-шаклларидаги АНКБФ амфолитидаги активланиш энергияси топилди (3-жадвал).

3-жадвал

Гелли кинетика учун чегараловчи ҳажм усули ёрдамида олинган кинетик маълумотлар

Ионит шакли	МАЭ ҳарорати, °С	B	$D \cdot 10^6$, $\text{см}^2/\text{с}$	Ярим алмашинув вақти, $\tau_{1/2}$, сек	ΔE кДж/моль
H^+	25	0.0117	2.97	25.2	33.8
	40	0.0203	5.15	14.6	
	60	0.0494	12.5	6	
Na^+	25	0.0082	2.1	35.7	25.4
	40	0.0129	3.3	22.7	
	60	0.0245	6.2	12.1	

Кинетиканинг ички диффузион характерини, мис ионларининг сорбцияланиш тезлигига реактор аралаштиргичининг 60 дан 400 айл/мин чегараларда айланиш тезлигининг ўзгаришининг таъсири йўқ эканлиги орқали хам тасдиқлаш мумкин.

Олинган ионитларни мис (II) ионларига селективлик предмети хам тадқиқ қилинди. Комплекс ҳосил қилиш механизмини аниқлаш учун бу жараён турли усуллар билан тадқиқ қилинди. Олинган ионитларнинг комплекс ҳосил қилиш жараёнига у ёки бу факторларнинг таъсирини аниқлаш мақсадида уларнинг кислота-асослилик хоссалари ўрганилди.

4-жадвал

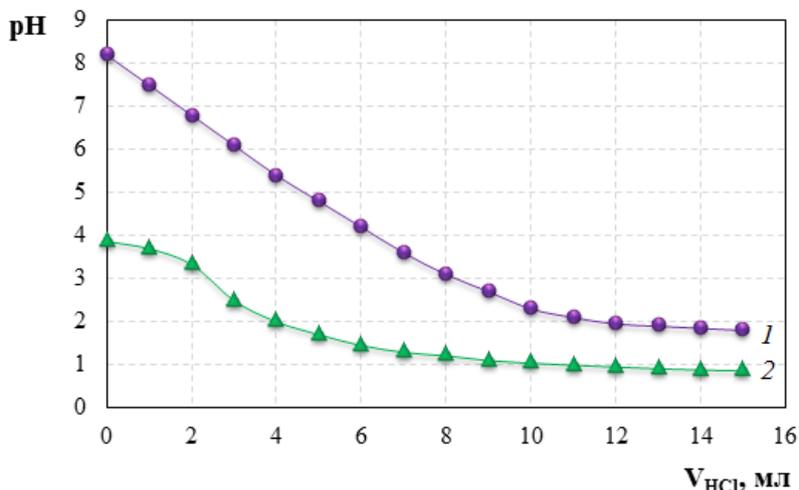
Мис таркибидаги оқава сувлардан АНФФ амфолитда Cu^{2+} мис ионларининг сорбциясини ўрганиш натижалари ($C_{\text{исх}} = 90$ мг/л)

Кўрсаткичлар номи	Ўлчов бирлиги	Амфолитнинг ионли шакли	
		H-шакл	Na-шакл
Муайян ҳажми	$\text{см}^3/\text{г}$	2,8	3,1
Тўкилган вазн	$\text{г}/\text{см}^3$	0,65	0,68
Намликнинг масса улуши	%	18	20
Тўлиқ динамик алмашинув ҳажми	$\text{моль}/\text{м}^3$	530	695
Сакраб ўтиши олдин динамик алмашиш ҳажми	$\text{моль}/\text{м}^3$	142	178
Регенерацияловчи еритманинг ҳақиқий сарфи	$\text{г}/\text{моль}$	9964	7840
Ювиш сувни сарфи	ҳажм/ҳажм	4	6

Олинган ионитлар мис (II) ионларига селективлик учун хам текширилди. Мураккаблашув механизмини аниқлаштириш учун бу жараён турли усуллар билан тадқиқ етилган. 13-расмда АНФ анионитининг мис II ионлари

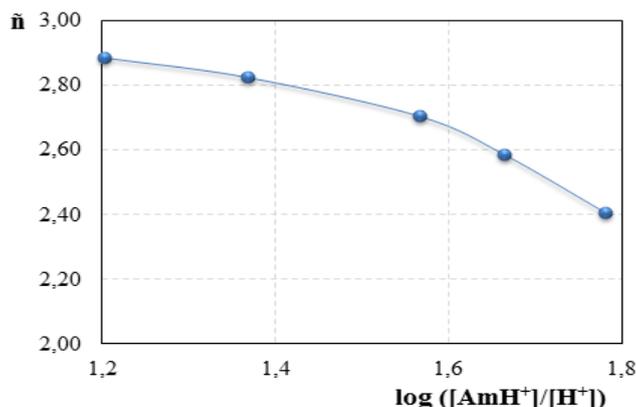
иштирокидаги (1) ва мис II ионлари иштирокисиз потенциометрик титрлаш эгрлари маълумотлари келтирилган.

Анионитнинг функционал группаларининг туюлма диссоциация константалари график усул орқали ҳисобланган. Кейингиларнинг қийматлари $pK_1=8,22$ ва $pK_2=9,13$ га тенг, бу эса учламчи ва иккиламчи аминогруппаларга мос келади.



13-расм. АНФ (ОН-шаклидаги) анионитни 0,3 н НСl эритмасида мис II ионлари иштирокидаги (1) ва мис II ионлари иштирокисиз потенциометрик титрлаш эгрлари

Шунингдек, ионит комплексининг барқарор константасига мос келадиган реакция мувозанати константаси ҳам топилди. АНФ (ОН-шаклидаги) анионитининг мис (II) ионлари билан комплекси учун $\lg K_{уст} = 5,1$ (при $n=2$) (14 расм).



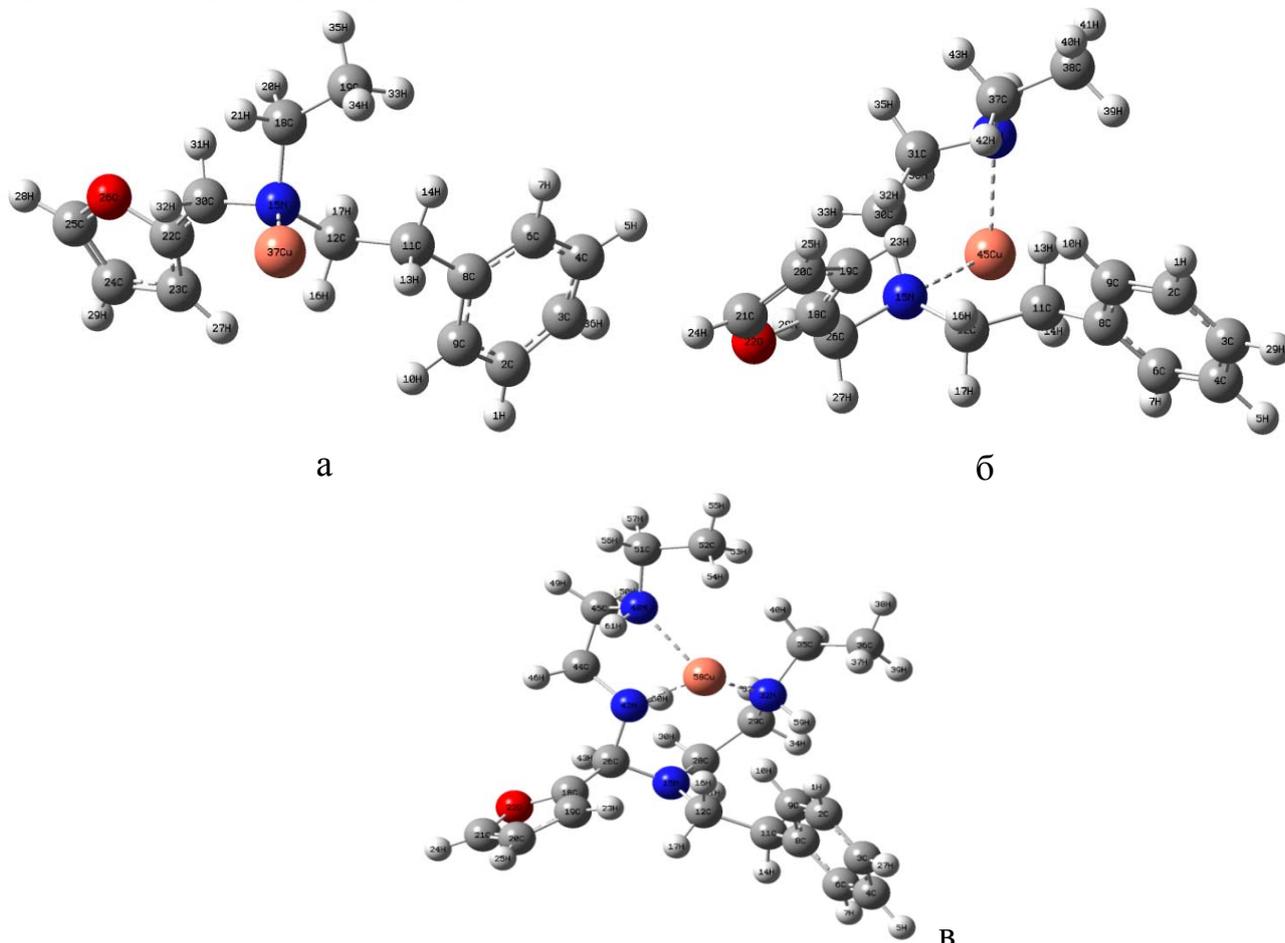
14-расм. Cu^{2+} -АНФ системаси учун « \bar{n} (Бьеррум ҳосил бўлиш функцияси) – $\log \left(\frac{[AmH^+]}{[H^+]} \right)$ » боғлиқлиги эгриси

Бьеррум ҳосил бўлиш функцияси боғлиқлиги эгриси маълумотларидан шуни кўрамизки, $\bar{n} > 2$, яъни, битта ион комплекситнинг функционал группасидаги 4 та ионни координациялайди. Бу вақтда ус, тўрт ва бешхадли комплекс структура мавжуд бўлиши мумкин.

Ўзининг фазовий структураси ва ионоген группаларнинг мавжудлиги туфайли янги ионитлар ўтувчи металл ионлари билан комплекс бирикмалар ҳосил қилиш қобилиятига эга. Синтез қилинган амфолитлар комплексларининг мис ионлари билан структуравий ва энергетик хоссалари квант-кимёвий

усуллар билан ўрганилди. Молекуляр тизимларнинг тузилиши ва визуализациясини *Avogadro*, *GaussView* дастурларини жалб қилиш орқали бажарилди.

15-расмда фурфурол, стирол ва ПЭПА сополимерлаш орқали олинган анионитнинг турлича фрагментларининг мистаркибли комплексларининг мувозанат структуралари кўрсатилган.



15-расм. АНФ анионитнинг турли қисмлари иштирокида мис таркибли комплексларнинг мувозанат тузилмалари

ПЭПА элементар хужайрасини ўз ичига олган фрагмент иштирокида мураккаб бирикманинг ҳисобланган энергияси 1525.38 мЭВ ёки 147.18 кж/молни ташкил қилади. Квант кимёвий ҳисоб-китобларида кўрсатилгандек, азот атоми билан мис (II) иони орасида узунлиги 1.99 Å бўлган донор-акцептор боғланиши ҳосил бўлиши натижасида содир бўлади.

ПЭПА нинг элементар хужайралари сони иккитага ортиши билан қизиқарли расм кузатилади: мис иони иккала азот атомини мувофиқлаштиради ва шу билан уч аъзоли координацион структура ҳосил қилади. Бироқ, бу ҳолда, сорбтсия энергияси камаяди (858,68 меВ), бу стерик омил билан боғлиқ бўлиши мумкин, яъни, қутбланган атомларнинг қайтарувчи таъсири натижасида молекула кучининг ортиши билан.

Таркибга иккинчи ПЭПА занжири киритилган тақдирда, боғланиш энергиясининг 1447,57 меВ гача ошиши билан бирга тўрт аъзоли координацион тузилма ҳосил бўлади.

Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатадики, ПЭПА занжири узунлигининг ҳосил бўладиган комплексларнинг энергетик хусусиятларига боғлиқлигини ўрганаётганда, энг энергетик жиҳатдан фойдали бўлгани битта бирлик хужайра иштирокидаги комплексдир (5-жадвал).

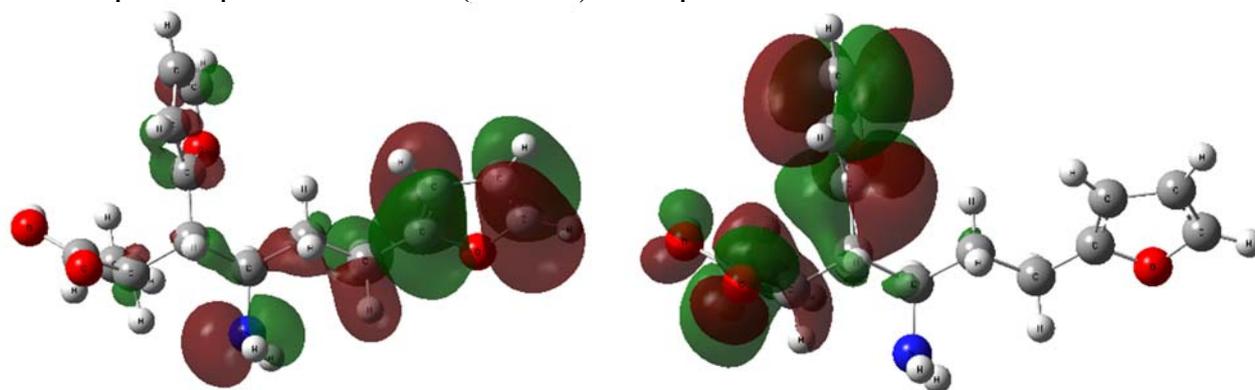
5-жадвал

Стирол, фурфурал ва ПЭПА асосидаги мис ионлари билан анионит комплексларнинг энергия ва структуравий хусусиятлари

Фрагмент	Боғланиш энергиясия ($E_{\text{сorb}}$), мЭВ (кж/моль)	Геометрик параметрлар
ANF_Cu	1525,38 (147,18)	$R(\text{Cu-N}) = 1,99 \text{ \AA}$
ANF1_Cu	858,68 (82,85)	$R(\text{Cu-N}_{15}) = 2,34 \text{ \AA}$, $R(\text{Cu-N}_{34}) = 2,33 \text{ \AA}$, $\angle(\text{N}_{15}\text{-Cu-N}_{34}) = 93,1 \text{ град.}$
ANF12_Cu	1447,57 (139,67)	$R(\text{Cu-N}_{32}) = 2,13 \text{ \AA}$, $R(\text{Cu-N}_{42}) = 2,11 \text{ \AA}$, $R(\text{Cu-N}_{48}) = 2,23 \text{ \AA}$, $\angle(\text{N}_{32}\text{-Cu-N}_{42}) = 93,3 \text{ град.}$, $\angle(\text{N}_{32}\text{-Cu-N}_{48}) = 126,7 \text{ град.}$, $\angle(\text{N}_{42}\text{-Cu-N}_{48}) = 76,4 \text{ град.}$

Юқори молекуляр тизимларнинг квант-кимёвий тадқиқотлари олинган экспериментал маълумотларни ҳисобга олган ҳолда, уларнинг физик-кимёвий хусусиятларини ҳар томонлама тавсифлаш ва башорат қилишга имкон беради.

16 ва 17-расмларда АНКБФ ион алмаштиргичининг элементар бирлигидаги энергия даражаси кўрсатилган, электрон донори сифатида НОМО (МО 74), акцептор вазифасини LUMO (МО 75) бажаради.



НОМО

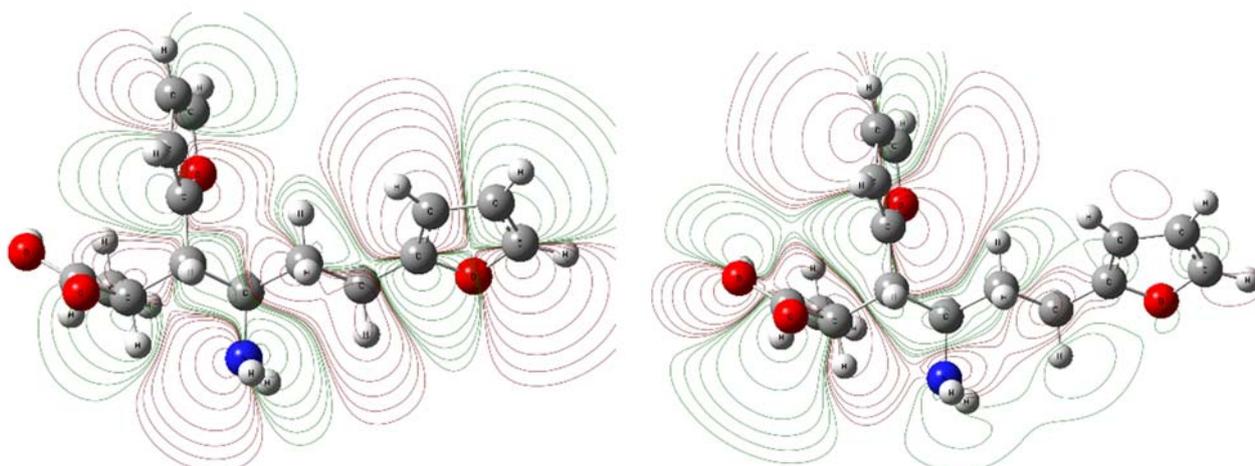
LUMO

16-расм. АНКБ ионитининг элементар боғланишининг чегаравий молекуляр орбиталлари

НОМО дан LUMO энергетик сатҳига электрон ўтиш 16-расмда кўрсатилган. Молекуланинг тақиқланган ҳудудининг кенглиги [$\Delta E = E_{\text{LUMO}} - E_{\text{НОМО}}$] 5,8036 эВ ни, молекуляр орбиталларнинг $E_{\text{НОМО}}$ ва E_{LUMO} чегаравий энергиялари мос равишда -6,2347 ва -0,4310 эВ ни ташкил этади.

Ҳисоб-китоблар шуни кўрсатадики, тақиқланган зонанинг энергиясининг жуда паст қиймати ($\Delta E = 5,8036 \text{ эВ}$) тизимнинг кутбли, барқарор ва кимёвий фаол эканлигини тасдиқлашга имкон беради. Назарий ҳисоб-китоблар АНКБФ ионитларнинг элементар занжири/молекуласи нуклеофил ва электрофил

хуружлари учун жавоб берадиган зоналар, шунингдек, стерик кириш мумкин бўлган зоналарни кўрсатади.

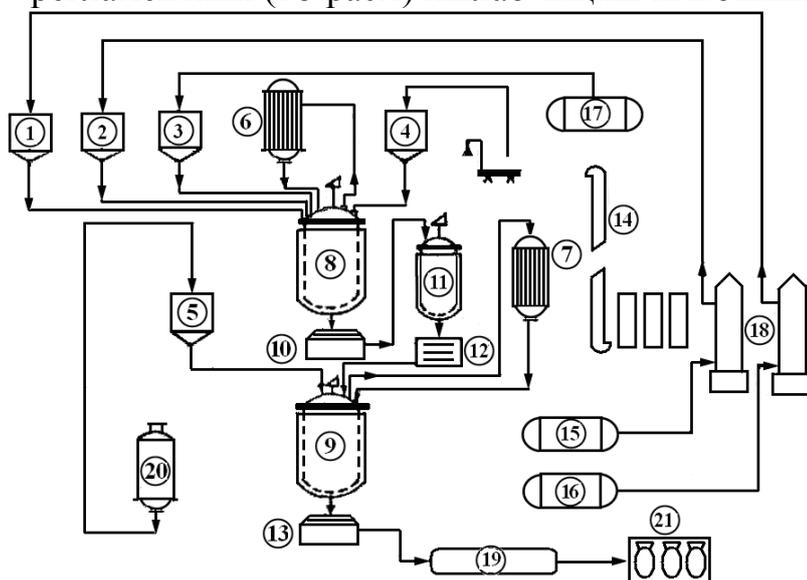


НОМО_контур

LUMO_контур

17-расм. АНКБФ ионитининг элементар занжирининг чегаравий молекуляр орбиталлари

АНФС амфолитини олиш учун тавсия этилган жараённинг тавсифи. Лаборатория шароитида олинган амфолитларнинг сорбцияси, физик-кимёвий ва механик хусусиятларини ўрганиш ион алмашинувчилар ишлаб чиқариш учун таклиф этилаётган технологик схемани ва бу схема асосида АНФС аминосульфат амфотер ионитини ишлаб чиқариш учун технологик регламентини (18-расм) ишлаб чиқиш имконини берди.



18-расм. АНФС амфолитини ишлаб чиқариш технологик схемаси

- 1,2,3,4,5 - ўлчаш идишлари;
- 6,7 - совутгичлар;
- 8 - анионитни олиш реактори;
- 9 - анионитни сульфирлаш реактори;
- 10 - куритгич;
- 11 - гранулятор;
- 12 - элаклар;
- 13 - филтр- силкитгич;
- 14 - бункер;
- 15,16,17,20 - дастлабки хомашё омборлари;
- 16 - фурфуролни сақлаш учун омбор;
- 18 - хайдаш қурилмалари;
- 19 - тасмали транспортер;
- 21 - тайёр махсулот кадоклаш.

Стирол, фурфурол, ПЭПА иштирокидаги ва уни асосидаги амфолит асосида анионитни олишнинг даврий жараёни қуйидаги босқичлардан иборат: хом ашёни тайёрлаш ва юклаш; стиролни фурфурол билан ПЭПА иштирокида поликонденсация қилиш; анионитни дренажлаш; анионитни куритиш; олинган анионитни грануляция қилиш; анионитни бўқиши; анионитни сульфирлаш.

ХУЛОСА

1. Стирол, фурфурол ва ПЭПА, шунингдек АКН ишлаб чиқариш куб қолдиқлари ва фурфурол асосида янги поликонденсацион кўп функционал ионитлар синтез қилинди. Поликонденсацияланиш реакциясининг ҳарорати, катализаторнинг концентрацияси, бошланғич моддаларнинг нисбати, юқорида келтирилган бирикмалар билан поликонденсацияланиш жараёнига таъсир этувчи эритувчининг табиати ва миқдори, шунингдек бошқа омиллар таъсири ўрганилди ҳамда ионитлар синтези учун оптимал шароит яратилди.

2. АНФ анионитнинг сульфурлаш ва фосфориллаш реакциялари олиб борилди ва ўрганилди, натижада янги аминсульфат ва аминофосфат амфолитлари олинди. Полимераналогик ўзгаришлар жараёнига ҳарорат, вақт ва эритувчининг табиати таъсири ўрганилган. Сульфурланган ва фосфорилланган АНФ анионити асосидаги полиамфолитлар юқори физик - кимёвий хоссалари билан ажралиб туради.

3. MathCad дастури ёрдамида АНФ анионитининг статик алмашинув сифимининг реакция температурасига, реакцияга киришувчи моддаларнинг моль нисбатига ва катализатор миқдорига боғлиқлиги графиклари курилди. Тажриба маълумотлари асосида технологик омилларга САСнинг боғлиқлигини етарлмувофиқлик даражаси юқори бўлган регрессия тенгламаси келтириб чиқарилди. Фурфурол:стиролнинг мақбул нисбати эквимоляр (0.8:1 дан 1.2:1 гача) га яқин деб ҳисобланиши, киритилаётган $ZnCl_2$ миқдори 8-12% бўлиши аниқланган.

4. Олинган амфолитларнинг "Синтез-структура-хосса" муносабатлари ўрнатилди. Полимер сорбентларнинг морфологияси ва фазовий тузилиши ИК-спектроскопик, структуравий-морфологик ва потенциометрик тадқиқотлар ёрдамида ўрганилди.

5. Аминокарбоксилли АНКБФ полиамфолитнинг Н - ва Na-шаклларида статик шароитда ютилиш вақтида мис (II) ионларининг стационар чегарасини ҳосил қилиш шароитлари урнатилди, ион диффузиясининг секин кечадиган босқичи, жараённинг кинетик характеристикалари баҳоланди ва «МАХАМ-СНІРСНІQ» АЖ корхонасида аммиак синтези вақтида конверсион газни тозалашда ишлатиладиган мис-аммиак эритмасидан (МАЭ) сорбция учун фойдаланиш имконияти кўрсатилди.

6. Модел эритмаларидан мис ионлари билан олинган ионитларнинг ҳосил бўлган полимер мажмуаларининг барқарорлик константалари потенциометрик титрлаш усули билан топилган бўлиб, унинг қиймати янги сорбентларнинг етарли танловчанлигини кўрсатди. Мис ионлари сорбцияланишининг ичкидиффузион характери чекланган ҳажм усулида аниқланди, диффузия коэффицентлари ва сорбция жараёнининг фаолланиш энергияси ҳисобланди.

7. Мис ионларининг олинган мажмуалар матричасига боғланиш намунаси квант кимёвий усуллар ёрдамида аниқлаштирилди ва ҳосил бўлган мажмуаларнинг структура ва энергетик параметрлари аниқланди. Мис (II) ионлари ва полимернинг функционал гуруҳлари орасида кўплаб координацион структураларнинг мавжудлиги азот атомларининг бўлинмаган жуфт

электронлари жуфтлари ва металлнинг эркин d-орбиталлари иштирокида донор-акцептор боғланишларнинг ҳосил бўлишига боғлиқ эканлиги кўрсатилган.

8. Олинган полиамфолитларнинг эксплуатацион хоссаларини лаборатория шароитида аниқлаш АНФС аминосульфат полиамфолитини олиш жараёни технологик схемасини ишлаб чиқиш имконини берди, улар асосида вақтинчалик технологик регламент ишлаб чиқилди ва полиамфолитнинг тажриба партияси олинди.

9. КУ-2-8 катионитга нисбатан "А" маркали энг юқори навли амфолитлар ишлаб чиқаришда кутилаётган иқтисодий самара йилига 319 748 000 сўм ташкил этади.

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

ТАШКЕНТСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

АБДУТАЛИПОВА НЕЛЛЯ МУДАРИСОВНА

**СИНТЕЗ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ АМФОЛИТОВ
ПОЛИКОНДЕНСАЦИОННОГО ТИПА С АМИНОСУЛЬФАТНЫМИ,
АМИНОФОСФОРНЫМИ И АМИНОКАРБОКСИЛЬНЫМИ ГРУППАМИ
И ИХ СВОЙСТВА**

02.00.14 - Технология органических веществ и материалы на их основе

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

ТАШКЕНТ - 2021

Тема диссертации доктора технических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистана за В2021.4.DSc/T117

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу ik-kimyo.nu.uz информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу (www.ziyonet.uz).

Научный консультант: Туробжонов Садриддин Махаммадинович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Адылов Равшан Иркинович
доктор технических наук, профессор

Акбаров Хамдам Икрамович
доктор химических наук, профессор

Каримов Масъуд Убайдулла ўгли
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Химико-фармацевтический научно-исследовательский институт им.А.Султанова

Защита диссертации состоится «22» декабря 2021 года в 9⁰⁰ 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).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского химико-технологического института за №121, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (100011, г. Ташкент, Шайхонтахурский район, ул. А.Навои, 32.Тел.: (99871) 244-79-21).

Автореферат диссертации разослан «07» декабря 2021 года.
(протокол рассылки № 29 от «03» декабря 2021 г.).



С.М. Туробжонов

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.Р. Рахмонбердиев

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день использование высокомолекулярных соединений, в том числе синтетических ионообменных полимеров с заданным комплексом свойств, в процессах очистки, разделения ценных веществ и в других смежных отраслях промышленности растет с каждым годом. Вместе с тем, имеет важное значение совершенствование процессов исследования взаимосвязи между химической структурой и свойствами высокомолекулярных соединений, умягчения и опреснения воды с помощью ионитов, извлечения ценных и утилизация токсичных компонентов из промышленных сточных вод и производственных растворов, разделения биологических объектов, продуктов питания и лекарственных препаратов, редкоземельных элементов и изотопов.

В мире проводятся научные исследования по предотвращению загрязнения окружающей среды, устранению загрязнения природных источников, умягчению и опреснению сточных вод и развитию других смежных отраслей с использованием синтетических ионообменных полимеров. В связи с этим особое внимание уделяется синтезу новых сополимеров с матричным каркасом для введения в них ионогенных групп, получению комплексообразующих, селективных ионитов, формированию сорбционных свойств ионообменных полимеров и модификации технологий производства.

В нашей стране в последние годы достигнуты значительные научные результаты в процессах внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий переработки сырья на химических предприятиях, увеличения производства и расширения ассортимента выпускаемой продукции на основе международных стандартов, производства синтетических ионообменных полимеров. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи по «дальнейшей модернизации и диверсификации промышленности путем перевода ее на качественно новый уровень, направленные на опережающее развитие высокотехнологичных обрабатывающих отраслей, прежде всего по производству готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на базе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов».¹ В связи с этим, актуальным является проведение научных исследований в области синтеза новых импортозамещающих амфолитов поликонденсационного типа на основе вторичных продуктов производства - фурфурола и кубовых остатков производства акрилонитрила.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных 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

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан»

организаций химической промышленности» 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 других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии Республики Узбекистан VII. «Химическая технология и нанотехнология».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации.² Исследования, направленные на разработку технологий производства ионообменных полимеров и совершенствование процессов умягчения и опреснения воды, извлечения ценных и токсичных компонентов из промышленных сточных вод и производственных растворов с использованием ионитов проводятся в ведущих исследовательских центрах и университетах по всему миру, в том числе в: University of Delhi (Индия), University of Loughborough (Великобритания), The University of California (США), Ege University (Турция), Maria Curie-Sklodowska University (Польша), University of Kitakyushu (Япония), Институте физической и органической химии Белорусской академии наук (Беларусь), University of Melbourne (Австралия), Научно-исследовательском институте пластмасс (Россия), Институте химии имени А.Б. Бектурова (Казахстан) и Национальном университете Узбекистана (Узбекистан).

В результате исследований по всему миру по очистке сточных вод, извлечению ценных веществ из производственных растворов химических предприятий с использованием высокомолекулярных соединений с заданным комплексом свойств, синтетических ионообменных полимеров получен ряд научных результатов, в том числе: получен ионит нового типа с однородным гранулометрическим составом зерен (Dow Chemical Co. США; Bayer AG Германия и Purolite international Ltd, Великобритания); методами химической модификации и радикальной сополимеризации – новые сополимеры на основе стирола и дивинилбензола никотинамидной группы, изомеров 2-метил-5-винилпиридинметакрилоламинобензойной кислоты (Казахстанский национальный университет им. Аль-Фараби, Казахстан); синтезированы ионообменные сорбенты с бактерицидными свойствами на основе сшитых сополимеров акрилонитрила (Instituto de Química (Бразилия); разработаны сорбенты селективного действия на основе производных фурфурола с высокой реакционной способностью (Ajou University, Корея); изучены эффективность и механизм детоксикации гидрализатов лигноцеллюлозы и удаления ингибирующих соединений перед ферментацией с помощью обработки гидролизата различными ионообменными смолами (Swedish Pulp and Paper

² Обзор зарубежных исследований проведен <https://www.crunchbase.com/organization/anchor-drilling-fluids-usa>; www.scprod.com; www.special-products.com; www.stratacontrol.com; www.sundrilling.com; www.sulfatreat.com. и на основе других источников.

Research Institute, Швеция), исследована сорбция ионов меди (II), цинка (II), никеля (II), свинца (II) и кадмия (II) на синтетической сульфированной смоле Amberlite IR-120 (Selcuk University, Турция).

В мире ведутся исследования по разработке технологий получения ионитов с заданным составом и свойствами и совершенствованию областей их применения, в том числе по следующим приоритетным направлениям: обоснование закономерностей синтеза новых сополимеров, выполняющих роль полимерной матрицы для введения ионогенных групп; получение селективных ионитов с комплексообразующими свойствами; определение основных сорбционных и физико-химических свойств ионообменных полимеров; извлечение ценных и токсичных компонентов из промышленных сточных вод и производственных растворов с помощью ионитов и совершенствование процессов умягчения и опреснения воды.

Степень изученности проблемы. Систематическое изучение совершенствования технологий разделения, очистки, извлечения ценных веществ с использованием высокомолекулярных соединений, в том числе синтетических ионообменных полимеров с комплексом заданных свойств в мире проведены такими учеными, как А. Massoud, S.A. Waly, B. Gong, Sh. Sato, Y. Tada, S. Sakawa, Гельферихом Ф., Салдадзе К.М., Чмутовым К.В., Самсоновым Г.В., Куниным Р., Майерсом Р., Синявским В.Г., Пашковым А.Б., Гриссбахом Р., Ергожиным Е.Е., Ласкориним Б.Н., Осрборн Г., Коршаком В.В., Тевлиной А.С., Тростянской Е.Б., Даванковым А.Б., Лейкиным Ю.А., Копылова-Валовой В.Д., Пимневой Л.А., Бектуровым Е.А., Туробжоновым С.М., Джалиловым А.Т., Аскарковым М. А., Фатхуллаевым Э., Назировой Р.А., Таджиходжаевым З.А., Турсуновым Т.Т., Каттаевым Н.Т. и др.

Недостаточное внимание уделяется производству полиамфолитов поликонденсационного типа с аминосульфатными, аминифосфорными и аминокарбоксильными группами, соответствующих международным стандартам, на основе вторичных продуктов производства - фурфурола и кубовых остатков производства акрилонитрила, изучению их сорбционных свойств в промышленных условиях, использованию квантово-химических методов для выяснения механизма и кинетических параметров комплексообразования ионов металлов с полученными ионитами.

Анализ и оценка работ по разработке технологии производства ионитов с заданным составом и свойствами показывает, что производство синтетических ионообменных полимеров с комплексом свойств, изучение взаимосвязи между химической структурой и свойствами, использование их в технологиях разделения, очистки, извлечения научно не обоснованы. Недостаточно исследовано совершенствование процессов разделения биологических объектов, продуктов питания и лекарств, а также редкоземельных элементов и изотопов. Не обоснованы процессы умягчения и опреснения воды, извлечения ценных и токсичных компонентов из промышленных сточных вод и производственных растворов с использованием ионитов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего учебного заведения. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института в рамках научных проектов ЁА-6-1 «Разработка эффективной технологии очистки сточных вод текстильной промышленности от красителей» (2014-2015 гг.) и ЁА 12-6 «Разработка технологии получения новых амфолитов поликонденсационного типа с заранее заданными свойствами» (2016-2017 гг.).

Целью исследования является разработка технологии производства и совершенствование процессов применения амфолитов поликонденсационного типа, содержащих аминосульфатные, аминифосфорные и аминикарбоксильные группы.

Задачи исследования:

регулирование реакции поликонденсации стирола и полиэтиленполиамина с использованием фурфурола в качестве сшивающего агента;

определение оптимальных условий синтеза ионитов на основе фурфурола и кубовых остатков нитрила акриловой кислоты (НАК);

регулирование процессов химической модификации при полимераналогичных превращениях в реакциях сульфирования и фосфорилирования анионита на основе стирола, фурфурола и ПЭПА;

определение морфологии и молекулярного строения полиамфолитов на основе кубовых остатков производства НАК и фурфурола;

определение морфологии и молекулярного строения анионита на основе стирола, фурфурола и ПЭПА и полиамфолитов на его основе;

изучение физико-химических и эксплуатационных характеристик новых амфотерных ионообменников с целью определения их областей применения;

исследование кинетики и термодинамики процесса сорбции ионов $\text{Cu}(\text{II})$ комплексами, полученными на основе ПЭПА и НАК;

изучение механизмов сорбции и комплексообразования ионов меди на новых ионитах с помощью методов компьютерного моделирования.

Объектом исследования являются фурфурол, стирол, ПЭПА, кубовые остатки, образующиеся при производстве акрилонитрила, готовый продукт – амфотерные иониты.

Предметом исследования является синтез полиамфолитов на основе ранее известных свойств фурфурола, а также определение кинетических, энергетических и комплексообразующих параметров сорбционных процессов с их участием.

Методы исследования. В диссертации использовались элементный анализ, изотермическая сорбция, потенциометрическое титрование, фотоэлектроколориметрия, ИК-спектроскопия, электронная микроскопия (РЭМ, СЭМ), термогравиметрический и дифференциально-термический анализ (ТГ, ДТГ, ДТА), компьютерные вычислительные программы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые получены аминикарбоксильные полиамфолиты на основе

фурфурола и кубовых остатков производства нитрила акриловой кислоты, определено влияние исходных материалов на состав конечного продукта и найдены оптимальные условия синтеза полиамфолитов с улучшенными свойствами;

синтезированы аминосульфатные и аминофосфорные амфолиты с заданной структурой и свойствами на основе стирола, фурфурола и ПЭПА;

определено влияние различных факторов на процесс поликонденсации сополимера на основе стирола, фурфурола и ПЭПА и установлены оптимальные условия получения полиамфолитов с заданными физико-химическими свойствами;

построена математическая модель зависимости условий синтеза анионита на основе стирола, фурфурола и ПЭПА от его физико-химических свойств, выведено уравнение регрессии с адекватностью более 85%;

определены сорбционные и физико-химические свойства новых полиамфолитов путем расчета кинетических и термодинамических параметров сорбции ионов меди (II);

разработан новый метод исследования механизма комплексообразования новых амфотерных ионитов с ионами меди (II) с использованием современных квантово-химических методов;

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

определены оптимальные условия получения нового сополимера на основе фурфурола, выполняющего роль полимерной матрицы для получения ионитов;

получены новые аминокарбоксильные полиамфолиты с комплексообразующими свойствами на основе кубовых остатков акрилонитрила для селективного извлечения ионов металлов из сточных вод;

разработана технология получения полиамфолитов поликонденсационного типа, содержащих аминосульфатные, аминофосфорные и аминокарбоксильные группы.

Достоверность полученных результатов основана на использовании современных методов и средств измерений, физико-химических, математико-статистических методов при обработке данных технологических процессов производства полиамфолитов поликонденсационного типа, содержащих аминосульфатные, аминофосфорные и аминокарбоксильные группы, взаимной адекватности теоретических и практических исследований, основанных на положительных результатах, экспериментальных испытаний и внедрение их на предприятиях химической отрасли республики.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется химической модификацией сшитых сополимеров фурфурола и кубовых остатков производства НАК, механизмом комплексообразования ионов металлов с ионитами и определением кинетических параметров квантово-химическими методами.

Практическая значимость исследования заключается в определении технологических режимов производства полиамфолитов

поликонденсационного типа, содержащих аминосульфатные, аминотрифосфорные и аминотетрафосфорные группы. Сорбция ионов кальция, магния, двухвалентной меди, никеля и кобальта на синтетических ионитах служит для умягчения и опреснения воды, разделения ценных и токсичных компонентов из промышленных сточных вод и производственных растворов.

Внедрение результатов исследования. На основании полученных результатов по производству новых амфотерных ионитов на основе фурфурола с заданной структурой и физико-химическими свойствами:

утверждён стандарт производства ионообменных полиамфолитов АНФС Агентством «Узстандарт» (Ts14825224-006:2020). В результате появилась возможность разработать селективный амфотерный ионит на основе стирола и фурфурола в присутствии ПЭПА;

запатентован способ получения амфотерного ионообменного полимера с аминотетрафосфорной группой Агентством интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ IAP 06174, 2020). В результате появилась возможность получить термодинамически стабильный амфолит на основе фурфурола и кубовых остатков производства НАК;

производство полиамфолитов поликонденсационного типа, содержащих аминосульфатные, аминотрифосфорные и аминотетрафосфорные группы, включено в «Перечень перспективных разработок для реализации в АО «Узкимесаноат» в 2021-2023 гг.» (Справка АО «Узкимесаноат» от 27 марта 2021 г. № 23/3 -1171). В результате появилась возможность производства в АО «МАКСАМ-ЧИРЧИК» Na-формы полиамфолита для сорбции ионов меди из разбавленного ($C_{исх}=5,49$ г/л) медно-аммиачного раствора, используемого на предприятии.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены, в том числе, на 8 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы всего 30 научных работ. Из них 11 статей, в том числе 7 в республиканских и 4 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объём диссертации. Структура диссертации состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 188 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект, предмет и методы исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, приведены обзор международных научных исследований по теме диссертации, степень изученности проблемы, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта

теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены краткие сведения о внедрении по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Анализ современного состояния и перспективы развития методов получения эффективных амфолитов» приводится обзор международных и отечественных научных исследований по теме диссертации, в котором рассмотрены современное состояние синтеза амфотерных ионитов, условия реакций их полимераналогичных превращений, приводящих к получению полимеров с группами проявляющими амфотерные свойства. Изучением данных научно-технической и патентной документации проанализированы тенденции целенаправленного применения ионообменных материалов в различных сорбционных технологиях.

На основе тщательного анализа имеющихся теоретических и экспериментальных данных сформулированы цель и задачи исследования. Обоснованы актуальность и значимость темы диссертации, приведено заключение о необходимости регулируемого синтеза новых амфотерных ионитов с комплексом заданных свойств.

Вторая глава диссертации «Экспериментальные установки, методики проведения опытов и обработки данных» посвящена физико-химическим характеристикам исходных реагентов, методам синтеза новых полимеров на основе фурфурола и методам изучения основных свойств полученных амфолитов.

В третьей главе диссертации «Особенности синтеза ионообменных полимеров на основе фурфурола с заранее заданным составом» приводятся результаты исследований закономерностей образования анионита «АНФ», с развитой пространственной структурой, путём поликонденсации стирола, фурфурола и полиэтиленполиамин (ПЭПА), составляющим основу полимерной матрицы для получения аminosульфатного (АНФС) и аминфосфорного амфолитов. А также приведены результаты направленного синтеза амфотерных ионитов на основе кубовых остатков производства НАК и фурфурола с управляемой структурой и свойствами.

При взаимодействии с фурфуролом, стиролом и ПЭПА он является не только конденсирующим агентом, но и мостообразующим агентом, от его концентрации зависят сорбционные и физико-химические свойства получаемого ионита. Были синтезированы соответствующие образцы ионита для получения анионита АНФ с различным числом поперечных связей.. Поликонденсацию анионита проводили при мольном соотношении реагирующих веществ фурфурола к стиролу от 0,5:1 до 2:1 соответственно.

Наглядной иллюстрацией зависимости обменной емкости анионита АНФ от различных факторов является построенная математическая модель. Для построения математической модели проведены исследования по изучению влияния температуры на процесс поликонденсации стирола, фурфурола и ПЭПА (при мольном соотношении стирола к фурфуролу 1:1). Процесс поликонденсации изучали в интервале температур от 70 до 110 °С. Количество

фурфуrolа варьировали в пределах от 0,5 до 2 молей на 1 моль стирола; содержание катализатора $ZnCl_2$ варьировали от 5 до 20 %.

С помощью программы MathCad построены графики зависимости обменной емкости (COE) анионита АНФ по 0,1 н раствору соляной кислоты от температуры реакции (t , °C) и количества катализатора хлористого цинка при соотношении стирол:фурфуrol 1:1 (рис.1), а также зависимости COE от температуры реакции и мольного соотношения фурфуrolа (F) к стиrolу (S) при содержании $ZnCl_2$ 10 % (рис. 2).

Согласно экспериментальным и расчётным данным оптимальным соотношением фурфуrol:стиrol следует считать близкое к эквимолярному (от 0,8:1 до 1,2:1), т.к. с выходом за пределы этого соотношения значение COE резко снижается. Что же касается количества вводимого $ZnCl_2$, то оптимальным следует считать содержание $ZnCl_2$ 8-12 %. При этом обеспечивается наиболее равномерное течение реакции и как следствие получение ионитов с улучшенными показателями.

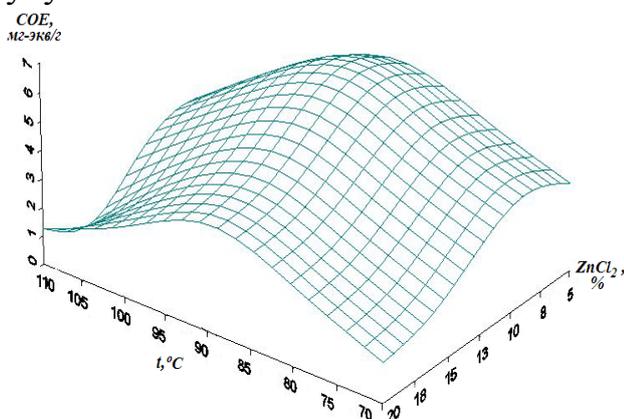


Рис. 1. Влияние количества катализатора и температуры реакции на обменную емкость ионита по 0,1н раствору HCl

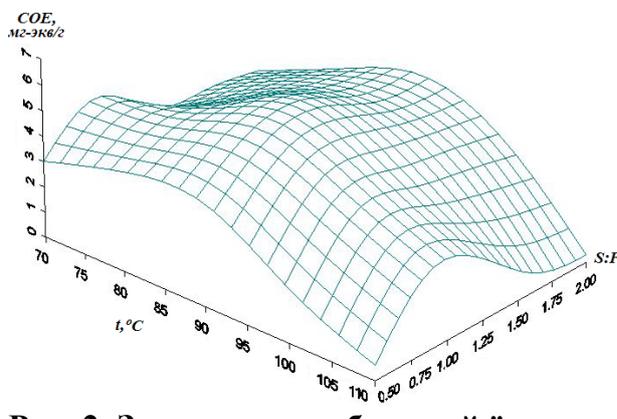


Рис. 2. Зависимость обменной ёмкости анионита «АНФ» по 0,1н раствору HCl от температуры реакции и мольного соотношения стирола (S) к фурфуrolу (F)

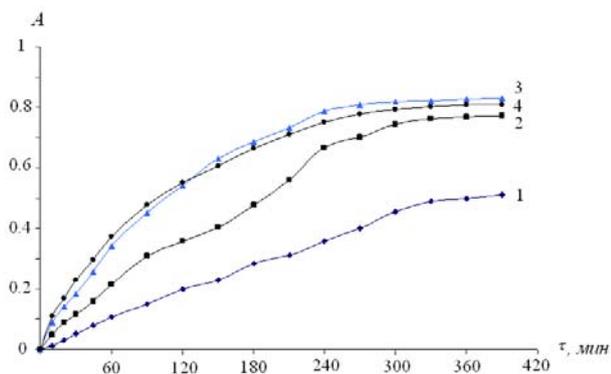
На основании экспериментальных данных выведено уравнение регрессии зависимости COE от технологических факторов. При этом варьируемыми факторами являлись: температура - X_1 , содержание катализатора $ZnCl_2$ - X_2 , а также количество молей фурфуrolа к 1 моль стирола - X_3 .

$$Y = -418,6549 + 4,7231 \cdot X_1 - 2,2494 \cdot X_2 + 64,8215 \cdot X_3 - 0,0203 \cdot X_1^2 + 0,0537 \cdot X_2^2 - 14,8869 \cdot X_3^2 + 8651,5268 \cdot \frac{1}{X_1} - 80,6035 \cdot \frac{1}{X_2} + 42,9097 \cdot \frac{1}{X_3}$$

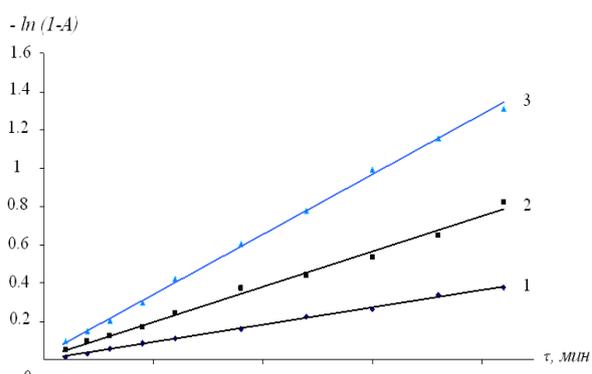
Для получения аминосульфатного амфолита (АНФС) были проведены реакции химических превращений. Исследовано влияние температуры на процесс сульфирования (рис.3) и определена лимитирующая стадия процесса (рис. 4).

В начале возрастание обменной емкости происходит преимущественно за счет увеличения содержания сульфогруппы (рис.3). При более продолжительном сульфировании и более жестких условиях проведения реакции, повышение полной статической обменной емкости происходит

главным образом за счет протекания процессов окисления, приводящих к увеличению содержания карбоксильных групп.



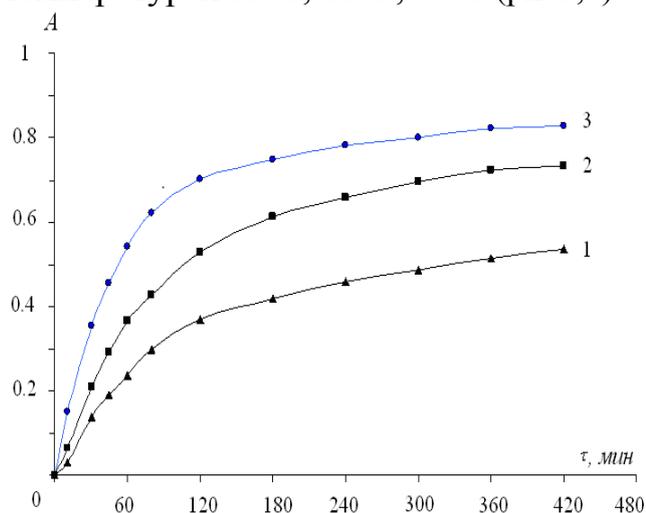
**Рис. 3 . Зависимость степени сульфирования анионита при температурах:
1 - 50°C, 2 - 60°C, 3 - 70°C, 4 - 80°C**



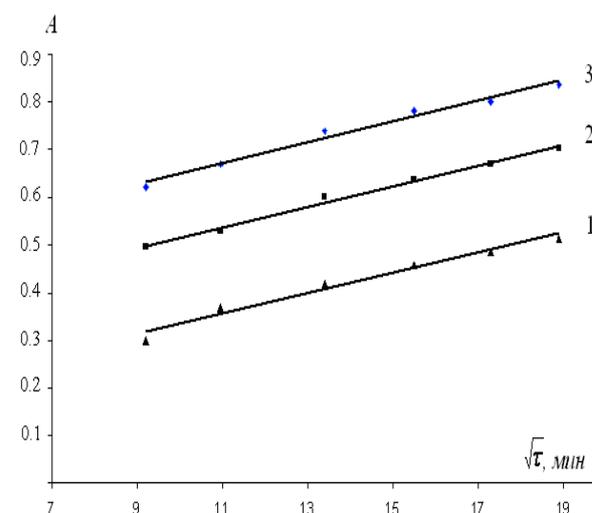
**Рис. 4. Анаморфозы кинетических кривых реакции сульфирования анионита:
1 - 50°C, 2 - 60°C, 3 - 70°C**

Исходя из прямолинейного характера зависимости (рис.4) $-\ln(1-A)$ от τ являющегося отражением процесса диффузии, можно судить об осуществлении процесса по пленочному механизму. Рассчитанное значение энергии активации реакции сульфирования анионита равно 56,81 кДж/моль. Невысокое значение энергии активации свидетельствует о том, что процесс сульфирования анионита АНФ протекает достаточно легко.

С целью установления механизма фосфорилирования полученного анионита АНФ реакцию фосфорилирования проводили треххлористым фосфором в присутствии катализатора треххлористого алюминия при температурах 55°C, 65°C, 75°C (рис5,6).



**Рис. 5. Зависимость степени фосфорилирования анионита при температурах:
1- 55°C, 2 -65°C, 3 -75°C**



**Рис. 6. Зависимость A от $\sqrt{\tau}$ для конечной стадии процесса фосфорилирования анионита:
1- 55°C, 2 -65°C, 3 -75°C**

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что реакция фосфорилирования анионита протекает с достаточно высокой степенью превращения ($0.8 \div 0.82$), причём скорость превращения в начальной стадии $\tau < 80$ мин лимитируется пленочной диффузией. Далее по мере увеличения степени превращения при $\tau > 80$ мин на скорость реакции фосфорилирования возрастает влияние внутридиффузионного процесса, который характеризуется проникновением трёххлористого фосфора вглубь зерна анионита, т.е. лимитирующей стадией процесса становится диффузия в зёрна (рис. 6).

С целью расширения ассортимента ионообменных полимеров был создан аминокарбоксильный амфолит регулярной структуры, при достаточно высокой механической прочности, термо-химической стойкости и избирательной активности к ионам меди. Сущность данного способа получения аминокарбоксильного амфолита АНКБФ заключается в поликонденсации фурфурола и кубовых остатков, образующихся при производстве нитрила акриловой кислоты (НАК), в соотношении 1:1 в присутствии хлористого цинка как катализатора. С целью превращения нитрильных групп в карбоксильные проводили омыление полученного полимера раствором едкого натра. Для перевода амидных групп в аминные была проведена реакция Гоффмана спиртовым раствором гипохлорита натрия.

Изучено влияние массового соотношения реагирующих веществ на свойства амфолита. Массовое соотношение кубовых остатков производства нитрила акриловой кислоты и фурфурола варьировали в пределах от 1-1,5 моль. Данные исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость свойств амфолита АНКБФ от мольного соотношения кубовых остатков НАК и фурфурола

Наименование Показателей	Соотношение кубовых остатков НАК к фурфуролу в молях		
	1:1	1: 1,25	1:5
Удельный объём набухшего в воде амфолита в ОН-форме, мл/г	3,6	2,9	2,0
Насыпной вес, г/мл	0,65	0,6	0,58
Статическая обменная ёмкость по 0.1 N растворам, мг-экв/г			
NaOH	4,5-5,0	4,4	4,0
NaCl	2,0	1,4	1,1
HCl	5,0	4,0-4,2	3,5-3,9
H ₂ SO ₄	6,0	5,1	4,6
CaCl ₂	3,0	2,5	2,0
CuSO ₄	2,8-3,0	2,2	1,5

Экспериментальные данные показали, что при одной и той же природе основного мономера и сшивающего агента гибкость полимерной матрицы зависит от количества сшивающего агента: с увеличением его мольной доли в исходной смеси мономеров степень поперечного сшивания ионита возрастает и уменьшается структурный порядок в системе. При этом кислотно-основные свойства амфолита также снижаются из-за уменьшения электростатической свободной энергии и конфигурационной энтропии матрицы полимера. Это приводит к ухудшению электронодонорных свойств лигандных групп ионита, в результате чего уменьшается энергия координационной связи. В связи с этим оптимальным соотношением сшивающего агента и мономера выбрано - мольное отношение фурфурол: кубовые остатки производства НАК- 1:1.

Влияние температурного фактора на процесс поликонденсации амфолита АНКБФ изучали при 80, 90, 100, 110°C и мольном соотношении - кубовые остатки производства НАК и фурфурола 1:1 (табл. 2).

Таблица 2.

Влияние температуры поликонденсации на свойства амфолита АНКБФ

№	Температура реакции t, °C	Длительность реакции τ, час	Удельный объём набухшего в воде амфолита в ОН-форме, мл/г	Обменная ёмкость СОЕ, по 0,1 N NaOH мг-экв/г
1.	80	7-8	3	2,9
2.	90	6,5	2,8	3,8
3.	100	4,5-5	3,6	4,8-5,0
4.	110	2,5-3	2,1	2,7

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что снижение температуры поликонденсации ниже 100 °C препятствует получению полимера удовлетворяющего требованиям промышленности, вследствие получения ионита с низкими показателями свойств и затяжным синтезом. Также повышение температуры более 110 °C приводит к ухудшению основных свойств ионита.

Оптимальным вариантом проведения поликонденсации принята температура реакции 100 °C при этом продолжительность реакции составляет 4,5-5 часов и обменная емкость по 0,1 N раствору NaOH 4,8-5,0 мг-экв/г.

Четвертая глава диссертации **«Изучение особенностей строения полученных амфолитов в результате направленного синтеза»** посвящена изучению механизмов образования и установления структуры новых амфотерных ионообменных полимеров с использованием современных методов анализа в сочетании с ИК-спектроскопией и потенциометрическим титрованием.

Кислотно-основные свойства полученных амфолитов исследованы методом ИК-спектроскопии и потенциометрическим титрованием (рис.7,8).

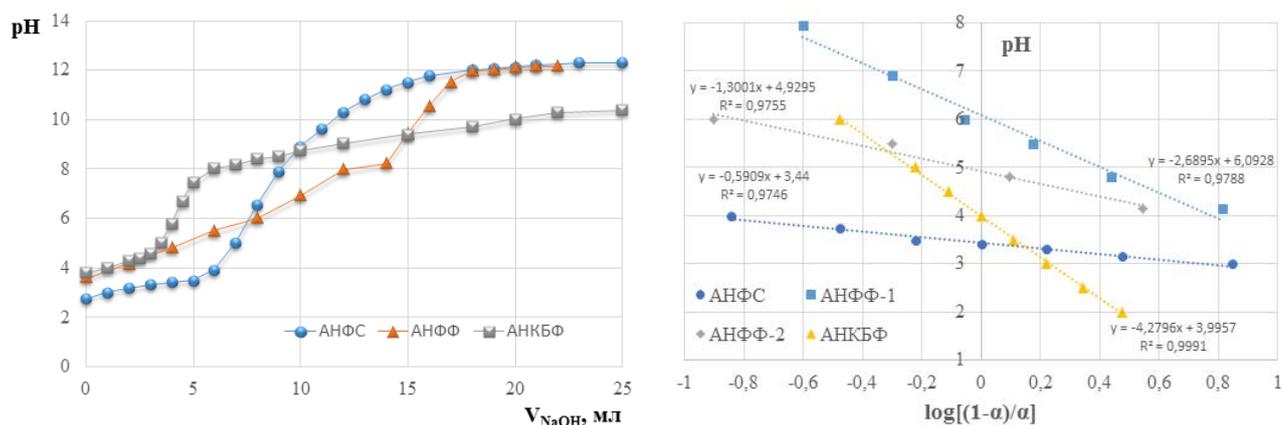


Рис.7. Кривые титрования амфилов в Н-форме 0,1 н раствором HCl

Полученные данные позволяют считать, что в ОН-форме кривые титрования соответствуют в основном вторичным и третичным аминным группам. В Н-форме амфолит АНФС содержит в своем составе связанные сульфогруппы ($-SO_3H$), которые в водном растворе диссоциируют в одну степень (рис 7).

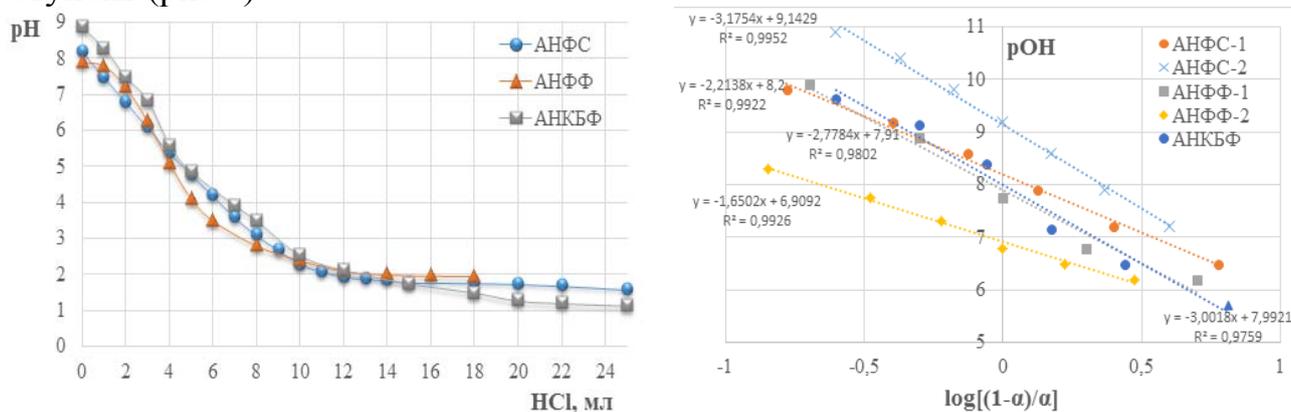


Рис.8. Кривые титрования амфилов в ОН-форме 0,1 н раствором NaOH

Потенциометрическое титрование аминоксфорного амфолита АНФФ показывает, что в Н-форме содержатся фосфорнокислые группы (рис. 8), при этом первая ступень находится в среднекислотной области ($pK=4,9$), вторая - слабокислотной области ($pK=6,1$). Кривые потенциометрического титрования аминоксфорного амфолита АНКБФ в Н- и ОН- (Na) формах соответствуют буферным слабокислотным катионитам и низкоосновным анионитам. Значения pK карбоксильных и первичных аминных групп соответственно равны 4,0 и 8,0 (рис.7,8).

Учитывая сложности, связанные с синтезом ионитов в процессе поликонденсации, установление взаимосвязи «синтез - структура - свойства» позволяет в определенной степени регулировать процесс получения полимерных сорбентов данного типа. С этой целью морфология структуры полученных сорбентов и их элементный состав исследовались с помощью сканирующего электронного микроскопа EVO MA 10 (Carl Zeiss, Германия)

На рис.9 приведены микрофотография и энерго-дисперсионный спектр случайно выбранной области поверхности гранулы аминокарбоксильного ионита АНКБФ. Полученные данные свидетельствуют о заметной гетерогенности сорбентов как с точки зрения размеров и формы гранул, так и структурных особенностей. На основании оптических наблюдений отмечалось, что сорбенты представляют собой гранулы неправильной формы, связанной с процессом измельчения сорбента после завершения реакции поликонденсации.

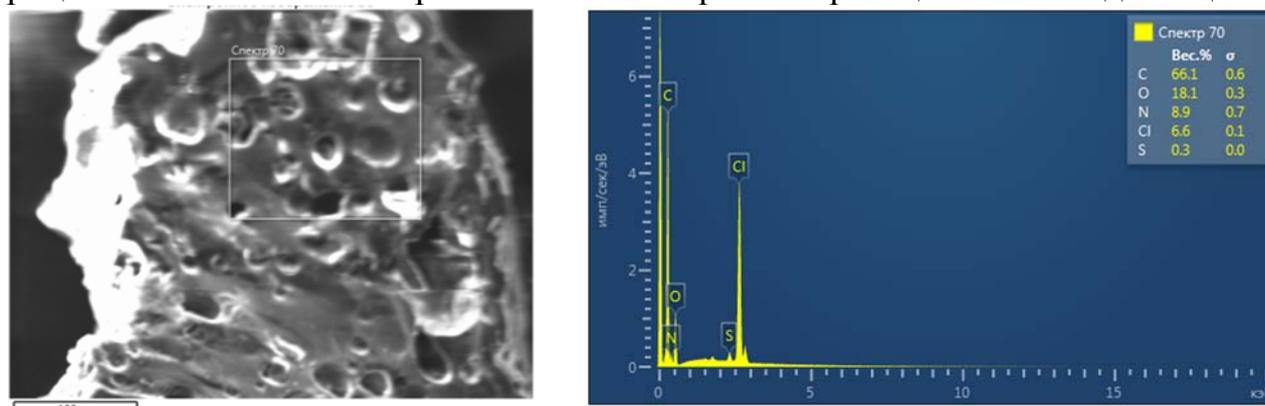


Рис.9 Микрофотография и энерго-дисперсионные спектры гранул аминокарбоксильного ионита АНКБФ.

Как видно из приведенных на рис.9 данных, изученный сорбент содержит в больших количествах как атомы кислорода (18,1 %), так и атомы азота (8,9 %). Эти данные количественно подтверждают факт получения аминокарбоксильного сорбента.

На рис.10 представлены микрофотография и энерго-дисперсионный спектр аминосульфатного амфолита АНФС полученного сульфированием поликонденсационного анионита на основе стирола, фурфурола и полиэтиленполиамина.

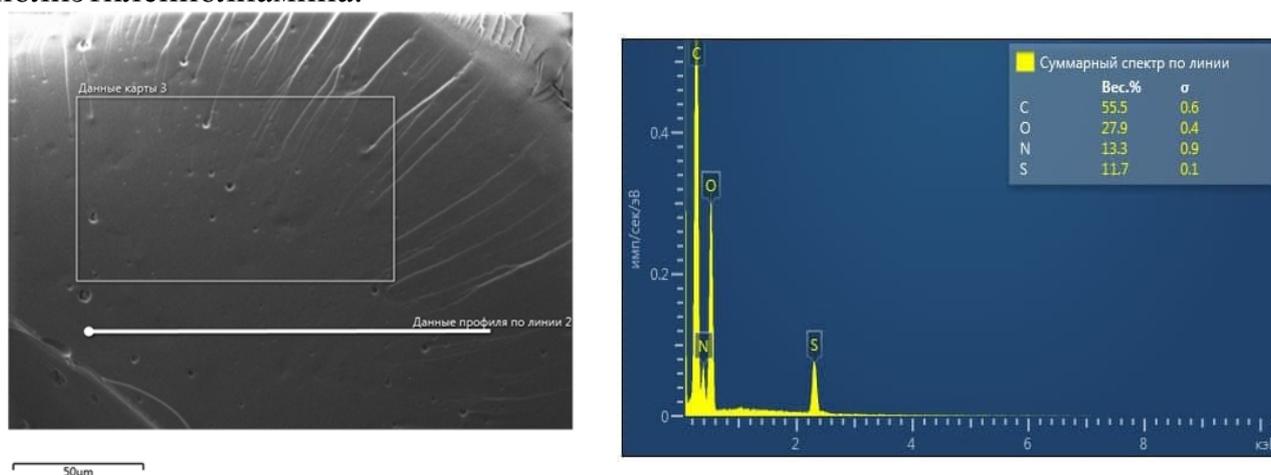


Рис.10. Микрофотография и энерго-дисперсионный спектр аминосульфатного амфолита АНФС

Из рис.10 можно увидеть, что в энерго-дисперсионном спектре присутствуют сигналы, относящиеся к элементам C, O, N и S. Наличие в энерго-

дисперсионном спектре как атомов N (13.3%), так и атомов S (11.7%) лишний раз свидетельствует в пользу факта получения аминосульфатного амфолита.

На микрофотографии аминокислотного амфолита АНФС можно наблюдать, что поверхность гранулы аминосульфатного амфолита заметно отличается от аминокислотного амфолита АНКБФ. В отличие от предыдущего амфолита текстура поверхности аминосульфатного амфолита АНФС практически гладкая с различными редкими мелкими структурными образованиями, напоминающие поры и углубления. Причем пористость этого образца при просмотре с поверхности почти не выявляется, очевидно за счет заметного уплотнения структуры в ходе реакции сульфирования за счет дополнительной гидрофизилизации матрицы исходного анионита.

Опираясь на теоретические знания и экспериментальные данные физико-химического, ИК-спектрального анализа предполагаемую структуру полученных амфолитов можно представить следующим образом:

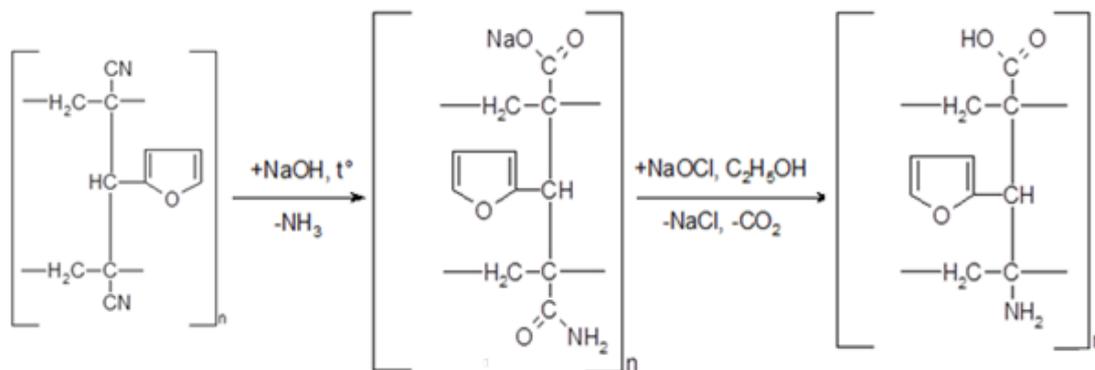


Схема 1. Получение аминокарбоксильного амфолита АНКБФ на основе фурфурола и кубовых остатков производства НАК

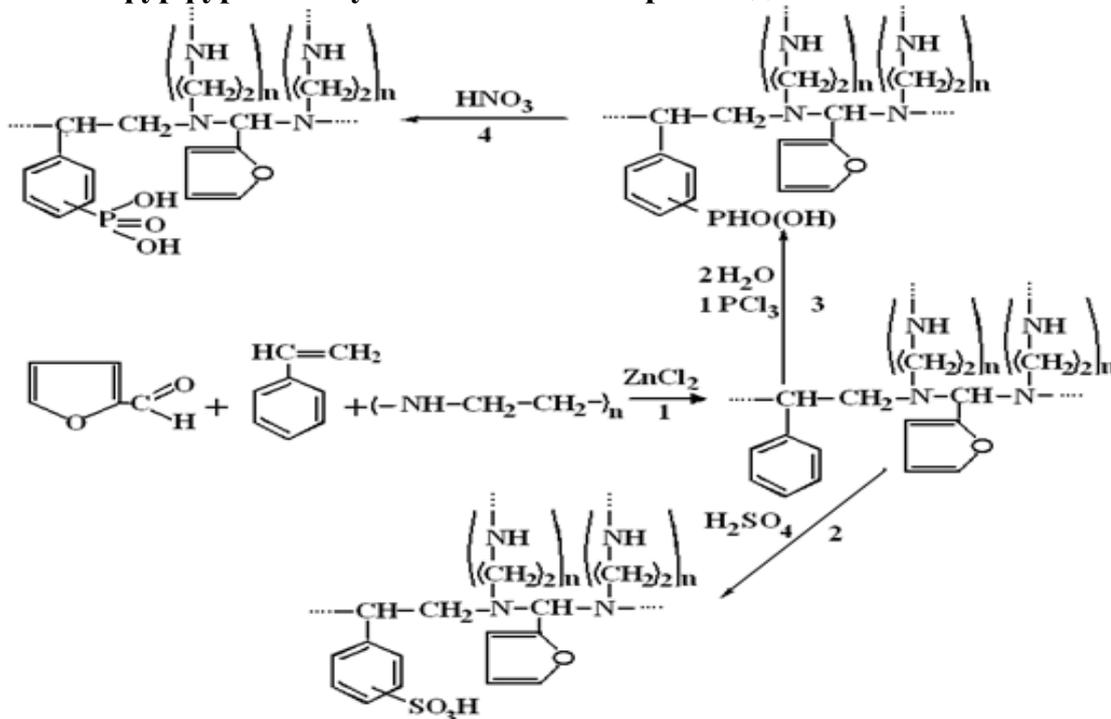


Схема 2. Получение анионита АНФ на основе стирола, фурфурола и ПЭПА, 2- сульфирование анионита АНФ, 3- фосфорилирование анионита АНФ, 4- окисление фосфорилированного анионита АНФ

В пятой главе диссертации «Исследование основных физико-химических характеристик новых ионитов и оценка областей их применения» приведены данные по изучению основных свойств полученных амфолитов.

С целью оценки возможности применения полученного амфолита АНКБФ на производстве, кинетику сорбции ионов меди изучали с использованием реального производственного медно-аммиачного раствора (МАР), применяемого при очистке конверсионного газа в процессе синтеза аммиака на АО «МАХАМ-СНІРСНІQ».

В исследовании наблюдалось увеличение скорости обмена между ионами после возобновления фазового контакта по сравнению со скоростью, с которой фазовый контакт был прерван. Возрастание скорости, таким образом, служит доказательством внутридиффузионной кинетики, что и наблюдается на рис. 11.

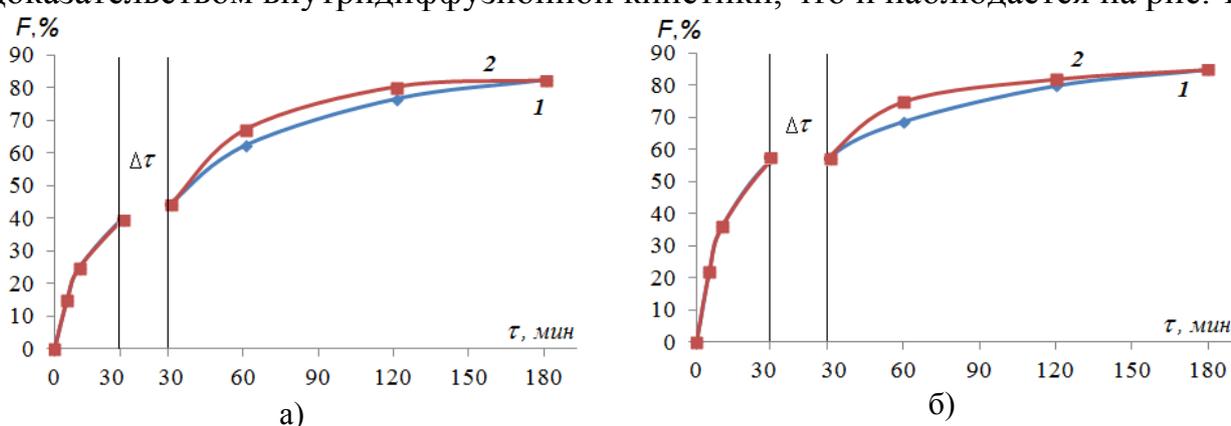


Рис.11. Кинетические кривые сорбции меди из МАР амфолитом АНКБФ в Н- (а) и Na –формах (б) 1-опыты без прерывания контакта фаз, 2-опыты с прерыванием контакта фаз $\Delta\tau=30$ мин

Для определения типа диффузионной кинетики использовали также известные зависимости скорости изотопного ионного обмена от времени. При этом (рис 12) наблюдается линейная зависимость Bt от t , которая служит доказательством того, что медленной стадией является диффузия внутри смолы.

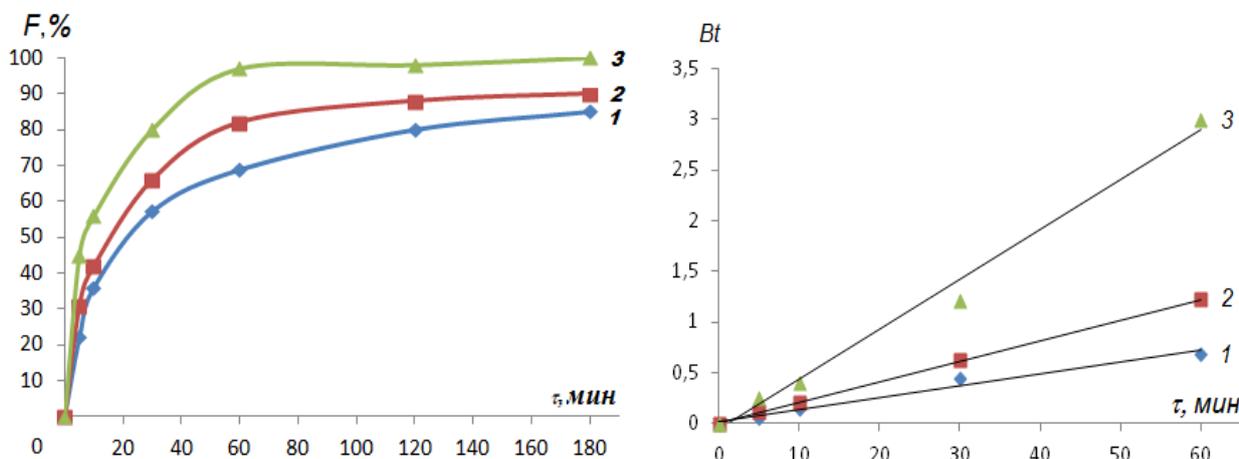


Рис12. Кинетические кривые сорбции меди из МАР амфолитом АНКБФ в Na-форме при температурах: 1-25 °С, 2-40 °С, 3-60 °С

Таким образом, на основании кинетических данных вычислены коэффициенты диффузии при различных температурах и найдены энергии активации на амфолите АНКБФ в H⁻ и Na – формах (табл. 3).

Таблица 3.

Кинетические данные полученные с помощью метода ограниченного объема для гелевой кинетики

Форма ионита	Температура МАР, °С	В	$D \cdot 10^6$, см ² /с	Время полуобмена, $\tau_{1/2}$, сек	ΔE кДж/моль
H ⁺	25	0.0117	2.97	25.2	33.8
	40	0.0203	5.15	14.6	
	60	0.0494	12.5	6	
Na ⁺	25	0.0082	2.1	35.7	25.4
	40	0.0129	3.3	22.7	
	60	0.0245	6.2	12.1	

Внутридиффузионный характер кинетики подтверждается также отсутствием влияния на скорость сорбции ионов меди изменения скорости вращения мешалки реактора в пределах от 60 до 400 об/мин.

Учитывая, что ионообменная очистка сточных и производственных растворов на промышленных предприятиях проводится в динамических условиях, была определена величина динамической обменной емкости полученных амфолитов.

Таблица 4.

Результаты исследования сорбции ионов меди Cu²⁺ на амфолите АНФФ из медьсодержащих сточных вод (C_{исх} = 90 мг/л)

Наименование показателей	Ед. изм.	Ионная форма амфолита	
		H-форма	Na-форма
Удельный объем	см ³ /г	2,8	3,1
Насыпной вес	г/см ³	0,65	0,68
Массовая доля влаги	%	18	20
Полная динамическая обменная емкость	моль/м ³	530	695
Динамическая обменная емкость до проскока	моль/м ³	142	178
Фактический расход регенерирующего раствора	г/моль	9964	7840
Расход промывной воды	объем/объем	4	6

Полученные иониты были исследованы также на предмет селективности к ионам меди (II). Для выяснения механизма комплексообразования этот процесс был исследован разными методами. На рис.13 приведены данные кривых потенциометрического титрования анионита АНФ в присутствии (1) и отсутствии ионов меди II (2).

Графическим методом рассчитаны кажущиеся константы диссоциации функциональных групп анионита. Значения последних равны $pK_1=8,22$ и $pK_2=9,13$, что соответствует третичным и вторичным аминогруппам.

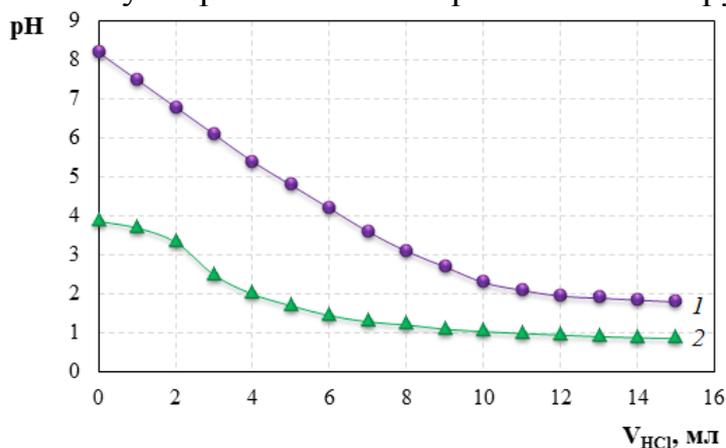


Рис.13 Потенциометрическое титрование анионита АНФ (ОН-форма) 0,3 н раствором HCl в присутствии (1) и отсутствие ионов меди II (2)

Также была найдена константа равновесия реакции, соответствующая константе устойчивости ионитного комплекса. Для комплекса анионита АНФ (ОН-форма) с ионами меди (II) $\lg K_{уст} = 5,1$ (при $n=2$) (рис. 14).

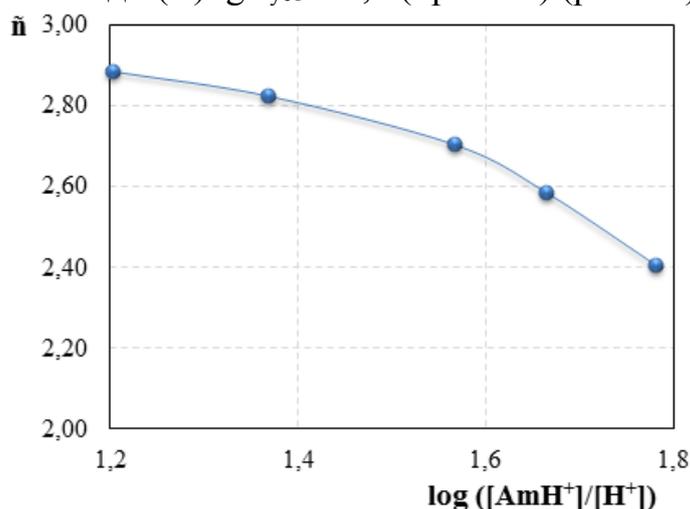


Рис.14. Кривая зависимости «ñ (функция образования Бьеррума) – $\log([AmH^+]/[H^+])$ » для системы Cu^{2+} - АНФ

Из данных кривой зависимости функции образования Бьеррума видно, что значения $\tilde{n} > 2$, т.е. один ион координирует до 4 функциональных групп комплексита. При этом возможно наличие трех, четырех и пятичленных комплексных структур.

Структурные и энергетические свойства комплексов синтезированных амфолитов с ионами меди изучены квантово-химическими методами. Построение и визуализация молекулярных систем выполнены с привлечением программ *Avogadro*, *GaussView*.

На рис.15 представлены равновесные структуры медьсодержащих комплексов различных фрагментов анионита АНФ, полученного сополимеризацией фурфурола, стирола и ПЭПА.

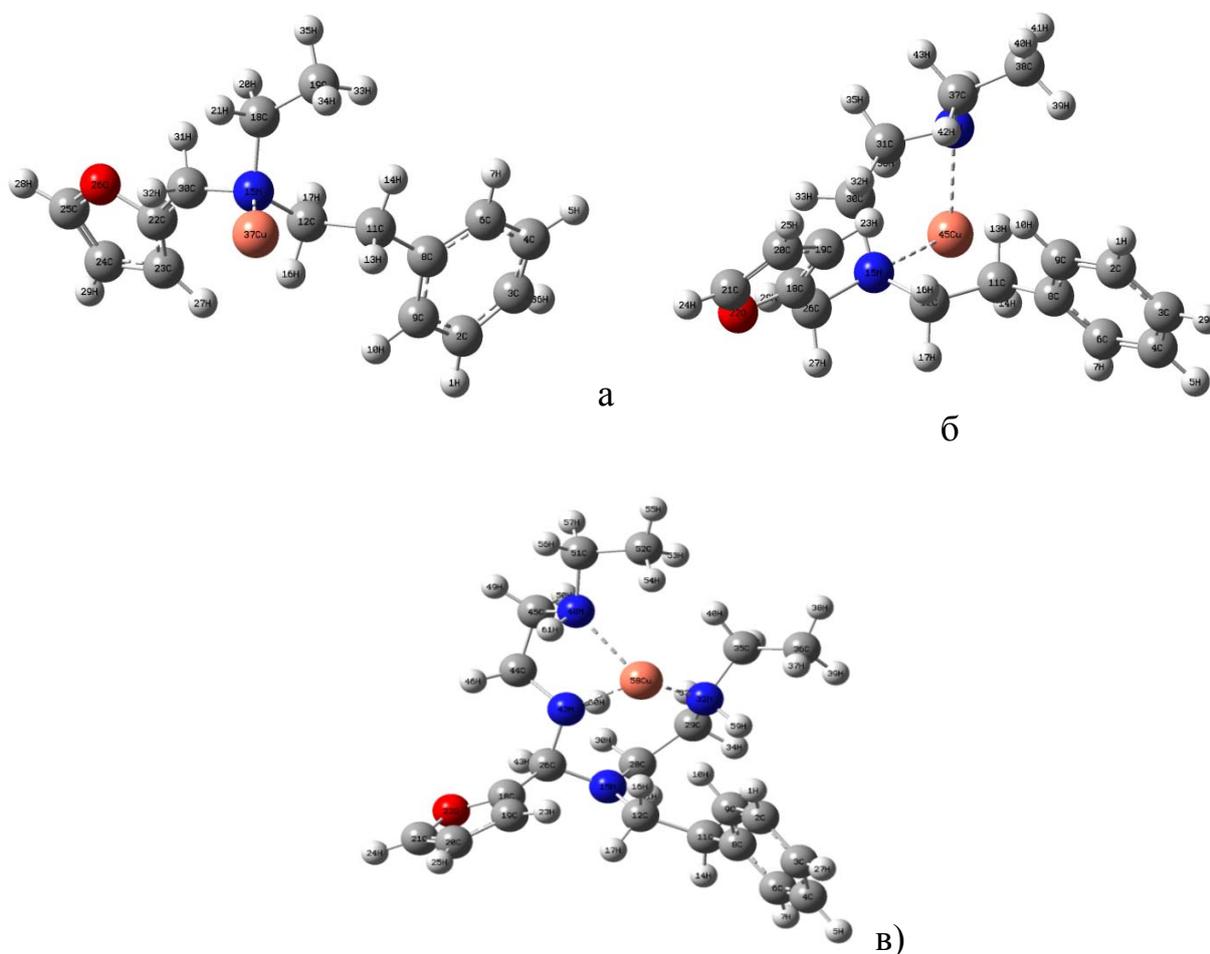


Рис.14. Равновесные структуры медьсодержащих комплексов с участием различных фрагментов анионита АНФ

Рассчитанная энергия комплексного соединения с участием фрагмента, содержащего элементарную ячейку ПЭПА, составляет 1525,38 мэВ или 147,18 кДж/моль. Как показывают квантово-химические расчеты, что комплексообразование происходит в результате образования донорно-акцепторной связи между атомом азота и ионом меди (II), длина которой равна 1,99 Å.

При увеличении числа элементарных ячеек ПЭПА до двух наблюдается интересная картина: ион меди координирует оба атома азота, создавая тем самым трехчленную координационную структуру. Однако при этом энергия сорбции уменьшается (858,68 мэВ), что может быть связано со стерическом фактором, т.е. с возрастанием напряженности молекулы в результате отталкивающего эффекта поляризованных атомов.

В случае введения второй цепи ПЭПА в состав образуется четырехчленная координационная структура, которая сопровождается возрастанием энергии связывания до 1447,57 мэВ.

Расчеты показывают, что при изучении зависимости длины цепи ПЭПА на энергетические свойства образующихся комплексов наиболее энергетически выгодным является комплекс с участием одной элементарной ячейки (табл.5).

Энергетические и структурные свойства комплексов с ионами меди анионита на основе стирола, фурфурола и ПЭПА

Фрагмент	Энергия связывания ($E_{\text{сorb}}$), мЭВ (кДж/моль)	Геометрические параметры
ANF_Cu	1525,38 (147,18)	$R(\text{Cu-N}) = 1,99 \text{ \AA}$
ANF1_Cu	858,68 (82,85)	$R(\text{Cu-N}_{15}) = 2,34 \text{ \AA}$, $R(\text{Cu-N}_{34}) = 2,33 \text{ \AA}$, $\angle(\text{N}_{15}\text{-Cu-N}_{34}) = 93,1 \text{ град.}$
ANF12_Cu	1447,57 (139,67)	$R(\text{Cu-N}_{32}) = 2,13 \text{ \AA}$, $R(\text{Cu-N}_{42}) = 2,11 \text{ \AA}$, $R(\text{Cu-N}_{48}) = 2,23 \text{ \AA}$, $\angle(\text{N}_{32}\text{-Cu-N}_{42}) = 93,3 \text{ град.}$, $\angle(\text{N}_{32}\text{-Cu-N}_{48}) = 126,7 \text{ град.}$, $\angle(\text{N}_{42}\text{-Cu-N}_{48}) = 76,4 \text{ град.}$

Квантово-химические исследование высокомолекулярных систем с учетом полученных экспериментальных данных позволяют комплексно охарактеризовать и прогнозировать их физико-химические свойства.

На рис.15, 16 представлены энергетические уровни в элементарном звене ионита АНКБФ, при этом НОМО (МО 74) выполняет роль донора электронов, а LUMO (МО 75) выполняет роль акцептора.

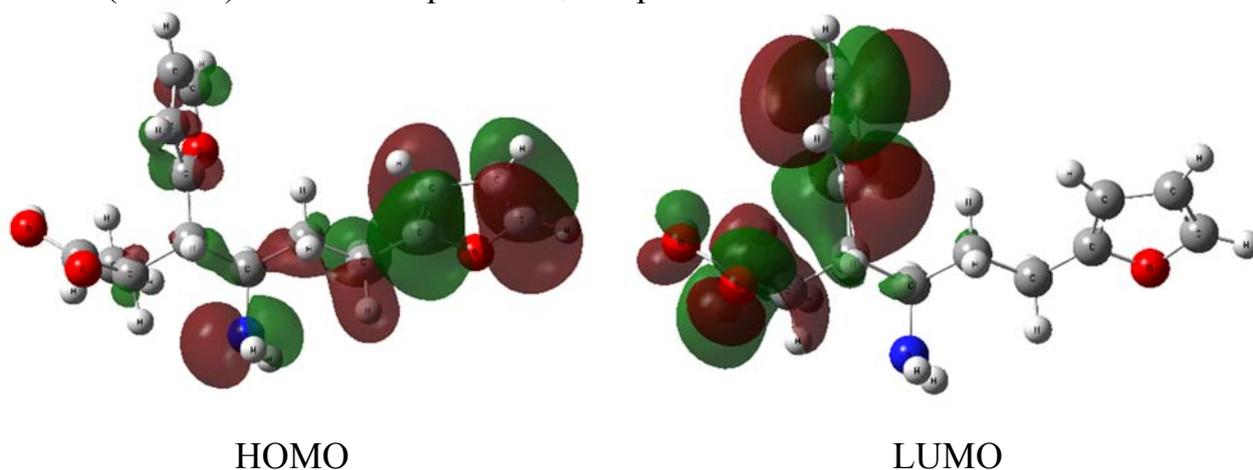
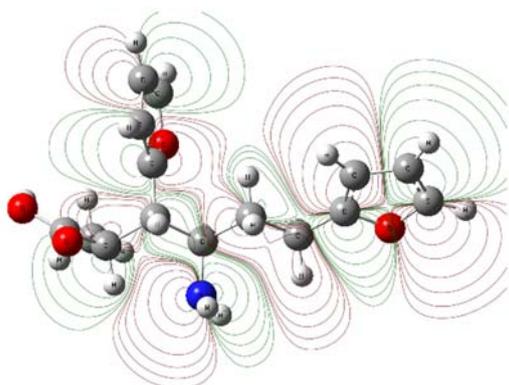


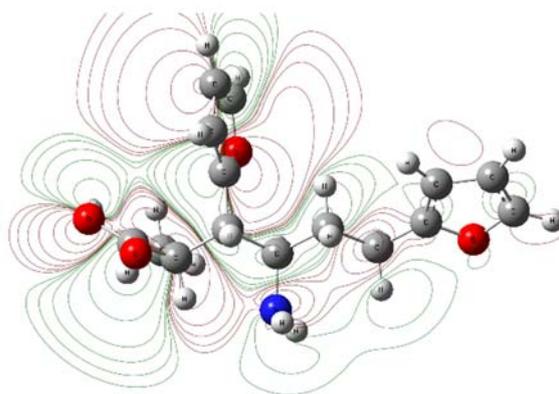
Рис. 15. Граничные молекулярные орбитали элементарного звена ионита АНКБФ

Электронный переход от НОМО к уровню энергии LUMO показан на рис.15. Ширина запрещенной зоны [$\Delta E = E_{\text{LUMO}} - E_{\text{НОМО}}$] молекулы составляет 5,8036 эВ, граничные энергии молекулярных орбиталей $E_{\text{НОМО}}$ и E_{LUMO} составляют -6,2347 и -0,4310 эВ, соответственно.

Как показывают расчеты, довольно низкое значение энергии запрещенной зоны ($\Delta E = 5,8036 \text{ эВ}$) позволяет утверждать, что система довольно полярная, стабильная и химически активная. Теоретическими расчетами показаны стерически доступные зоны, а также зоны, ответственные за нуклеофильные и электрофильные атаки молекулы/элементарного звена ионита АНКБФ.



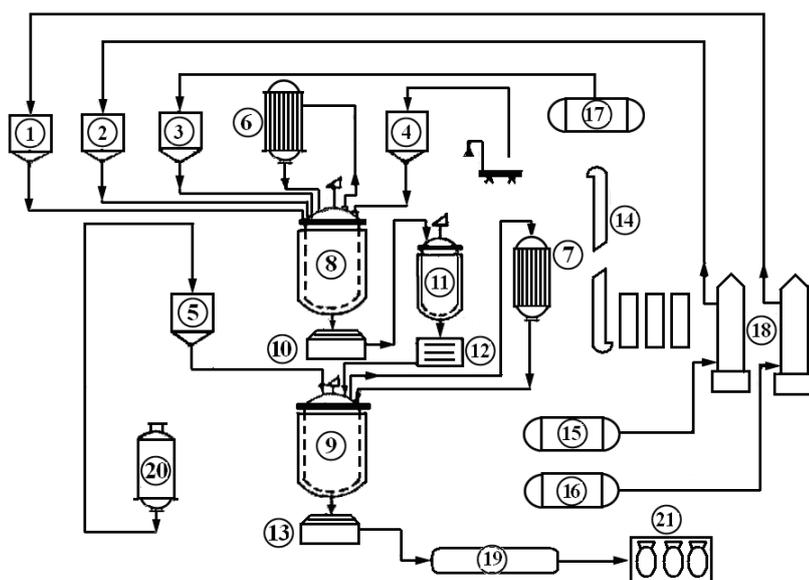
НОМО_контур



LUMO_контур

Рис. 16. Граничные молекулярные орбитали элементарного звена иона АНКБФ

Описание предполагаемого процесса получения амфолита АНФС. Изучение сорбционных, физико-химических и механических свойств полученных амфолитов в лабораторных условиях позволили разработать предполагаемую технологическую схему получения ионитов и на основании этой схемы разработать технологический регламент получения аминосульфатного амфотерного ионита АНФС (рис. 17).



- 1,2,3,4,5 – мерники;
- 6,7 – холодильники;
- 8 – реактор для получения анионита;
- 9 – реактор для сульфирования анионита;
- 10 – сушилка;
- 11 – гранулятор;
- 12 – сита;
- 13 – фильтр-встряхиватель;
- 14 – бункер;
- 15,16,17,20 – склады для исходного сырья;
- 16 – хранилище для фурфурола;
- 18 – перегонные аппараты;
- 19 – ленточный транспортер;
- 21 – упаковка готовой продукции

Рис.17. Технологическая схема получения амфолита АНФС

Периодический процесс получения анионита на основе стирола, фурфурола в присутствии ПЭПА и амфолита на его основе состоит из следующих стадий: подготовка и загрузка сырья; поликонденсация стирола с фурфуролом в присутствии ПЭПА; слив анионита; сушка анионита; грануляция полученного анионита; набухание анионита; сульфирование анионита.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Синтезированы новые поликонденсационные полифункциональные иониты на основе стирола, фурфурола и ПЭПА, а также на основе кубовых остатков производства НАК и фурфурола. Изучено влияние температуры реакции поликонденсации, концентрации катализатора, соотношение исходных веществ, природы и количества растворителя и других факторов влияющих на процесс поликонденсации с вышеуказанными соединениями и установлены оптимальные условия синтеза ионитов.

2. Проведены и изучены условия реакции сульфирования и фосфорилирования анионита АНФ, в результате которых получены новые аминосульфатный и аминофосфорный полиамфолиты. Изучено влияние температуры, времени, природы растворителя на процесс полимераналогичных превращений. Полиамфолиты на основе сульфированного и фосфорилированного анионита АНФ отличаются высокими показателями физико-химических свойств.

3. С помощью программы MathCad построены графики зависимости статической обменной емкости анионита АНФ от температуры, мольного соотношения реагирующих веществ и количества катализатора реакции поликонденсации. На основании экспериментальных данных выведено уравнение регрессии с высокой степенью адекватности зависимости СОЕ от технологических факторов. Установлено, что оптимальное соотношение фурфурол:стирол следует считать близкое к эквимолярному (от 0,8:1 до 1,2:1), а количество вводимого $ZnCl_2$ 8-12 %.

4. Установлена взаимосвязь «синтез – структура – свойства» на полученных полиамфолитах. С помощью ИК-спектроскопических, структурно-морфологических и потенциометрических исследований полимерных сорбентов изучена их морфология и пространственное строение.

5. Установлены условия формирования стационарного фронта ионов меди (II) при их поглощении в статических условиях аминокарбоксильным полиамфолитом АНКБФ в H- и Na-формах, оценена лимитирующая стадия диффузии ионов, кинетические характеристики процесса и показана возможность использования для сорбции из производственного медно-аммиачного раствора (МАР), применяемого при очистке конверсионного газа в процессе синтеза аммиака на АО «МАХАМ-СНРСНІQ».

6. Методом потенциометрического титрования найдены константы устойчивости образующихся полимерных комплексов полученных ионитов с ионами меди из модельных растворов, значение которых свидетельствует о достаточной селективности новых сорбентов. Методом ограниченного объема определен внутридиффузионный характер сорбции ионитов меди, рассчитаны коэффициенты диффузии и энергия активации процесса сорбции.

7. С помощью квантово-химических методов выяснена картина связывания ионов меди с матрицей полученных комплексов и определены структурные и энергетические параметры образовавшихся комплексов. Показано, что наличие

многокоординационных структур между ионами меди (II) и функциональными группами полимера, обусловлены образованием донорно-акцепторных связей с участием неподеленных электронных пар атомов азота и свободных d-орбиталей металла.

8 Лабораторные исследования по определению эксплуатационных свойств полученных полиамфолитов позволили разработать технологическую схему процесса, рекомендованную для получения аминосульфатного полиамфолита АНФС, на основании которой разработан временный технологический регламент и получена опытная партия полиамфолита.

9. Ожидаемый экономический эффект от производства полиамфолитов высшего сорта марки «А» по сравнению с катионитом КУ-2-8 составляет 319 748 000 сумов в год.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING
OF SCIENTIFIC DEGREE DSc.03/30.12.2019.T.04.01 AT TASHKENT
CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE**

TASHKENT CHEMICAL-TECHNOLOGICAL INSTITUTE

ABDUTALIPOVA NELLYA MUDARISOVNA

**SYNTHESIS AND DEVELOPMENT OF POLYCONDENSATION TYPE
AMPHOLYTES WITH AMINOSULPHATE, AMINOPHOSPHORIC AND
AMINOCARBOXYLIC GROUPS PRODUCTION TECHNOLOGY AND
THEIR PROPERTIES**

02.00.14 - Technology of organic substances and materials on its basis

**DISSERTATION ABSTRACT FOR THE DOCTOR (DSc)
TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

Doctoral thesis theme has been registered under number B2021.4.DSc/T117. at the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan.

Doctoral dissertation has been carried out at the Tashkent Chemical-Technology Institute.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) is posted on web-page to address www.tcti.uz and Information-educational portal of «ZiyoNet» to the address www.ziyo.net.uz.

Scientific consultant: **Turobjonov Sadriddin Maxamaddinovich**
doctor of technical science, professor

Official opponents: **Adilov Ravshan Irkinovich**
doctor of technical science, professor

Akbarov Hamdam Ikramovich
doctor of technical science, professor

Karimov Masud Ubaydulla oglu
doctor of technical science, professor

Leading organization: **A. Sultanov Research Institute of Chemistry and Pharmacy**

The defense will take place «22» 12. 2021 at 9⁰⁰ at the meeting of Scientific Council No. DSc.03/30.12.2019.T.04.01 at of Tashkent Chemical-Technological Institute (Address: 100011, Tashkent city, Shaykhontakhur district, A. Navoi street, 32. Tel.: (+99871) 244-79-21, fax: (+99 871) 244-79-17, e-mail: tkti_info@edu.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Centre of the Tashkent Chemical-Technological Institute, (registration number № 121). Address: 100011, Tashkent city, A. Navoi street, 32. Tel./fax: (+99871) 244-79-21, (+99871) 244-79-17).

Abstract of dissertation sent out on “07” 12. 2021 y.
(mailing report № 29 from “07” 12. 2021 y.)



S.M. Turabdjano
Chairman of the Scientific Council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

H.I. Qodirov
Scientific secretary of the Scientific Council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, dozent

G.R. Rahmonberdiev
Chairman of Scientific Seminar under Scientific Council on award of scientific degree doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

The aim of the research work: The aim of the study is to develop a production technology and improve the processes of using polycondensation-type ampholytes containing aminosulfate, aminophosphoric and aminocarboxyl groups.

The object of the research work is synthesis of furfural-based polyampholytes with predetermined properties and determination of kinetic, energy and complex-forming parameters of sorption processes in its presence.

The scientific novelty of the dissertation research:

for the first time aminocarboxylic polyampholytes based on furfural and bottoms of nitrile of acrylic acid production were obtained, the influence of starting materials on the composition of the final product was determined, and optimal conditions for the synthesis of polyampholytes with improved properties were found;

aminosulfate and aminophosphoric ampholytes based on styrene, furfural and PEPA were synthesized;

the influence of various factors on the process of polycondensation of styrene, furfural and PEPA and the optimal conditions for synthesis of polyampholytes with pre-determined physicochemical properties have been determined;

a mathematical model of the dependence of synthesis conditions of an anion-exchange resin based on styrene, furfural and PEPA on its physicochemical properties has been developed, a regression equation with an adequacy of more than 85% has been derived;

the sorption and physicochemical properties of new polyampholytes were determined by calculating the kinetic and thermodynamic parameters of the sorption of copper (II) ions;

the sorption and physicochemical properties of new ampholytes were determined by calculating the kinetic and thermodynamic parameters of the sorption of metal ions;

a new method for studying the mechanism of complexation of new amphoteric ion exchangers with copper (II) ions has been developed using modern methods of quantum chemistry;

Implementation of the research results:

Uzstandart Agency approved technical requirements for ANFS ion-exchange polyampholytes (Ts14825224-006: 2020). As a result, it became possible to produce a selective amphoteric ion exchanger based on styrene, furfural and PEPA;

Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan gave patent for method of producing an amphoteric ion-exchange polymer with an aminocarboxyl group (No. IAP 06174, 2020). As a result, it became possible to produce a thermochemically stable ampholyte based on furfural and bottoms of NAC;

Production of polycondensation type polyampholytes containing aminosulfate, aminophosphoric and aminocarboxyl groups was included in the "List of promising developments for implementation in "Uzkimyosanoat" JSC for 2021-2023 years. (Letter of "Uzkimyosanoat" JSC No. 23/3-1171 dated by 27 March 2021 year). As a result, it became possible to produce Na-form of polyampholyte at "MAKSAM-CHIRCHIK" JSC for sorption of copper ions from a dilute ($C_{\text{cix}} = 5.49 \text{ g / l}$) copper-

ammonia solution used at the enterprise.

The structure and volume of the dissertation. The structure of the thesis consists of an introduction, five chapters, a conclusion, a bibliography, and annexes. It contains 214 pages of text.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (part I; I часть)

1. Туробжонов С.М., Абдутапилова Н.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Способ получения амфотерного ионообменного полимера с аминокарбоксильными группами. / Патент IAP 06174. Узбекистан. Оpubл. 31.05.2016.
2. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М. Исследование процесса сульфирования ионитов. // Ж.:Химия и Химическая технология. Ташкент - 2015, №4, С. 43-45
3. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М. Синтез и изучение свойств анионита поликонденсационного типа. / Узб. хим. журн. 2015. № 3. С.11-16.
4. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М. Свойства ионитов, содержащих хелатообразующие группы. // Ж.: Химия и хим. технология. 2015. №4 С.40-43
5. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М. Назирова Р.А. Получение новых аминокарбоксильных амфолитов с заранее заданными свойствами. / Austrian Journal of Technical and Natural Sciences № 3–4 2016 March–April, Vienna 2016 , С 51-55.
6. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М. Исследование кислотно-основного равновесия и сорбционных свойств новых амфотерных ионитов. // Ж.: Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2016. № 9(30).- С. 27-31.
7. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М. Исследование кинетики и механизма сорбции ионов меди из медно-аммиачных растворов на синтезированном амфолите АНКБФ. / Узб. хим. журн. Ташкент -2016. № 5. С.3-8.
8. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М., Исмоилова Н.А. Изучение механизма комплексообразования ионов меди на полученном анионообменном полимере АНФ. / Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2017. № 6(39) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4957> (дата обращения: 13.10.2017).С.21-25
9. Абдутапилова Н.М., Туробжонов С.М. Исследование свойств новых аминокарбоксильных амфолитов. // Ж.:Химия и Химическая технология. Ташкент -2017. №4, С. 37-40.
10. Туробжонов С.М., Абдутапилова Н.М. Исследование процесса сорбции ионов меди новым аминокарбоксильным амфолитом. // Ж.: Доклады Академии наук РУз. Ташкент – 2017. №3. С. – 11-16.

11. Абдуталипова Н.М. Изучение механизма реакции поликонденсации полученного анионита АНФ. / *Universum: Технические науки : электрон. научн. журн.* 2020. № . 8-12.

II бўлим (part II; II часть)

1. Абдуталипова Н.М., Турабджанов С.М. Исследование скорости сорбции амфолитом «АНФС». / Сб.: Трудов респ. научно-прак. конф. молодых ученых. Ташкент - 2014. - С.91.
2. Абдуталипова Н.М., Туробжонов С.М. Влияние температуры реакции поликонденсации на свойства анионита «АНФ». / Сб. трудов. 6-ой Междунар. конф. молодых ученых «Органическая химия сегодня» Intercys-2014 Органический синтез 20 лет спустя. Санкт- Петербург. 2014, С. -99
3. Abdutalipova N.M., Turobjonov S.M., Ismailova N.A. Polycondensation type ion-exchange polymers. / Сб трудов IX International conf. of young scientists on chemistry «Mendeleev-2015». Saint-Petersburg - 2015. - P. 151-152.
4. Abdutalipova N.M., Turobjonov S.M., Nazirova R.A., Shafikova K.D. Sorption of copper ions from industrial solutions on synthesed ion exchange resin. / Международ. конф. «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефте-газовой и пищевой промышленности» посв. 25-летию Ташкентского химико-технологического института. 26-27 мая, 2 том, Ташкент-2016. - С. 124.
5. Абдуталипова Н.М., Туробжонов С.М. Исследование термической устойчивости новых амфотерных ионитов. // Сб. трудов European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences 11th International scientific conference 02nd June 2016, Vienna, Austria- 2016. - С.70-73.
6. Абдуталипова Н.М. Изучение влияния температуры поликонденсации на свойства анионита АНФ // Сб трудов XXII Междунар. научн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых Ломоносов-2015, Москва – 2015. - С.4.
7. Абдуталипова Н.М. .Изучение структуры полученных ионообменных полимеров поликонденсационного типа // Сб. трудов V Всерос. Конф. с международным участием. Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды, Чебоксары -2015.. – С.88.
8. Абдуталипова Н.М. Synthesis of ion exchange resins based on industrial waste. // Сб. трудов 11 Международ. Санкт-Петербург. конф. молодых ученых. Современные проблемы науки о полимерах, Санкт- Петербург -2015.- С. 35
9. Абдуталипова Н.М. Получение ионитов на основе отходов химических производств // Сб. трудов XXIII Междунар. научн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых Ломоносов – 2016, Москва – 2016.
10. Абдуталипова Н.М., Пандяшкин К.Б., Сахиев О.Н. Изучение кинетики сорбции меди из медно-аммиачных растворов на полученном амфолите АНКБФ// Сб. трудов Всерос. науч. конф. «Актуальные проблемы адсорбции и катализа» 27 июня-3июля, Иваново-2016. - С.124-126.

11. Абдутаалипова Н.М., Шафилова К.Д. Поликонденсационные иониты на основе фурфурола. // Сб. трудов респ. научно-техн. конф. «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефте-газовой и пищевой промышленности». 18-20 ноября 2015.
12. Абдутаалипова Н.М., Турабджанов С.М. Получение анионита поликонденсационного типа с заранее заданными свойствами. // Сб. трудов III-Всероссийской студенческой конф. с международным участием, посв. 140-летию со дня рождения химика-органика Ю.С. Залькинда: Химия и химическое образование XXI века, Санкт-Петербург - 2015. – С.19
13. Абдутаалипова Н.М., Туробжонов С.М., Исмоилова Н.А. Изучение термической устойчивости ионитов поликонденсационного типа // IV Всероссийская конф. по органической химии ИОХ РАН, Москва -2015. – С.89.
14. Абдутаалипова Н.М., Шафилова К.Д. Умягчение воды методом ионного обмена. // Сб.: Труды XXIV научно-тех. конф. молодых ученых магистрантов и студентов бакалавриата. Умидли кимёгарлар -2015, Ташкент – 2015. - С. 124-125.
15. Абдутаалипова Н.М., Шафилова К.Д., Маликова У.А. Изучение свойств полиамфолитов поликонденсационного типа // Сб.: Труды XXV научно-тех. конф. молодых ученых магистрантов и студентов бакалавриата. Умидли кимёгарлар -2016, Ташкент - 2016 – С.159-160.
16. Абдутаалипова Н.М., Туробжонов С.М., Шафилова К.Д. Изучение природы функциональных групп полученных ионитов //Сб. трудов респ. межвуз.конф. Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук. Ташкент- 2016. - С.130-131.
17. Абдутаалипова Н.М., Турсунов Т.Т., Пандяшкин К.Б., Сахиев О.Н. Применение квантово-химических методов в изучении комплексообразующих свойств полученных анионитов с ионами меди // Сб. трудов Респ. научно-тех. конф. Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности. 22-23 ноября 2017. - С. 338-339.
18. Абдутаалипова Н.М., Пандяшкин К.Б., Шафилова К.Д., Сахиев О.Н. Очистка медно-аммиачных сточных вод новыми амфолитами // Сб.: Труды научно-тех. конф. молодых ученых магистрантов и студентов бакалавриата. Умидли кимёгарлар -2017, Ташкент - 2017. – С. 152-153.
19. Абдутаалипова Н.М., Туробжонов С.М. Изучение механизма и кинетики сорбции ионов меди из медно-аммиачных растворов на новом аминокарбоксильном амфолите // Сб. научн. трудов межд. научно-тех. Online конф. Проблемы и перспективы инновационной техники и технологий в сфере ООС, Ташкент – 2020. - С.52-54.

Автореферат «Kimyo va kimyo texnologiyasi» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,25. Адади 100. Буюртма № 18/21.

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