

Пулатов Х.Л., Игитов Ф.Б., Усмонова А.Б.,
Юлдашев А.А., Собиров О.М.

МАҲАЛЛИЙ ХОМ-АШЁЛАР АСОСИДА ИОН-АЛМАШИНУВЧИ ПОЛИМЕРЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Монография



Тошкент-2025

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА
ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ**

ТОШКЕНТ КИМЁ-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

**Пуллатов Х.Л., Игитов Ф.Б., Усмонова А.Б., Юлдашев А.А.,
Собиров О.М.**

**МАҲАЛЛИЙ ХОМ-АШЁЛАР АСОСИДА
ИОН-АЛМАШИНУВЧИ ПОЛИМЕРЛАР
ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ**

Монография

Тошкент - 2025

УЎК 66.095.2
КБК 35.712
М 37

Пулатов Х.Л., Игитов Ф.Б., Усмонова А.Б., Юлдашев А.А., Собиров О.М. Маҳаллий хом-ашёлар асосида ион алмашинувчи полимерлар олиш технологияси. Монография Guliston. "Ziyo nashr-matbaa" 2025, 144 б.

Тақризчилар: Сайфутдинов Р.С. – ТКТИ “Саноат экологияси” кафедраси профессори, т.ф.д.
Эшметов И.Д. - ЎЗР ФА Умумий ва ноорганик кимё институти “Коллоид кимё” лабораторияси мудири, т.ф.д., проф.

Институт Илмий-техник Кенгаши томонидан маъқулланган (№11/23-баённома, «20» ноябрь 2023 й.).

© Пулатов Х.Л., Игитов Ф.Б., Усмонова А.Б., Юлдашев А.А., Собиров О.М.
© Тошкент кимё-технология институти

ISBN 978-9910-669-91-0

© Ziyo nashr-matbaa, 2025

МУНДАРИЖА

КИРИШ	4
1-БОБ. ИОН-АЛМАШИНУВЧИ ПОЛИМЕРЛАРНИНГ СИНФЛАНИШИ	
1.1 Ионитлар, редокс-полимерлар, комплекс ҳосил қилувчилар, мембраналар, толалар ва тўқималарнинг турлари	8
1.2 Ион-алмашинувчи материалларнинг барқарорлиги	20
2-БОБ. ИОНИТЛАРНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ	
2.1 Қаттиқ модда миқдорини аниқлаш	33
2.2 Ионитларнинг технологик хоссаларни аниқлаш	46
3-БОБ. ФУРФУРОЛ АСОСИДАГИ ИОН-АЛМАШИТИРУВЧИ ПОЛИМЕРЛАР	
3.1. Стирол-фурфурол полимери асосида сульфо- ва фосфат кислотали катионитлар олиш	63
3.2. Меламин ва фурфурол асосида анионит олиш	87
3.3. Антрацен ва фурфурол асосида катионитлар олиш	103
ҲОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ	127
ИЛОВА	142

КИРИШ

Ҳозирги кунда ион-алмашиувчи полимерлар ўзларининг қимматли хусусиятлари туфайли гидрометаллургия, сувни тайёрлаш, турли кимё корхоналарининг ташлама ва оқова сувларини тозалашда кенг қўлланилмоқда. Ўзбекистоннинг кўпгина ҳудудларида, айниқса, Қорақалпоғистонда сув нормасидаги 2.5-7 мг-экв/л ўрнига 10-12 мг-экв/л га тенг ортиқча қаттиқлиқа эгадир. Бундан ташқари молибден-рений каби баъзи металллар ионларини ион-алмашиувчи йўли билан ажратиш долзарб муаммо ҳисобланади. Ўзбекистон халқ хўжалиги соҳаларида ион-алмашиувчи полимерларига бўлган талаб йилига ўн беш миң тоннаи ташкил қилади. Ҳозирги кунда қўлланилаётган ион-алмашиувчи полимерлар Ўзбекистонга МДҲ давлатларидан олиб келинади, бу эса ишлаб чиқарилаётган маҳсулотнинг таннарҳига кўпгина таъсир кўрсатади. Шу муносабат билан маҳаллий хом-ашёларини қўллаб ион-алмашиувчи полимерларни ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш зарурияти келиб чиқади. Рақобатбардош маҳсулотни яратиш борасидаги ушбу муаммони ҳал қилишнинг асосий имконияти – бу мавжуд ион-алмашиувчи полимерларни олиш технологияларини ўзгартириш ёки янги технологияларни ишлаб чиқишдир. Лекин, осон топиладиган ресурслар ва иккиламчи ишлаб чиқариш маҳсулотларидан фойдаланиш масалаларига замонавий услубий ёндошишни қўлламай туриб янги технологияларни ишлаб чиқиб бўлмайди. Осон топиладиган моддадан ва иккиламчи ашёвий ресурслардан оқилона фойдаланиш, ион-алмашиувчи полимерларни ишлаб чиқишни ташкил қилиш, уларнинг ашёвий таъминланиши масалаларини хал қилиш ва шу билан бирга улардан фойдаланиб ишлайдиган корхоналар ишининг доимийлигини таъминлаш имконини беради.

Ўзбекистонда ион-алмашиувчи полимерларни ишлаб чиқиш учун кимё, қишлоқ хўжалиги, пахнани тозалаш, нефт-кимё ва бошқа саноатларнинг осон топиладиган баъзи маҳсулотлари, хусусан “Навоиазот” АЖ, “Максам-Чирчиқ” АЖ, пахта тозалаш корхоналари ва бошқалар каби реал хом-ашё базаси мавжуддир.

Юқорида келтирилганлар Республика корхоналари яхши қўлланиш хоссалари кўрсаткичларига эга бўлган ион-алмашинувчи полимерларни ишлаб чиқишни йўлга қўйиш учун истиқболли хом-ашё ҳисобланувчи кўп тоннали маҳсулотнинг потенциал манбалари қаторига кирадилар. Бундан ташқари, юқорида кўрсатилган хом-ашёни қайта ишлаб, фойдали маҳсулотга айлантириш, иқтисодий жиҳатдан фойдаси бўлибгина қолмай, самарали кам чиқиндиларни технологияларни яратиш учун экологик жиҳатдан ҳам мақсадга мувофиқдир. Шундан келиб чиқиб, кўрсатилган ишлаб чиқариш иккиламчи маҳсулотларини қайта ишлаш масалалари ушбу ишнинг кам чиқиндилар ва ресурсларни тежашни таъминловчи технологияларини яратиш борасидаги мақсад ва вазифаларини аниқлаб берди. Ўзбекистонда фуран ҳосилаларини ишлаб чиқиш учун катта ўсимликли хом-ашё заҳиралари, шу жумладан, қишлоқ хўжалиги ва кимё саноати – ҳар трафлама ривожланиши ҳисобига ҳар йили кўп миқдорда қайта тикланиб борувчи пахта тозалаш саноати чиқиндилари мавжуд бўлиб, фуран ҳосилалари асосида олиган полимерлар катта қизиқиш касб этади. Ушбу хом-ашё фурфурол, унинг ҳосилалари ва бошқа шунга ўхшаш қатор кимёвий моддалар олиш учун манба ҳисобланади. Фурфуролнинг юқори полифункционал тузилишига эга эканлиги, универсал кимёвий барқарорликка ва юқори иссиқлик ва термочидамликка эга бўлган полимерларни олишда фойдаланиш мумкинлигини аниқлаб берди.

Д.И.Менделеев номидаги Россия кимё-технология университетида, Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академиясининг илмий-тадқиқот институтларида олиб борилган бир қатор ишларда кўрсатиб ўтилган факт алоҳида таъкидлангандир. Айтиб ўтилганлар асосида ушбу ишнинг қўйилиши зарурияти аниқланди ва унинг мақсади қилиб стирол-фурфурол ва бромбензил-фурфурол полимерларини кимёвий ўзгартириш йўли билан янги сульфо, фосфор-кислотали катионитлар, шунингдек, хоссалари аввалдан белгиланган, хусусан, молибден ионларига нисбатан танлаш хоссасига ва мис, никель ва бошқа ионларга нисбатан комплекс ҳосил қилиш хоссаларига эга бўлган кучсиз асосли поликонденсацион

анионитларни олиш ва тадқиқ қилиш ҳамда уларни аниқ қўлланиш соҳаларини аниқлаш мақсадида уларнинг асосий сорбцион ва физик-кимёвий хоссаларини баҳолаш белгиланди. Фурфуролнинг ион-алмашинувчи полимерларни олиш учун хомашё манбаи сифатида танланганлиги унинг таркибида гетероциклик груҳларнинг мавжудлиги, аввалдан белгиланган хоссаларга эга бўлган, хусусан, термо-кимёвий жиҳатдан механик мустаҳкам, радиацияга чидамлик хоссаларини намоён қилиши ҳисобига асосланган ва иқтиқболлидир.

Ион-алмашинувчи материаллар ўзларининг юқори эксплуатацион хусусиятга эга бўлганликларидан амалий жиҳатдан фан ва ишлаб чиқариш амалиётининг барча соҳаларида кенг қўлланилмоқда. Улар ёрдамида актуал социал ва экологик муаммолардан бири – атроф-муҳитни муҳофаза қилиш муаммоси ўз ечимини топмоқда.

Ионитлар ёрдамида қуйидаги амалий масалаларни самарали ҳал қилиш мумкин:

1) сувни тайёрлаш, юмшатиш ёки теҳнологиянинг қўлланилиши бўйича кенг хажмли, амалий жиҳатдан муҳим монопол соҳаси – буткул ионсизлаштириш;

2) Рригли ва гондир иеталлар гидрометаллургиясида ионларни ва органик моддаларни концентрациялаш;

3) саноат корхоналарининг газлари таркибидаги кимёвий фаол аралашмаларни тутиш;

4) тупроқдаги ион алмашинишини яхшилаш ва ўсимликларни ўсиши учун зарур бўлган микроэлементлар ва ўғитларни тупроққа киритиш.

Ионитларни қўллаш амалий кимёнинг кўпгина соҳалари учун истиқболли ҳисобланади:

- асосий аорганик синтез (сульфат, хлорид, азот кислоталарини, ўювчи ишқорларни ва ҳ.к. ишлаб чиқариш);

- катализаторларни ишлаб чиқариш;

- фармацевтика препаратларини ишлаб чиқариш.

Ион-алмашинувини қўллаш узлуксиз теҳнологик жараёнларни амалга ошириш, бир қатор ҳолларда эса, уларни автоматлаштириш, ионитлар ёрдамида катализ қилиш иозик кинетик тадқиқотларни олиб бориш имконини берди. Ядро

энергетикаси соҳасида ионитларга эҳтиёж ортиб бормоқда. Атом электростанциялари, парчаланаятган ёқилғи учун, кислородсизлантиришда, ядровий реакторлар контурлари сувларини тозалаш учун ионитлар талаб қилади. Бу радиацион-кимёвий технологияда фойдаланиш учун яроқли бўлган катта миқдордаги ионитларни талаб этади.

Ионитлар полиэлектродитлар кўринишига эга бўлиб, уларда битта ишора ионлари (фиксацияланган ионлар) бўлинмайдиган агрегатлар (матрица)га бирлашган, қарама-қарши ионлар эса, худди шундай ишорали зарядланган бошқа ионлар билан эквивалент ўрин алмашиниши мумкин. Ионитлар қолипчанган листлар - боғловчи билан нафис майдаланган ионитдан таркиб топган мембрана ёки диафрагмалар шаклидаги, ўлчамлари 0,3-2 мм бўлган сферик ва нотўғри шаклдаги доналар (гранулалар) кўринишида ишлаб чиқарилади ва фойдаланилади. Ионитли пороплпстлар, трубкалар, таблеткалар ва бошқалар ишлаб чиқарилади. Ионитларнинг асосий гуруҳини заррачаларининг ўлчамлари 0,1-1 мкм бўлган кукунли ва майда доначали ионитлар ташкил қилади.

1-БОБ. ИОН-АЛМАШИНУВЧИ ПОЛИМЕРЛАРИНИНГ СИНФЛАНИШИ

1.1 Ионитлар, редокс-полимерлар, комплекс ҳосил қилувчилар, мембраналар, толалар ва тўқималарнинг турлари

Матрицанинг табиатига кўра ионитларнинг қуйидаги турлари мавжуд:

- табиий ва сунъий алюмосиликатлар (цеолитлар, глауконитлар, бентонитлар, пермутитлар ва бошқ.);
- сульфирланган кўмирлар;
- синтетик ион-алмашинувчи полимерлар.

Синтетик ионитлар техниканинг турли соҳаларида кенг қўлланиб келинмоқда. Улар юқори ионалмашиниш хусусиятига эга ва ўзининг кимёвий фаоллиги ва кимёвий чидамлилиги бўйича алюмосиликатлардан ва сульфирланган кўмирлардан устун туради. Ионитлар ўз структураларида фаол (ионоген) гуруҳлар (грекча *geneticos* — «туғилиш») тутадилар.

Синтетик ионитлар учта асосий гуруҳга бўлинадилар — катионитлар, анионитлар ва амфотер ионитлар (полиамфолитлар).

Кислоталилик хусусиятларни намоён қилувчи электролит эритмасидан мусбат зарядланган ионларни ютиб олиш хусусиятига эга бўлган полимерлар *катионитлар* деб аталади.

Эритмалардан маирий зарядланган ионлар (анионлар)ни ютиб олиш хусусиятига эга бўлган ва уларни бошқа анионларга алмаштириш хусусиятига эга бўлган полимерларни *анионитлар* деб аталади. Улар асослик хусусиятларини намоён қиладилар.

Амотер ионитларни яна *полиамфолитлар* ҳам дейилади, улар структурасида бир вақтнинг ўзида ҳам кислотали ва асосли ионоген гуруҳларни тутадилар. Шароитга кўра, улар ўзларини худди катионитлар каби ва худди анионитлар каби намоён қиладилар.

Функционал гуруҳлар сонига қараб ионитлар қуйидагиларга бўлинадилар:

- монофункционал;

• полифункционал.

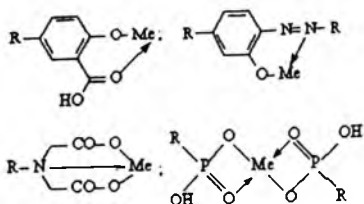
Кислотали ёки асосли характердаги бир турдаги гуруҳлардан таркиб топган барча катионит ва анионитлар монофункционал ҳисобланадилар.

Ион-алмашинувчи материалларнинг янада кенгроқ гуруҳлари, аввало бифункционал катионитлар ва анионитлар полуфункционал ионитлар сирасига киради, масалан, таркибида карбоксил ва фенол-гидроксил гуруҳлари бор бўлган катионитлар. Поликонденсация усулида олинadиган анионитлар ҳам полуфункционалдир, чунки полимер ҳосил бўлиш жараёнида, жараён бориши вақтида ўзгаришларга дуч келадиган бошланғич мономер бирикмаларининг функционал гуруҳлари иштирок этадилар. Полуфункционал ион алмашинувчи гуруҳларга, масалан, полуфункционал аминларни алдегидлар билан, полиэтиленполиаминларни эпихлоргидрин билан поликонсациялаш орқали олинadиган анионитлар киради. Бундай полимерларнинг макромолекулаларида бир вақтнинг ўзида бирлачи, иккиламчи ва учламчи аминогуруҳлар мавжуд бўлади.

Барча полиамфолитлар ҳам полифункционал ионитлар ҳисобланадилар, чунки, улар таркибида бир вақтнинг ўзида кислотали ва асосли характерга эга бўлган гуруҳлар мавжуддир.

Электрон алмашиниш хусусиятларини намоён қилувчи, алмашиниш хусусиятига эга бўлган алоҳида полимер гуруҳини *оксидловчи-қайтарувчи полимерлар (редокс-полимерлар)* ташкил қилади.

Комплекс ҳосил қилувчи ион алмашинувчи анион алмашинувчи, катион алмашинувчи ва амфотер турларга бўлинади. Амалиётда комплекс ҳосил қилувчиларни донорли функциялардан иборат атомлардан таркиб топган фаол группировкаларга . (N, U, S, P, As ва бошқ.) ажратиш кенг тарқалган. Хелат (қисқич кўринишидаги) гуруҳлари металл катиони билан ички комплекс бирикма ҳосил қилиш хусусиятига эга бўлган комплекс ҳосил қилувчи ион алмашинувчи материалларни қўллаш истиқболлироқ ҳисобланади, масалан:



бу ерда, R — полимер макромолекуляр каркасининг фрагменти
 Комплекс ҳосил қилувчи ионитларда ион алмашилиш ион
 боғланишдан ташқари ютилган катион (марказий атом) ва
 функционал гуруҳ (лиганд) орасидаги координацион боғланиш
 юзага келиши билан ҳам кузатилади. Лигандлар қаторига
 карбоксил, имидацетат, глиоксимат фосфонат
 меркаптогуруҳлар ва шунга ўхшаш (гуруҳлар хусусиятларининг
 ўсиб бориши тартиби бўйича санаб ўтилди) гуруҳларни ҳам
 киритиш мумкин.

Барча ионалмашинувчи полимерлар
 макромолекулаларининг тузилишга қараб эримайдиган
 ионитлар ва эрувчан полиэлектрولитларга бўлинади. Қаттиқ
 эримайдиган ионитларнинг макромолекулалари уч ўлчовли
 тўрсимон тузилишга эга, эрийдиган полиэлектрولитлар эса,
 чизикли тузилишга эга.

Синтетик ионитлар саноатда икки усулда олинади:

- молекуласида ионоген гуруҳ ушлаган бошланғич мономер
 бирикмаларни полимеризациялаш ва поликонденсациялаш
 билан;

- диенли винилароматик бирикмалар сополимерлари
 структурасига функционал гуруҳларни қўшиш орқали
 (полимераналогик ўзгаришлар усули).

Биринчи усулдан фойдаланиш мақсадга мувофиқроқ
 ҳисобланади, чунки, полимерларни кимёвий ўзгартришлар
 йўли билан олиш қуйидаги қийинчиликлар билан боғлиқдир:

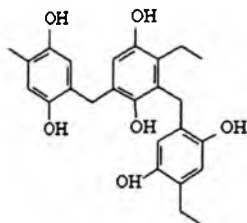
- кўпбосқичлилик;
- кўп муҳият талаб қилади;
- захарли маҳсулотларлар билан ишлаш зарурати;
- бошланғич макромолекулаларнинг структураларининг

қисман бузилиши.

Жаҳонда турли катионит ва анионитлар фақатгина дивинилбензолли стирол сополимери асосида амалга оширилмоқда.

Оксидланувчи-қайтариловчи (оксидланиш-қайтарилиш ўзгаришларига қодир бўлгани каби ион-алмашилиш ўзгаришларига ҳам қодир бўлган) полимерларни поликондесациялаш, полимерлаш ва полимераиологик ўзгаришлар усули билан олинади

Гидрохинон, антрахинон, нафтахинон тиофенол ва альдегидлар (формальдегид ацетатльдегид) асосидаги редокс-полимерларни поликондесациялаш усули билан олинади. Масалан, гидрохинонни формальдегид билан поликондесациялаш орқали қуйидаги тузилишдаги оксидловчи-қайтарувчи полимерларни синтез қилиш амалга оширилади.:



Қаттиқ сорбент сифатида фойдаланиладиган синтетик ионитлар ёки сферик гранулалар кўринишида, ёки нотўғри шаклдаги дончалар кўринишида ишлаб чиқарилади. Сферик шаклдаги заррачалар оптималроқ ҳисобланади, бу ҳолатда колоннадаги суюқлик оқими энг кам кучланиш билан таъминланганлигидан ионитнинг йўқотишлари анча камаяди ва бундан ташқари "қайновчи" қатламда тесқари оқимли жараёнларни амалга ошириш осонлашади.

Сферик шаклдаги ионитларни суспензион (гранулали) полимеризациялаш ёки поликондесациялаш билан олинади.

Полимерлаш ёки поликондесациялаш билан олинadиган гелли структурага эга бўлган донча шаклидаги оддий қаттиқ

ионитлар молекулалараро чокларнинг частотаси ва қаттиқлиги билан чегераланадиган, бўкишга мойил бўлган хусусиятга эга. Бу ионитлар кам бўккан ва қуруқ ҳолатда сезиларли ғовакликни сезади, бу ҳолат уларни сувсиз эритмаларда қўллашни катта радиусдаги ионларни, масалан, сорбциялашда ҳолатда бу ионитлар озгина ғовакликни аниқламайди, бу ҳолат уларни сувсиз эритмаларда, шунингдек катта радиусдаги ионларни, масалан йирик органик ионларни сорбциялашда қўллашни чегаралаб қўяди

Реакцияга киришувчи юзанива полимерли сегментлар орасидаги озод бўшлиқни катталаштиришни асосан уч хил усул билан амалга ошириш мумкин: галоганлаш, тикилувчи агент узунлигини ростлаш ва инерт эритувчи қўшиш билаг.

Галогенлашни икки усул билан олиб борилади: стирол—диен реакциогн аралашмасига телогенларни (углерод тўрт хлорид, алкилбензоллар, алкилфеноллар, спиртлар ва бошқалар.) қўшилади; бўктирилган ҳолатда катта ғовакли хажмга эга бўлган кучли бўкувчи ионитлар олинади.

Иккинчи усул бўйича узун занжирли тикилувчи агаитлар - диенлардан, диметакрилатлардан, этиленгликоллардан ва бисфеноллардан фойдаланилади. Инерт эритувчи иштирокида сополимерлашда (масалан, юқори углеводородлар ва спиртлар) унинг бир қисми ҳосил бўлган сополимернинг матричасида ушлаб қолинади, ва инерт эритувчини гранулалардан чиқариб ташлангандан сўнг бўкмаган ҳолатда катта ғовак хажмига эга бўлган ва ривожланган ички юзага эга бўлган ионитлар ғосил бўлади. Бундай ионитлар макроғовакли ҳисобланади. Бўкиш вақтида ўз структурасини сақлаб қолиши учун улар 15% дан кам бўлмаган тикилувчи агентдан таркиб топган бўлиши керак..

Бундай ионитларнинг солиштира юзаси 20–130 м²/г ни ташкил этади, гел структурасидаги ионитлар учун эса у одатда 5 м²/г дан ошмайди. Макроғовакли структурадаги ионитлар ғоваklarининг диаметри 20–100 нм гача етади; гелли структурадаги ионитлар ғоваklари 5 нм дан ошмайдиган диаметрга эга.

Тахминан бир хил ўлчамдаги ғовакликка эга бўлган ионитлар *изоғовакли* деб аталади.

Бизнинг мамлакатимизда ионитлар қўидагича белгиланади:

- КУ — универсал катионитлар (кучли кислотали);
- КБ — буфер катионитлар (кучсиз кислотали);
- КФ — фосфор нордон катионитлар;
- АВ — юқори асосли анионитлар (кучли асосли);
- АН — қўи асосли анионитлар (кучсиз асосли);
- АНКБ (қўиасосли анионитлар, буфер катионит) — таркибида кучсиз аосо ва кучсиз кислота гуруҳлари бўлган полиамфолитлар;
- АНКФ — кучсиз асосли ва фосфориордон гуруҳлардан таркиб топган полиамфолитлар ва бошқалар.

Бу харфлардан кейин жойлашган ва тагига чизиб қўйилган сонлар ишлаб чиқилган марканинг тартиб рақамини билдиради. Тагига чизиб қўйилган кейинги рақам тикилувчи агентнинг фоиз таркибини билдиради. Макроғовакли ионитлар учун П ҳарфи (ёки 1 рақами) қўшилади. Навбатдаги баъзан П ҳарфидан кейин келадиган, вертикал чизиқ билан ажратилган рақам ғовак ҳосил қилувчининг таркибини билдиради (% ёки улушларда). Шундай қилиб, КБВ-І-10П маркаси 10% тикилувчи агентли макроғовакли буфер катионитни билдиради.

Бир қатор ҳолларда ионитларни хом ашё асосида белгиланади. Масалан, ЭДЭ (этилендиамин, эпихлоргидрин), ПАН, ПЭИ (полиакрилонитрил, полиэтиленимин), ВП (винилпиридин), МВП (метилвинилпиридин) ва бошқалар.

Чет давлатларда ионитларни фирма, завод ёки шаҳар номлари бўйича белгилаш кенг тарқалган. Масалан, Россияда учта корхона ионитлар ишлаб чиқаради: «Карболит» АЖ (Кемерово шаҳри), «Азот» АЖ (Кемерово шаҳри), «Уралхимпласт» АЖ (Нижий Тагил шаҳри).

1.1-жадвалларда ўзимизда ишлаб чиқариладиган ионитлар маркалари учун хом ашё таркиби бўйича кўрсаткичлар келтирилган.

Йўналиши бўйича ион-алмашинувчи материаллар учта асосий гуруҳга бўлинади:

- эримайдиган ионитлар (сорбентлар);
- мембраналар;

• эрийдиган полиэлектролитлар (чўктирувчилар, коагулянтлар, флокулянтлар, флотореагентлар).

1.1-жадвал

МДХ да ишлаб чиқариладиган катионитлар маркалари учун хом ашё таркибининг таснифи

Катионит маркаси	0,1 н. NaOH (CaCl ₂) бўйича статик алмашинув сизими мг-экв/г	Катионитнинг солиштира хажми, мл/г	Функционал гуруҳлар	Асосий хом-ашё
------------------	--	------------------------------------	---------------------	----------------

Полимеризацион сульфокислотали катионитлар

КУ-2	4,9–5,1 (4,6–4,8)	2,8–3,0	-SO ₃ H	Стирол, ДВБ
КУ-3	5,5 (5,2)	2,5–3,0	-SO ₃ H	Винилнафталин, ДВБ
КУ-4	5,6 (5,4)	3,0	-SO ₃ H	Аценафтилен, ДВБ
СДВ	4,2 (4,0)	3,5–4,0	-SO ₃ H	Стирол, ДВБ
СВС	2,3–2,7 (2,5)	2,5–3,0	-SO ₃ H	Бутадиен-стирол каучук
СВС-Р	3,2 (2,5)	1,9–2,0	-SO ₃ H, -OH, -COOH	Бутадиенли резина
СМ-12	4,5	—	-SO ₃ H, -COOH	Малеин ангидриди, стирол, ДВБ
СХВ	6,8 (3,5–4,2)	1,9–3,0	-SO ₃ H, -COOH	Поливинилхлорид
СЭ	4,9 (3,9)	—	-SO ₃ H, -COOH	Полиэтилен

Полимеризацион фосфорнордон катионитлар

КФ-1	5,0 (0,5)	2,7	-PO ₃ H ₂	Стирол, ДВБ
КФ-2	7,0 (1,0)	2,7	-PO ₃ H ₂ , -CH ₂ PO ₃ , -CH ₂ PO ₃ H ₂	Стирол, ДВБ
КФ-3	3,5 (0,5)	3,0	-PO ₃ H ₂	Винилнафталин, ДВБ
КФ-4	5,5 (1,0)	3,0	-CH ₂ PO ₃ H ₂	Винилнафталин, ДВБ
СФ	10,2	3,5	-PO ₃ H ₂	Стирол, ДВБ
СФ-М	10,2–10,8	1–10	-PO ₃ H ₂	Стиролфосфон кислота-нинг дихлорангидриди,

				ДВБ
<i>Полимеризацион карбоксил катионитлар</i>				
КБ-1	10,0	2,7	-COOH	Метакрил кислотаси, ДВБ
КБ-2	10,0	-	-COOH	Метилакрилат, ДВБ
КБ-3	6,7 (0,1)	2,8	-COOH	Акрилонитрил, ДВБ,
КБ-4	8,5-9,5 (0,1)	2,5-4,0	-COOH	Метилметакрилат, ДВБ
СГ-1	8,9	2,0-2,5	-COOH	Метилметакрилат, ДВБ
КС-1	10,0 (1,0)	2,8	-COOH	Малени ангидриди, метилакрилат, ДВБ
КН	6,0	—	-COOH	Акрилонитрил, ДВБ
КМ	7,4-7,6	—	-COOH	Метакрили кислотаси, ДВБ
НМД (КМГ)	7,8-8,8	—	-COOH	Метакрил кислотаси, ДВБ
КМТ КМДА КМТБ	10,1 (0,4)	3,5	-COOH	Метакрил кислотаси, акриламид
КР	7,7	—	-COOH	Метакрил кислотаси, ДВБ
<i>Поликонденсацион сульфокислотали катионитлар</i>				
КУ-1	4,2-4,7 (2,0- 2,5)	2,7-3,0	-SO ₃ H, -OH	Фенолсуль-фоакислота, формальдегид
КУ-5	3,0 (2,5)	5,7	-SO ₃ H	Нафталин- сульфоакислота, формальдегид
КУ-6	5,5 (3,4)	2,7	-SO ₃ H, -COOH	Аценафтен, формальдегид
КУ-7	5,5 (3,2)	3,0	-SO ₃ H, -OH	Фенолбензальдегид, 2,1-дисульфокислота, формальдегид
КУ-8	6,0 (4,0)	5,0	-SO ₃ H, -OH	Фенол, алифатик сульфоальдегидлар, формальдегид
СН	6,5 (3,9)	3,0	-SO ₃ H, -OH	Фенолли новолаклар
ССФ	3,9-4,0	3,7	-SO ₃ H, -OH	Стирол, формальдегид
МСФ-3	4,3 (1,8)	2,8	-SO ₃ H, -OH	Хлорбензолсуль- фоакислота,

				формальдегид
МСФ	3,0 (2,4)	5,0-7,0	-SO ₃ H	Нафталин, формальдегид
КУ-6Ф	5,6 (3,8)	3,0	-SO ₃ H, -COOH	Аценафтен, фенол, формальдегид
КУ-9	6,0 (3,5)	5,0	-SO ₃ H, -COOH	Фенол, кетонларнинг сульфокислоталари, формальдегид
КУ-21	5,5 (4,5)	4,0	-SO ₃ H	Нафталинсульфо- кислота, формальдегид




Поликонденсацион карбоксил катионитлар

КБ-5	7,5	6,0	-COOH, -OH	Монохлорсирка кислотаси, резорцин, формальдегид
КРФУ КФФУ КРФФУ	2,5-4,0	2,5-3,2	-COOH, -OH	Монохлорсирка кислотаси, резорцин, фенол
КФУА	3,0-3,3	2,2-2,5	-COOH, -OH	Феноксисирка кислотаси, анизол, формальдегид
КФУХ	3,0-3,5	2,5-2,7	-COOH, -OH	Феноксисирка кислотаси, п- хлорфенол, формальдегид
КФУ	4,8-6,0	3,0-4,0	-COOH, -OH	Феноксисирка кислотаси, фенолформаль-дегид

Поликонденсацион фосфорнордон ва мишьякнордон катионитлар

РФ	5,0	—	-PO ₃ H ₂ , -OH	Фенол, резорцин, формальдегид
ВФ	4,5	3,0-3,5	-PO ₄ H ₂	Поливинил спирти
АР	3,0	1,5-1,6	-AsO ₃ H ₂ , -OH	Оксифенилкрезол кислотаси, формальдегид

МДХ да ишлаб чиқариладиган анионитларнинг қисқача таснифи

Анионит маркази	0,1 н. HCl (NaCl), бўйича статик алмаши-нув сифими мг-экв/г	Бўккан анионит-нинг солиштирма ҳажми, мл/кг	Функционал гуруҳлар	Асосий ҳам-ашё
<i>Кучли асосли полимеризацион анионитлар</i>				
AB-15	3,8 (1,6)	2,9	$-N^+(CH_3)_3$	Стирол, ДВБ, триметиламин
AB-17	3,6–4,2 (3,4–3,7)	2,5–3,3	$-N^+(CH_3)_3$	Стирол, ДВБ, триметиламин
AB-171	3,5–4,0	5,0–8,5	$-N^+(CH_3)_3$	Стирол, ДВБ, триметиламин
AB-18	3,0 (1,5)	3,0		Стирол, ДВБ, пиридин
AB-19	3,0 (2,5)	3,2	$-N^+(CH_3)_3$	Винилнафалин, ДВБ, триметиламин
AB-20	3,5 (1,5)	3,0–3,2		2-Винилпиридин, ДВБ
AB-21	3,3–3,4 (2,8–3,3)	3,8–4,3	$-N^+(CH_3)_3$	Аценафтилен, ДВБ
AB-211	2,4 (1,7)	—	$-N^+(CH_3)_3$	Аценафтилен, ДВБ
AB-23	3,5 (1,5)	2,8–3,2		2-Метил-5-винилпиридин, ДВБ
AB-27	4,0 (3,7)	2,6	$-N^+(CH_3)_2C_2H_4OH$	Стирол, ДВБ, диметиламинлар, этиленоксид
АДВ-1	2,8 (2,2)	—	$-N^+R_3$	—
АСД-2	1,9	—	$-N^+R_3$	Стирол, триметилднамиин
МТ	2,9–3,0	3,1–4,4	$-N^+(CH_3)_3$	Глицидилметакрилат, ДЭТ, триметиламин

TKTI AXBOROT RESURS MARKAZI

МТН	3,0-3,1	2,6-3,5		Глицидилметакрилат, ДЭТ, пиридин
-----	---------	---------	---	----------------------------------

ЛМН	2,9	—		Стирол, ДВБ, пиридин
-----	-----	---	---	----------------------

Кучли асосли поликонденсацион анионитлар

АВ-16	8,0-9,5	3,6-4,2		Пиридин, ПЭПА, эпихлоргидрин
-------	---------	---------	---	------------------------------

АВ-16Г	(1,2-1,4)	—	$=NH, \equiv N$	—
--------	-----------	---	-----------------	---

ПЭК	6,0 (1,9)	3,5	$-N^+R_3, =NH, \equiv N$	ПЭПА, эпихлоргидрин, диметилсульфат
-----	-----------	-----	--------------------------	-------------------------------------

Кучsiz асосли полимеризацион анионитлар

АН-4	6,5	4,0	$=NH, \text{CEN}$	Поливинилхлорид, аммиак
------	-----	-----	-------------------	-------------------------

АН-7	7,4	3,5	$=NH, \text{CEN}$	Поливинилхлорид, ПЭПА
------	-----	-----	-------------------	-----------------------

АН-10	10,0	4,0	$-NH_2$	Аллиламинлар
-------	------	-----	---------	--------------

АН-15	5,5	2,0	$-NH_2$	Стирол, ДВБ
-------	-----	-----	---------	-------------

АН-17	4,5	2,5	$=NH$	Стирол, ДВБ
-------	-----	-----	-------	-------------

АН-18	3,5-5,0	2,0-2,5	$\equiv N$	Стирол, ДВБ, диметиламин
-------	---------	---------	------------	--------------------------


АН-19	6,0	2,5	$-NH_2, =NH, \equiv N$	Стирол, ДВБ, ПЭПА
-------	-----	-----	------------------------	-------------------

АН-20	3,0	2,2	$-NH_2, =NH$	Стирол, ДВБ, аммиак
-------	-----	-----	--------------	---------------------



АН-21	6,0	2,8	$-NH_2, =NH$	Стирол, ДВБ, этилендиамин
-------	-----	-----	--------------	---------------------------

АН-22	7,0	2	$-NH_2, =NH$	Стирол, ДВБ, этилендиамин
-------	-----	---	--------------	---------------------------

АН-23	5-6,5	2,0-2,4		2-Винилпиридин, ДВБ
-------	-------	---------	---	---------------------

АН-25	5-6,2	1,8-2,2		2-Метил-5-винилпиридин, ДВБ
-------	-------	---------	---	-----------------------------

АДВ-3	3,8	—	$-NH_2$	—
-------	-----	---	---------	---

ВП-1	6,5	—		2-Метил-5-винилпиридин, ДВБ
ВП-2	6,0	—		2-Метил-5-винилпиридин, ДЭТ
<i>Кучсиз асосли поликонденсацион анионитлар</i>				
АН-1	4,2	2,2-2,7	=NH, ≡N	Меламин, формальдегид
АН-2Ф АН-2ФГ	8,5-10,0	2,5-3,2	=NH, ≡N	ПЭПА, фенол, формальдегид
АН-9	4,5	3,0	=NH, ≡N	Фенол, формальдегид, аммоний тузлари
АН-31	9,5-10,5	2,6-3,2	=NH, ≡N	ПЭПА, эпихлоргидрин, аммиак
НО, Н, МН	4,1-4,4	—	=NH, ≡N	Мочевина, меламин, гуанидин, формальдегид
ММГ	3,8	1,6-2,0	=NH, ≡N	Мочевина, меламин, гуанидин, формальдегид
ЭДЭ-10П	8,5-9,5 (1,0-1,3)	3,2-4,0	-N•R ₃ , =NH, ≡N	ПЭПА, эпихлоргидрин

Қисқартирилган белгилар: ДВБ — дивинилбензол, ПЭПА — полиэтиленполиамин, ДЭТ — триэтиленгликолнинг диметакрил эфири

1.2 Ион-алмашинувчи материалларнинг барқарорлиги

Ионитлар кўпинча юқори температураларда фаолланиш зоналарида, агрессив муҳитларда эксплуатация қилиш учун мўлжалланган бўлиб, бу ионитни аввалан кимёвий, термик ва радиацион баҳолаш зарур эканлигини кўрсатади.

Баҳолаш мезонлари

Ионалмашинувчи материалнинг турғунлигини аниқ билиш эксперимент тўғри қўйилган шаронтларда) стабилликни баҳолашнинг тўғри критерийсини танлашга боғлиқ.

Ионалмашинувчи материалнинг энг муҳим хусусиятларидан бири сиғим алмашинуви бўлганлигидан, асосий эътиборни ионитлардаги функционал гуруҳларнинг ўзгаришини белгилашга қаратилади. Полянский томонидан киритилган ионитларнинг термобарқарорлик критерийси – сиғим алмашинувининг исбий йўқотилишлари $L = 100 (E_0 - E)/E_0$ – рационал барқарорлики баҳолашда кенг тарқалгандир. Бироқ, агар ионинчи, биринчи ва иккинчи тартибли кинетик тенгламалардан келиб чиқадиган бўлсак,

$$E = E_0 - k_1 \tau,$$

$$E = E_0^{-k_2 \tau},$$

$$E = E_0 / (1 + k_3 E_0 \tau),$$

у ҳолда сиғим алмашинувининг исбий йўқотишлари

$$L_1 = k \cdot 100 \tau / E_0,$$

$$L_2 = 100(1 - e^{-k_2 \tau}),$$

$$L_3 = 100 / (1 + 1/k_3 E_0 \tau)$$

фақат биринчи тартибли тенгламалар ҳолатидагина бошланғич сиғим алмашинувига боғлиқ бўлмайди.

Термобарқарорлик коэффициенти КТ, кимёвий барқарорлик коэффициенти КХ и радиацион барқарорлик коэффициенти КР критерийлари – умумий критерийлар ҳисобланадилар.

$$КТ = COE_{max} V_{max} / (COE_{min} V_{min});$$

$$КХ = POE_{max} K_{max} / (POE_{min} K_{min});$$

$$КР = \mathcal{E} / (E^c K).$$

Бу ерда COE — статик (мувозанат) алмашинув сиғими; V — бўккан ионитнинг солиштирма хажми; POE — тўлиқ алмашинув сиғими, K — иамланувчанлик коэффициенти; \mathcal{E} — ионитнинг эквивалент оғирлиги; E^c — қуруқ ионитнинг алмашинув сиғими.

Энг ишонарли, аммо машаққатли ва тезкор бўлмаган мезон – бу қиздириш вақтида функционал гуруҳларнинг жойлашувининг электрофил ва нуклефил реакцияларининг тезлик константалари қийматларидан ва нурланиш вақтида функционал гуруҳлар таркибидаги боғларнинг радиолиз

тезликлари қийматларидан келиб чиқиб ионитларнинг сўғим алмашинуви ўзгариши бўйича критерийсидир. Ҳозирча агрессив муҳитлар, ва оксидловчилар таъсирида вақтида сўғим алмашинувининг ўзгариши қатъий қонуниятлари белгиланмаган, ва бу ҳолатда (мумкин қадар энг яқин бошланғич сўғим алмашинув намуналарини қўлланган ҳолда) барқарорлик критерийси сифатида бир хил синовлар вақтидаги сўғим алмашинувининг нисбий йўқотилишларидан фойдаланиш мумкин.

Исталган таъсир вақтида нонит матрицасидаги ўзгаришларни баҳолаш учун қуйидаги критерийлардан фойдаланилади: намланиш коэффицентининг ўзгариши, массаинг бўккан ва қуруқ ҳолатдаги ўзгариши, ташқи эритмага ажралиб чиққан маҳсулотларнинг табиати ва миқдорини ўзгариши. Бу вақтда структуравий ўзгаришлар ва матрицага боғланган гуруҳларнинг ва атомларнинг ундан узилиб қолиши ҳисобига чокланиш, структура бузилиши, бўртиш ёки сиқилиш жараёнлари бўлиб ўтишини аниқлаш мумкин.

Бир қатор ҳолларда полимер матрица тузилишининг биржинсли эмаслиги инерт эритувчи иштирокида жараённи олиб бориш вақтида уни синтез қилиш шароитлари билан аниқланади. Бундай ионит намуналарида матрицада қайд этилган ғоваклар хусусиятига эга бўлган мустаҳкам структуралар таркиб топади. Ғоваклар сони ва ўлчамларига кўра ионитларни шартли равишда гелли, изоғовакли ва макроғовакли турларга бўлинади. Шунини назарда тутиш зарурки, амалий жиҳатдан исталган ионитда мустаҳкам структурали участкалар мавжуддир. Мустаҳкам структурали участкаларнинг нисбий улуши гелли намунадан изоғовакли ва макроғоваклигача ортади. Ионитларнинг изоғовакли намуналари учун (макроғоваклиларидан фарқли ўлароқ) ғовакларнинг ўлчамлари бўйича тарқалишининг нисбатан тор диапозони характерлидир. Турғунлиги яхши ўрганилган макроғовакли ионитлар сирасига КУ-23-8, КУ-23-15, КУ-23-30, АМП ва х.к. катионитларини киритиш мумкин. Ионитларнинг полимер матрицаларининг структураларининг бундан ҳам бир хил қийматли эмаслиги формальдегид билан ароматик углеводородларни

конденсациялаб олинган ёки эпихлоргидр билан
полиэтиленполиаминларни конденсациялаб олинган
намуналарида кузатилади.

Кўриниб турибдики, полимер матрицаларининг биржинсли эмаслиги функционал гуруҳлар киритилгандан сўнг ионитларда ҳам сақланиб қолар экан. Аниқроқ қилиб айтганда, полимераналогик ўзгаришлар босқичида – сополимерларни сульфат ёки хлорсульфон кислотаси билан ишлов берилганда, сўнгги аминлашдан кейин хлорметиллашда фосфий ва фосфон гуруҳлари хлоридларини совунлаб три- ва пентахлорид билан фосфорлантиришда – сульфонлар ($R-SO_2-R$), метилен чоклари ($R-CH_2-R$) ва фосфон чоклари ҳосил бўлиши ҳисобига матрицанинг қисман чокланиши эҳтимоли доимо мавжуддир. Бундан ташқари функционал гуруҳлар стиролнинг *o*- ва *p*-ҳолатларига ва стиролдаги *m*-ДВВ ёки *m*-этилстирол ҳолатларига кириши мумкин.

Конденсирланган ароматик ядроли системалар учун функционал гуруҳларни элементар ячейканинг турли ҳолатларига киритиш учун ва уларнинг узилиши хусусияти бўйича нотекислиги юзага келиши учун жуда катта имкониятлари мавжуддир.

Барча санаб ўтилган факторлар молекуляр сатҳдаги таркиби бўйича бир жинсли ионитларни олиш эҳтимолини мустасно этади. Табиийки, ионитларнинг бир жинсли эмаслиги уларнинг қиздирилишга, нурлантиришга ва агрессив муҳитлар таъсирига турғунлигига таъсир кўрсатади.

Термогидролитик барқарорлик

Юқори температураларда узоқ вақт давомида эксплуатация қилишга мўлжалланган ионитларга термобарқарорлик жиҳатидан қатъий талаблар қўйилади. Қуруқ ҳолатдаги ионитларнинг структуралари бузилиши жараёнлари матрица ва иониген гуруҳларнинг термик турғунлигини маълум даражада баҳолашга ва структуранинг бу элементларида структура бузилишининг бошланғич температурасини аниқлашга имкон беради. Ионитларнинг турғунлиги хусусиятларига янада аниқ баҳонн термик гидролиз жараёнларини тадқиқ қилиш чоғида

бериш мумкин.

Сульфокатионитлардаги термогидролитик барқарорлиги

Сувда ва сувли эритмаларда қиздириш вақтида сульфокатионитларнинг сиғим алмашинувининг камайишиги олиб келадишан асосий реакция десульфирлаш реакцияси ҳисобланади. Водород шаклидаги сульфокатионитлари десульфирлаш сув иштирокида бўлиб ўтади ва эритмага ионит сиғим алмашинуви йўқотилишидан икки марта ортиқ бўлган водород ва сульфат-ионларнинг эквивалент миқдорда ажралиб чиқиши билан кузатилади (1.3-жадвал).

1.3-жадвал

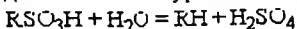
КУ-2 катионити хусусиятларининг 195 °С да сувда қиздирилгандан сўнг ўзгариши

Давомий-лик, соат	E, моль/кг матрица	0,5H ⁺ , моль/кг матрица	0,5SO ₄ ⁻ , моль/кг матрица	K, г H ₂ O/г матрица	K ₃ , моль H ₂ O/моль сульфогуруҳ	Куруқ катионитнинг масса йўқотиши, %	
						Экспериментал кўрсаткичлар	ҳисобланган кўрсаткичлар
0	7,85	0	0	2,01	14,4	0	0
12	5,31	2,54	2,58	1,47	15,4	13,6	13,0
18	4,69	3,14	3,10	1,30	15,4	15,3	16,1
40	2,96	4,87	4,79	0,83	15,6	25,5	25,0
96	1,62	6,23	6,24	0,46	15,8	31,2	31,8
240	0,75	7,09	7,11	0,25	18,5	37,1	36,3

Эксперимент йўли билан топилган ва ажралиб чиқаётган сульфат кислотаси массаси бўйича ҳисобланган массалар йўқотилишининг мос келиши, десульфирлаш сульфокатионитнинг сиғим алмашинуви камайишига асосий сабаб эканлигидан далолат беради. Шуни таъкидлаш жоизки, КУ-2 катионитининг K₃ (намланиш эквивалент коэффиценти) сиғим алмашинув қийматларининг катта диапазонларида амалий жиҳатдан ўзгармас бўлиб қолаверади, бу эса полимер матрицасининг 195 °С сувда юқори турғунликка эга эканлигини кўрсатади.

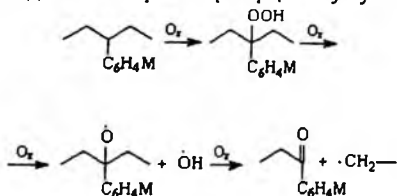
Кўпинча стирол ва дивинилбензол асосидаги катионитларни ишқорий муҳитларда десульфурлаш қарийиб мавжуд эмас ёки сезиларсиз тезликда сульфат-ионлар ҳосил бўлиши билан бўлиб ўтади. Фенола ва формальдегид асосидаги катионитларнинг матрицаси ишқорий муҳитларда етарли даражада турғун эмас. Ишқор каталитик таъсир кўрсатади ёки полимер матрицасининг структураси бузулишида ва феноллар ҳосил бўлишида реагент бўлиб ҳисобланади.

Водород шаклидаги катионитларни десульфурлаш суммар реакциясини қуйидаги тенглама кўринишида ёзиш мумкин:

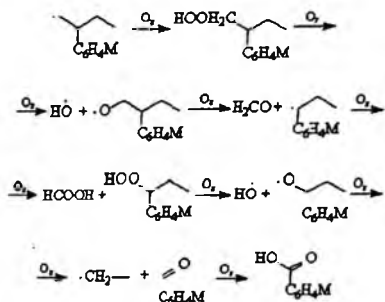


180 °C температурада 48 соат давомида қиздирилган сув билан гидролизлаш Н-шаклдиги бу катионитларнинг статик сиғим алмашинувини 8% га, Na-шаклдагиларни эса, атиги 2% га камайишига олиб келади. Сульфокатионитларни сувда қиздириш вақтида матрица чокланишининг локал даражаси бўйича биржинсли эмаслиги ионитларда сульфогуруҳлар алмашниши кинетикасида қарийиб намоён бўлмайди, аммо ароматик ядролардаги функционал гуруҳларнинг жойлашуви уларнинг узлиш кинетикаларига катта таъсир кўрсатади.

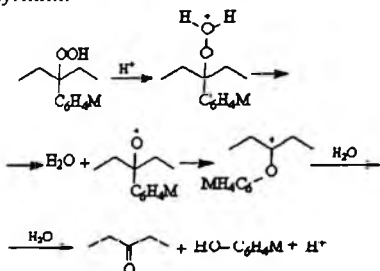
Сульфокатионитлар сувда қиздирилган вақтида сульфогуруҳлари узиб юборади. Пировардида матрицани юқори температураларда оксидловчи сульфат кислота гидролиз маҳсулоти ҳисобланади. Полимер матрицанинг структурасининг бузилиши оксидланиш жараёнлари орқали тушунилади:



бу ерда, М — функционал гуруҳ. Гидропероксидлар формальдегид, бензальдегид, чумоли ва бензой кислоталарини ҳосил қилиб парчаланади:

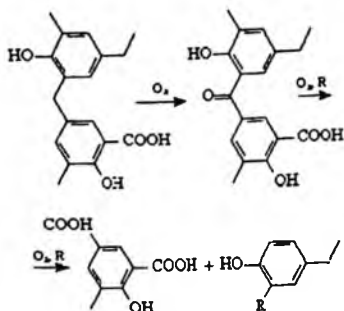


Гидропероксид фенол ва ацетон ҳосил қилиб кумол гипероксидини парчалашга олиб келадиган механизм бўйича емирилиши мумкин:



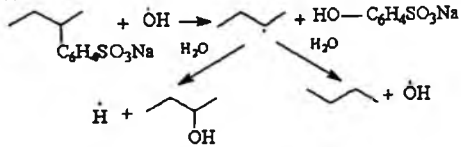
Водороднинг уламчи углерод атомли боғи оксидланишга камроқ барқарор ҳисобланади, шунинг учун полимер боғининг узилиши стиролдаги ва дивинилбензолдаги метин ва метилен гуруҳлари орасида полимер боғининг узилиши содир бўлади. Уламчи углерод атомининг, водород атоми галоген атомга алмаштириш йўли билан ҳимояланиши, стирол асосидаги ионитнинг оксидланиш таъсирига барқарорлигининг кескин ортиши билан кузатилади.

Қуйида ионитнинг фенол-формальдегид матричасининг оксидланиш жараёни кўрсатилган:



(R — гуруҳлар -OH, -OOH, -Cl, -Br ва х.к..)

Полимер матричасининг термооксидланиш структура бузилиши, қуйдаги реакциянинг бўлиб қтиши натижасида, ионалмашинувчи материалнинг буткул эриб кетишига олиб келиши мумкин :

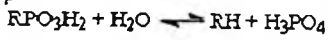


Полимер матричасининг оксидланиш структураси бузилиши катионитда янги кислород таркибли - ИКС усули билан бир хил бўлган фенолли, карбонилли ва карбоксилли гуруҳларнинг пайдо бўлиши билан

Фофорнордон ва карбоксил катионитларнинг термогидролизи

Катионитлардан сувда термик гидролизланишга турғунлари полистиролфосфорнордонлари ҳисобланадилар (1.4-жадвал).

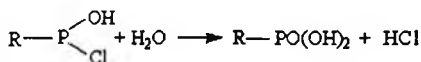
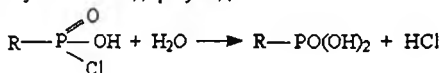
Сувда қиздирилиш вақтида фосфорнордон катионитларнинг сиғим алмашинуви камайишнинг асосий сабаби группаларнинг электрофил ўрин алмашиниш реакцияларининг фосфорнордон кислоталар ажралиб чиқиши билан боришидир:



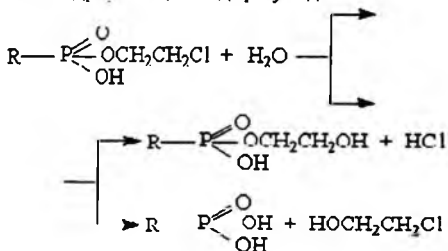
Баъзи ҳолларда, бу реакция билан бир қаторда полимераналогик ўзгаришлар босқичида юзага келган ва катионитни эксперимент қилиш вақтида йўқ бўлиб кетмаган олигомерларнинг ажралиб чиқиши содир бўлади

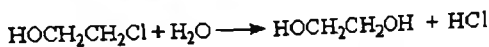
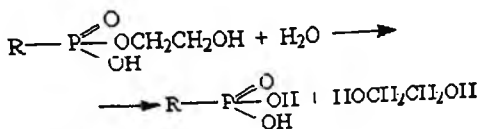
Амалий жиҳатдан барча фосфориордон катионитларни қиздириш вақтида олигомерлар ва фосфор кислоталари билан бир қаторда синтех вақтида совунланмаган хлорфосфон ёки хлорэтилен гуруҳларининг таркибида хлорнинг гидролитик ўрин алмашиниши натижасида оз миқдорда хлорид кислотаси ажралиб чиқади

ДВБ билан стирол асосидаги фосфориордон катионитларни сувда қиздирилиш вақтида ўрин алмашиниш реакциясидан ташқари хлорнинг хлорфосфин ва хлорфосфон гуруҳлардан гидролитик узилиши содир бўлади:



Винилфосфониккислотасининг дихлорэтил эфир асосида олинган намуналарида хлорнинг хлорэтил гуруҳларда ва 1,2 - гидроксихлорэтианда гидролитик узилишидан ташқари эфир гуруҳларининг гидролизи ҳам содир бўлади:





1.4-жадвал

Фосфорнордон катионитларининг (Н-шаклдаги) сувдаги термик барқарорлиги

Катионит	Катионитнинг бошланғич сифими, моль/кг катионит	Т, °С	Тажриба давомийлиги, сут	Ажралиб чиқиш ҳисобига фосфон гуруҳларнинг йўқотилиши, %	
				олигомерлар RPO_3H_2	Фосфор кислотаси
КФ-1	$E = 4,17;$ $E_p = 4,41$	200	1	0,00	4,11
			2	0,00	5,02
			5	0,00	5,03
КФ-Р	$E = 4,53;$ $E_p = 7,66$	200	1	8,88	8,34
			2	9,14	8,88
			5	8,87	9,66
КФ-11X8	$E = 4,39;$ $E_p = 6,52$	1	1	3,90	3,30
			5	6,70	8,20
		80	20	5,60	11,89
КФ-11X12	$E = 4,80;$ $E_p = 6,71$	180	1	3,70	4,20
			5	4,00	10,20
			20	4,80	23,30
КФ-11X20	$E = 4,28;$ $E_p = 6,12$	180	1	4,10	4,70
			5	4,20	10,40
			20	4,70	24,10

* E , E_p — катионитлардаги тегишли равишда фосфор гуруҳлари ва умумий фосфорнинг таркиби.

Фосфон гуруҳлари таркибидаги хлорнинг ўрин алмашмайдиган атомининг гидролитик узилиши реакциялари алкаиметрии титрлаш орқали аниқланган катионитнинг сифим алмашинувиининг ортишига олиб келиши керак. Олигомерлар ажралиб чиқиши билан дефосфориланиш ва

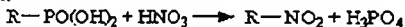
оксидланиш натижасида структуранинг бузилиши жараёнларининг нисбий тезлиги ҳақида маълумотлар 1.4-жадвалдаги кўрсаткичлар орқали олинади.

Юқоридагилардан, азот кислотаси эритмасидаги қиздирилиш давомийлигининг ортиши ва чокловчи агент таркибининг камайиши билан, катионитидаги фосфор таркибининг камайишида полимер матрицаси структураси КФП бузилишининг нисбий ҳиссасининг ортиши ҳақида муфассал хулоса келиб КФ-7 катионитида барча ҳолларда ҳам дефосфориллаш устун келади.

Бу реакциянинг бўлиш эҳтимоли жуда кам, чунки, мураккаб эфирдаги С-Р боғининг мустаҳкамлиги, С-О боғининг мустаҳкамлигига қараганда юқорироқ.

Келтирилган кўрсаткичлар шуни кўрсатадики, фосфорнордон катионитларини синтез қилиш шароитларини қайта ишлашда полимер матрицасининг структура бузилишини минимумга етказиш ва Cl атомларини -ОН-гурӯҳга тўлиқ ўрин алмашинишни таъминлаш мақсадида, энг катта аҳамият фосфориллаш ва совунланиш реакцияларига қаратилиши керак.

Азот кислотаси эритмаларида фосфорнордон катионитларининг сўғим алмашинувиининг камайишининг асосий сабаби фосфон кислотаси олигомерлари ажралиб чиқиши билан ва фосфортаркибли гурӯҳларини нитрогурӯҳларга электрофил ўрин алмашиниши билан оксидланиб, полимер матрицаси структурасининг бузилиши жараёнлари (бу жараёнлар 60–80 °C температурада катта тезлик билан боради) ҳисобланади:

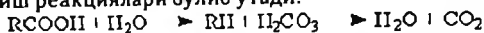


Карбоксил таркибли катионитлар сульфокатионитларга қараганда барқарорроқ ҳисобланади, бу уларда карбоксил гурӯҳларда диссоцияланиш кичиклиги билан асосланади.

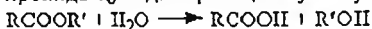
80°C температурада 4 н ли HNO_3 эритмасида қиздирилгандан сўнг катионитлардаги фосфорнинг нисбий йўқотилиши

Катионит	Реакция ҳисобига катионитдаги фосфор таркибининг камайиши, %		Тажриба давомийлиги, сут.
	дефосфорилланиш	Олигомерларнинг ажралиб чиқиши	
КФП-8	17,5	2,1	1
	22,8	76,8	10
КФП-12	11,5	5,6	1
	20,3	67,9	10
КФП-20	12,9	1,0	1
	25,9	44,1	10
КФ-7-10	60,7	—	1
	85,9	14,1	10

Н-шаклдаги катионитларни қиздириш вақтида сув ва карбоксил гуруҳлар иштирокида оддий электрофил ўрин алмашилиш реакциялари бўлиб ўтади:



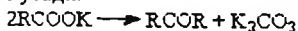
Катионитни синтез қилиш вақтида совунланмаган эфир гуруҳлари иштирокида қуйидаги реакция бўлиб ўтиши мумкин:



Туз шаклидаги карбоксил катионитларни қиздириш вақтида биринчи навбатда туз шаклидаги гидролиз реакцияси



ёки иккита карбоксил гуруҳларининг ўзаро таъсирлашуви реакциялари бўлиб ўтади:



Карбон кислоталарнинг паст даражада диссоцияланишини ҳисобга олиб, фараз қилиш мумкинки, сувда қиздирилган вақтида, катионитларда водород ва туз шаклидаги катионитлардаги карбоксил гуруҳлар температуралар ўзгаришлари (ўрин алмашилиш ва конденсация), сульфокатионитларда содир бўладиган температуралар ўзгаришлари билан таққосланганда анчагина кичикдир.

2-БОБ. ИОНИТЛАРНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ УСУЛЛАРИ

2.1 Қаттиқ модда миқдорини аниқлаш

Ионит матрицаси табиатини аниқлаш учун оддий таҳлил усуллари қўлланилиши мумкин. Самарали усуллардан бири минерал ёғда муаллақ бўлган заррачаларни ёки деструктив хайдаш бўйича олинган заррачаларни инфрақизил спектроскопия усулидир.

Катион-алмашинувчи полимерлар турли ион шаклларида қуритилиши мумкин. Анион-алмашинувчи полимерларга келсак, уларнинг кўпчилиги (айниқса, ОН-шаклдаги тўртламчилари) қуритилиш пайтида парчалайтирилиши мумкин.

Ион-алмашинувчи полимердаги қаттиқ моддани аниқлаш учун уни 110°C да қуритиш шкафида 8 соат давомида ёки 125°C да 2 соат давомида қуритилади. Ион-алмашинувчи полимердаги қаттиқ моддани таркиби ҳақида маълумот кўпинча кўндаланг тушган боғларни таҳминий баҳолаш учун қўлланилади. Бунинг учун Сокслет қурилмасида охиригача тугатиладиган экстракция қўлланилади.

Умумий усул

Бошланишида (қаттиқ моддани миқдорини аниқлашдан илгари) ионитни деионлаштирилган сувда 2 соатдан кам бўлмаган вақтда бўктириш орқали гидратация олиб борилади. Дастлабки қуритилган намуналарни анализни олиб боришдан олдин тахминан 12 соат давомида бўктириш керак.

Аниқлаш

Бўктирилган ёки дастлабки қайта ишланган намуна шламнинг бир қисмини Бюхнер воронкасига ўтказилади. 5 дақиқа давомида сувни сўриб олинади.

Бюхнер воронкасида суви сўриб олинган намунадан 5,0 г тортиб олиниб қуруқ тортиш учун қўлланиладиган тарали чашкага солинади ва 100°C ҳароратда 8 соатдан кам бўлмаган вақт давомида иситилади. Сўнг эксикаторда совитилади ва қайтадан тортилади.

Таҳлил натижаларини ҳисоблаш:

$$\text{Қаттиқ модда, \%} = \frac{G_1}{G_2} \cdot 100$$

бу ерда, G_1 – қуруқ намунанинг оғирлиги, г; G_2 – хўл намунанинг оғирлиги, г.

Гидроксил шаклдаги тўртламчи ионитларни таҳлил қилиш учун қўлланиладиган усул

Аниқлаш

Гидратацияланган ҳавода қуриган ионитдан 5,0 г тортилади ва ўртача зичликдаги фильтр қоғоз листи солинадиган воронкага жойлаштирилади. Намунани ишқорлантирилади 1 л 1% NaCl (нейтрал эритма). Олинган эритманинг 100 мл аликвота қисмини натрий гидроксид миқдорини аниқлаш учун 0,1 н. кислота эритмаси билан титрланади. Сўнг ионитни 1 л деионизацияланган сув билан ювилади ва тараланган чашкага ўтказилади. Қуритиш шкафида 100 °С ҳароратда 8 соатдан кам бўлмаган вақт давомида қуритилади. Эксикаторда совитилади ва хлорид шаклдаги қуруқ ионитнинг оғирлигини ўрнатиш учун яна тортилади. Таҳлил натижаларини ҳисоблаш:

$$\text{Қуруқ модда, \% (OH- шакл)} = \frac{G - (0.185 V N)}{a}$$

бу ерда, G — хлорид шаклдаги қуруқ ионитнинг оғирлиги, г; V — олинган эритманинг 100 мл аликвота қисмини титрлашга кетган стандартлашган кислота ҳажми, мл; N — стандартлашган кислотанинг нормаллиги; a — гидроксил шаклдаги ионит тортими, г.

Зол миқдорини аниқлаш

Ноорганик бирикмаларнинг миқдорини концентрланган сульфат кислота билан намли золлаш йўли билан аниқлаш қўлланилади. Бунда нафақат органик қисм парчаланади, балки кремний диоксиди ва металл таркибли комплекслардан ташқари ноорганик анионлардан ҳосил бўлаётган компонентлар учиб чиқади. Катнон алмашинувчи моддалар мисолида, агар намуна водород шаклда бўлмаса, функционал гуруҳ билан боғланган барча ноорганик катионлар золада қолади.

Аниқлаш

Ионитдан сувни ажратиб олингандан сўнг, 5 г ионит тортилади (0.2 мг гача аниқликда) ва тегишли идишга жойлаштирилади, дастлабки тобланади, совитилади ва тортилади. Тортилгандан сўнг намунага тенг миқдорда бўқишгача концентрланган сульфат кислота қўшилади (намуна бунда ортиқча суюқлик бўлмаслиги керак). Сўнг сульфат ангидриди буғлари ҳосил бўлиши тугагунга қадар паст ҳароратда куйдирилади, горелкада доимий оғирликкача тобланади ва эксикаторда совитилади. Шу йўл билан кремний ёки металлларни миқдорини ҳам аниқлаш мумкин.

Таҳлил натижаларини ҳисоблаш:

$$\text{Бошланғич намуна ҳисобида золанинг \% миқдори} = \frac{G_1}{G_2} \cdot 100;$$

$$\text{Қуруқ модда ҳисобида золанинг \% миқдори} = \frac{G_1}{G_3} \cdot 100$$

бу ерда G_1 — зола миқдори, г; G_2 — бошланғич намуна оғирлиги, г; G_3 — қуруқ намуна оғирлиги, г.

Ионоген гуруҳлар тавсифи

Титрлаш эгри чизиқлари функционал гуруҳларнинг кислотали-ишқорий хоссаларини тавсифлашга, шу билан бирга модданинг алмашинув қобилиятини аниқлашга ёрдам беради. Бироқ титрлаш жараёни кўп вақт талаб қилади ва фақат тадқиот мақсадларида тавсия этилади. Катионитларни баъзи ҳолларда диссоциация константасини аниқлаш йўли билан тавсифлаш мумкин.

Титрлаш эгрилари

Баъзи ҳолларда, агар полимернинг функционал гуруҳи ёки водород ёки гидроксил шаклда жойлашганда юқори даражали диссоциация даражасига эга бўлади, титрлаш эгрилари тўғри титрлаш йўли билан олинishi мумкин. Ионитни мувозанатга эришиладиган тезликни ошириш учун туйилади, лекин бунда ҳам охириги нуқтада қаттиқ модда ва эритмал ўртасидаги мувозанатни секин ўриятилиши кузатилади.

Титрлаш эгриларини ҳосил қилишга талаб этиладиган

маълумотларни олиш учун намунанинг 20 та алиқвота қисми тортилади, уларнинг ҳар бири 3–4 мг-экв функционал гуруҳга жавоб бериши керак. Тортимларни 60 мл сиғимли қуруқ пробиркаларга жойлаштирилади. Тортилган намуналарга 14.6 жадвалда келтирилган реагентларнинг маълум ҳажмлари қўшилади.

Пробиркаларни герметик ёпилади ва талаб этиладиган ҳароратгача сақланади, мувозанатни ўрнатилгунга қадар даврий ва узлуксиз равишда силкитилади, бунга суюқликнинг доимий рН муҳитидан билиш мумкин. Бу даврнинг давомийликнинг тадқиқ қилинаётган функционал гуруҳга боғлиқ равишда бир неча соатдан 6 ҳафтадан кўп вақтни ташкил этиши мумкин.

Топилган рН муҳит кўрсаткичини қўшилаётган кислота ёки асоснинг миллиграмм-эквивалент миқдорини қуруқ ионит грамм миқдори функциясига ўхшаб графика қўйилади; шу йўл билан титрлаш эгрлари олинади. Намунанинг ион-алмашинув қобилияти бир грамм қуруқ моддага нисбатан миллиграмм-эквивалент миқдорини титрлаш эгрисидаги эгилиш нуқтасига тўғри келади. 1 М КСl эритмадаги константа диссоциацияси логарифми (рК) сон жиҳатдан ярим нейтраллаш нуқтасидаги рН га тенг.

2.1-жадвал

Титрлаш эгрларини ҳосил қилишда қўлланиладиган намунавий эритмалар ҳажмлари

Намуна	1 М КСl эритмаси ҳажми, мл	Титрланган эритма ҳажми, мл
1	50	9
2	45	5
3	40	10
4	35	15
5	30	20
6	28	22
7	26	24
8	24	26

9	22	28
10	20	30
11	18	32
12	16	34
13	14	36
14	12	38
15	10	40
16	8	42
17	6	44
18	4	46
19	2	48
20	0	50

Тўғри титрлаш усули

Аниқлаш

Маълум нон шакли ионитни 3,5 мг-экв функционал гуруҳга жавоб берадиган қилиб тортилади ва ўртача тешикли шишали воронкага жойлаштирилади. Агар катнон-алмашинувчи матриал тадқиқ қилинаётган бўлса, уни 1 л 1 н. HNO_3 билан ишлов берилиб водород шаклга ўтказилади ва деионизацияланган сув билан қолдиқ кислотадан ювилади. Агар тадқиқ қилинаётган намуна анион-алмашинувчи материал бўлса, унда уни аввал карбонат-ионларга эга бўлмаган 1 л 1 н. H_2SO_4 билан ва сўнг 1 л 1М NaOH билан ишлов брилади. Деионизацияланган сув билан шундай ювиладикки, бунда оқиб тушаётган суюқлик фенолфталеин бўйича нейтрал бўлгунга қадар трубкадаги ионит қатлами сув билан қопланган бўлиши керак.

Ишлов берилган намуналарни конуссимон колбаларга жойлаштирилади, юувчи суюқлик сифатида 100 л М нейтрал натрий хлорид эритмаси қўлланилади. Катион-алмашинувчи материаллар учун ажралиб чиқаётган кислотани 0,1 н. NaOH (стандарт) билан шиша электродли рН-метр ёрдамида эритманинг рН муҳитини қузатилган ҳолда титрланади. Анион-

алмашинувчи моддаларни шу йўл билан 0,1 н. H_2SO_4 ёки HCl эритмаси билан титрланади. Титрлаш эгри чизиқларини графикка рН кўрсаткичларини қўшилган кислота ишқорларнинг миллиграмм-эквивалент миқдорлари функцияси каби қўйилиб ҳосил қилинади.

Мувозанатли усул

Аниқлаш

Ионит намунасини, 100 мг-экв мос равишда, ўртача тешикли Шотта воронкасига ўтказилади. Агар бу катион-алмашинувчи модда бўлса, уни 3 л 1 М HNO_3 билан ишлов берилади. Оқиб тушаётган суюқлик метил оранж бўйича нейтрал бўлмагунга қадар қолдиқ кислотадан деионизацияланган сув билан ювилади.

Анион-алмашинувчи материаллар учун ишлов бериш аввал 1 л 1 н. H_2SO_4 ва NaOH ёрдамида олиб борилади. Оқиб тушаётган суюқлик феиолфталени бўйича нейтрал бўлмагунга қадар деионизацияланган сув билан ювилади, бунда ионит қатлами сув билан қопланган бўлишига алоҳида эътибор берилади. Суюқлик туширилади ва ионитни ҳаводан сақлаган ҳолда сақланади.

Диссоциация константасини аниқлаш

Усул катион-алмашинувчи моддалар учун қўлланилади, бунда унинг яроқлилиги монофункционал катионитлар билан чегараланади. Ушбу усул титрлаш эгри чизиқлари олиниши билан амалга оширилади, лекин ион-алмашинувчи қобилият маълум экан, маълум миқдордаги кислота ёки яримнейтраллаш нуқтаси яқинида асослар ёрдамида мувозанатга келтирилган бир қанча намуналар билан тажрибалар ўтказиш етарли. Мувозанатли рН кўрсаткичларининг нейтралланган фракциялар логарифмларига боғлиқлиги эгри чизиғидан ионитнинг рК кўрсаткичини аниқлаш мумкин.

Аниқлаш

Тадқиқ қилинаётган ионитни водород ёки гидроксил шаклга ўтказилади. Қуруқ конуссимон колбаларга тўртта тортимлар жойлаштирилади, уларнинг ҳар бири тахминан 10 мг-экв функционал гуруҳга тўғри келиши керак.

Диссоциация константасини аниқлаш учун зарур бўлган эритмалар ҳажмлари

Намуна	1 М КСl ҳажми, мл	Титрланган эритма ҳажми, мл
1	20	80
2	40	60
3	60	40
4	80	20

Уларга 2.2-жадвалда келтирилган миқдорлаги калий хлорид ва кислота ёки асос эритмалари қўшилади. Колбалар герметик ёпилади ва 48 соат давомида силкитилади, шундан сўнг эритманинг рН и ўлчанади. рН нинг мувозанатли ўлчамини графикага нейтралланган полимер миллиграмм-эквивалентини катионит (ёки анионит) миллиграмм-эквивалентига муносабатини ўзида кўрсатган кўрсаткич логарифми функциясига ўхшаб қўйилади, 1 М калий хлорид эритмасидаги диссоциация константаси логарифми сон чиҳатидан рН га тенг, бунда нейтралланган полимер миллиграмм-эквивалент сони полимерли кислота (ёки асос) миллиграмм-эквивалент сонига тенг.

Умумий алмашинув сиғимини аниқлаш

Катион-алмашинув сиғими

Намунани ёки бошланғич шаронтда анализ қилинади ёки уни маълум ион шаклга ўтказиш билан бошланғич ишлов берилади.

Катионитлар учун қуйидаги усул тавсия этилади: Тўйинган NaCl эритмасида бўккан 200 г катионитни катта ажратувчи воронкага жойлаштирилади, сўнг воронкага 5% NaOH эритмаси қўйилади ва 3-4 соатга ташлаб қўйилади. Шундан сўнг ишқорни ишқорни воронкадан ажратилади, ионитга эса ишқорнинг янги миқдори қўйилади. Бундай ишлов беришни оқиб тушаётган эритманинг ранги йўқолмагунча олиб борилади.

Кўпчилик катионитлар учун ишқорнинг сарфи 5% ли

эритмани 1 ҳажм ионитга ўртача 15 ҳажмни ташкил этади. Ишқорий қайта ишлашда катионитни 10 ҳажм дистилланган сув билан ювилади, сўнг HCl эритмалари: бошланишида 5 ҳажм 5% ли эритма билан, сўнг 5 ҳажм 10% ли эритма билан олиб борилади.

Кислотали қайта ишлашдан сўнг катионитни дистилланган сув билан филтратда хлор-ионни йўқолишигача тўлиқ ювилади. (кумуш нитрат намунаси).

Шундай йўл билан олинган Н-шаклдаги катионит ҳавода қуритилади ва ҳавода қуриган шароитда қопқоқ билан ёпилган шиша идишда сақланади.

Анионитга ишлов бериш аналогик шаклда, фақат бир фарқ билан олиб борилади, яъни уни аввал 2% HCl эритмаси билан филтратда ранг йўқолишигача олиб борилади, сўнг ишқор ёки сода эритмаларини концентрация 5 дан 10% гача оширилиши билан, анионит хлор ионидан холи бўлмагуича қайта ишланади. Шундан сўнг уни сув билан то филтратда кучсиз ишқорий муҳит бўлгунча ювилади.

Тайёрланган анионитларни ҳавода қуритиш фақатгина кучсиз асосли анионитларни ҳавода қуриган ҳолатда усти қопқоқ билан ёпилган шиша идишда сақлаш учун амалга оширилади.

ОН-шаклдаги кучли асосли анионитларни сув билан ювилади ва намлигини аниқлаш учун қуритишни карбонат ангидридидан тозаланган азот ёки ҳаво оқимида олиб бориш керак, чунки бундай анионитлар ҳаводан карбонат ангидридини кучли ютиб олади. Қайта ишлашдан сўнг ОН-шаклдаги анионитларни қайта ишловдан сўнг идишда сода остида парафин билан қуйилган пробка билан ёпилган ҳолатда сақланиши керак. Тузли шаклдаги кучли асосли анионитлар бундай чораларсиз сақланиши мумкин.

Аниқлаш

Сигими 250 мл бўлган қуруқ коник тагли колбага тахминан 1 г тайёрланган ионит намунаси солинади. Қолган қисми қаттиқ модда миқдорини аниқлаш учун қолдирилади, бунда 8 соат дан кам бўлмаган вақт давомида 110°C ҳароратда қуритилади. Коник тагли колбада жойлашган ионитга 200 мл 0.1 н. NaOH қўшилади. Намунали колбани ёпиб, тахминан 12 соатга қўйиб қўйилади.

Шуидан сўнг стандарт 0.1 н. кислота эритмаси билан алиқвота қисмини қайтар титрлаш қилинади (индикатор — фенолфталеин).

Анализ натижаларини ҳисоблаш

$$\text{Алмашинув сифими} = \frac{(200 \cdot N_1) - (4 \cdot V \cdot N_2)}{a \cdot \text{кат. мод. \%} / 100}, \text{ мг - экв / г}$$

бу ерда, G — водород шаклдаги қуруқ нонит оғирлиги, г; N_1 — стандарт ишқорий натрий эритмаси нормаллиги; V — озод ишқорни нейтраллаш учун кетган стандарт кислота эритмаси ҳажми, мл; N_2 — стандарт кислота эритмаси нормаллиги; a — тадқиқ қилинаётган ионит тортими, г.

Тўлиқ алмашинув сифимини (ТАС) статик усул билан аниқланади, бунда катионит тортимини - 0,25 г - 100-150 мл сифими таги текис колбага жойлаштирилади, 25 мл 0,1 н. NaOH қуйилади, пробка билан ёпилади ва 24 соатга қўйиб қўйилади. Ушбу вақт ўтгандан сўнг катионитдан эритмани филтрлаб олинади, ва эритманинг бир қисми (10 мл) ни 0,1 н. HCl эритмаси билан индикатор — фенолфталеин иштирокида титрланади.

Анализ натижаларини ҳисоблаш

$$\text{ТАС} = \frac{2,5(V_0 - V_1)}{10 \cdot q_1}, \text{ [мг - экв / г]}$$

бу ерда, V_0 — титрлаш учун олинган эритма сифими, мл; V_1 — титрлаш учун кетган 0,1 н. NaOH эритмаси ҳажми, мл; q_1 — катионит тортими, г.

0,1 н. NaOH эритма бўйича статик алмашинув сифими (САС) ТАС ни аниқлаш имконини беради; 0,1 н. NaCl бўйича САС — фақат кучли кислотали, масалаи сульфогуруҳлар (индикатор — метилоранж); 0,1 н. CH_3COONa бўйича САС — сульфогуруҳлар ва карбоксил гуруҳлар (индикатор — фенолфталеин).

САС ни қуйидаги формулалар ёрдамида топилади:

$$\text{САС}_{\text{тоқ}} = \frac{V_2}{q_2},$$

бу ерда, V_2 — титрлаш учун кетган 0,1 н. ишқор эритмаси ҳажми, мл; q_2 — катионит тортими, г;

$$\text{САС}_{\text{тоқ}} = \frac{V_3}{q_3} - \text{САС}_{\text{тоқ}}$$

бу ерда, V_3 — титрлаш учун кетган 0,1 н. NaOH эритма ҳажми, мл;

қа — катионит тортими, г.

ТАС ҳамда сульфо- ва карбоксил гуруҳлар бўйича алмашинув сиғимлари суммаси ўртасидаги фарқ орқали фенол-гидроксил ва спиртли гуруҳлар бўйича алмашинув сиғимини аниқлаш мумкин.

Тўлиқ динамик алмашинув сиғимини (ТДАС) аниқлаш

ТДАС ни аниқлаш учун Н-катионитдан тортим олинади, устига дистилланган сув қуйилади ва бир суткага қолдирилади. Бўккан катионит стандарт лаборатория ион-алмашинувчи колоннага жойлаштирилади (бўккан катионитнинг ҳажми аниқланади). Катионит қатламидан 0,01 н. NaOH эритмаси ўтказилади, бунда солиштирма босим 15 л/(л·с). 200 мл дан йиғиладиган порцияларни натрий ионларининг миқдорини аниқлаш учун анализ қилинади.

Эритмани қуйилаётган ва оқиб тушаётган эритмалардаги натрий иони концентрациялари тенглашгунча ўтказилаверилади. Ушбу маълумотлар асосида алмашинувчи ионлар концентрацияларини ўтказилаётган эритма ҳажмига боғлиқлиги эгри чизиқлари тузилади. Ордината ўқига Na^+ ионларини ион билан ютилган мг-экв/л миқдори қуйилади, абцисса ўқига эса - ўтказилган эритма миқдорлари қуйилади. Ҳосил бўлган эгри чизиқлардан график динамик эгри чизиқларини "сакраш ҳолатигача" ва тўлиқ тўйнигунача (ТДАС) бўлган график динамик алмашинув сиғимини аниқлаш мумкин.

Кинетик ўлчашлар

Ионитларнинг кинетик хоссаларини аниқлашнинг турли усуллари мавжуд, лекин ионит билан аралашишда доимий контактда бўлган эритма концентрациясини тадқиқ қилиш соддароғи ҳисобланади.

Аниқлаш

Тўлиқ гидратланган ионит намунасини (катионит водород шаклда ва анионит гидроксил шаклда) уч оғизли думалоқ тагли 500 мл сиғимли, мешалка, термометр ва намуна олиш мосламаси билан жиҳозланган колбага жойлаштирилади. Колбага 250 мл 0.1 н. NaOH (катионитлар учун) ёки 0.1 н. HCl (анионитлар учун) солинади ва 400 мин⁻¹ тезликда аралаштирилади. Колбадан 1 мин, 5 мин, 30 мин, 1 соат ва 8 соат оралиқларда 5 мл ҳажмда

намуна олинади ва уларни титрланади. Ионитларнинг реакция тезликлари графикакка нейтралланган ионлар қисмларини ионларнинг умумий сонининг илдиздаги миқдорини вақтга боғлиқлиги функцияси қўйилиши билан аниқланади ва чизилган чизиқда бурчак аниқланади.

Колоннани қўллаш билан ўлчаш

Ион-алмашинувчи моддаларнинг эксплуатацион хусусиятларини тадқиқ қилиш кўпинча кичик ўлчамдаги колонка ёрдамида олиб борилади. Эритма миқдори ва тадқиқот усули кўп ҳолларда бир хил. Одатда шиша колонканинг диаметри 2,5 см ёки 5 см га тенг. Ионитни аниқ таркибли эритма қатламида элюирлаш ва регенерацияловчи эритманинг катта қолдиғи билан қайта ишлашни таркибига киритган кондиционирловчи цикл олиб борилади. Сўнг регенерация ва элюирлашнинг бир ёки бир неча цикллари олиб борилади. Намунавий тадқиқотлар 14.69 жадвалда келтирилган. Қуйидаги аниқлашнинг техникаси умумий характерга эга.

Мосламалар

Ички диаметри 2,5 см ва узунлиги 1,5 см дан кичик бўлмаган шишали колонка пастидан қопқоқ билан беркитилиши керак. Оддий кўринишда колонка мос ўлчамда Т-шаклдаги трубка орқали ўтган резина қопқоқли шиша трубкадир (бундан ҳам мураккаб мосламалар мавжуд). Аналогик шаклда колонка тепасидан учталиқ кириш трубкали қопқоқ билан беркитилади. Мослама вертикал ҳолатда маҳкам ўрнатилган бўлиши керак. Ён тарафдаги чиққан трубкага деионланган сувни айлаима ювиш учун узатиш линиясига бирлаштирилади. Кирувчи ва чиқувчи трубкалар зажим ёки суюқлик оқим тезлигини ростловчи мосламалар ўрнатилади. Кўпинча виитли қисқичли резинанали трубкалар қўлланилади.

Мосламани 25°C да ундаги сувнинг миқдорини 5 миллиметрли оралиқда белгилашлар олиб борилади, агар колонка чизиқли шкала билан жиҳозланмаган бўлса. Шу билан бирга калибрли мос ўлчамлардаги қабул қилгичлар ва суюқликни оқим тезлигини ўлчаш учун мослама зарур.

Аниқлаш

Калибрланган колонканинг пастки трубкаси ёпилади. Ўлчамлари 0,59-0,84 мм бўлган денгиз кумидан 5-10 см ёки бошқа шунга ўхшаш таг қатламли матриал билан тепа қисмининг охири орқали қўшилади. Колонкага 100 мл сувни қуйиб, чиқарувчи трубкадан ва кум қатлаמידан ҳаво чиқариб юборилади.

Чуқурлиги 60 см дан кам бўлмаган қатлам ҳосил бўлиши учун қолонкага шунга мос миқдорда гидратланган намуна қўшилади ва 15 дақиқа давомида қатлам ўзининг бошланғич ҳажмига нисбатан 150% гача кенгайиши учун шунга мос тезликда сув билан қайта ювилади. бўлиши учун. Сув ўчирилади ва қатламни ўтириши учун қолдирилади. Сув сатҳи қатлам тепа қисмидан 2 см дан юқори бўлмагунча қолдиқ сувни чиқарувчи трубкадан 30 мл/мин тезликда чиқариб юборилади. Шундан сўнг намунанинг ҳажми ўлчанади.

Агар ионитни бошланғич ишлов берилмаса, кейинги ҳисоблашларда қатлам ҳажми топилган миқдорга тенг деб олинади. Бошланғич ишлов бериш шароитида ишлов берилган, ювилган ионитнинг ҳажми аниқланади, бунда ювишни икки маротаба олиб борилади.

Намунани колонкада оддий анализ қилиш регенерацияловчи эритмани 1 дақиқада 67 л/мл тезликда ўтказиш ва 1 дақиқада 200 л/м³ тезликда ювиш билан олиб борилади. Регенерацияловчи эритмани, унинг миқдорини ва ювишнинг охириги нуқтаси намуна тури ва ишлов бериш шароитига боғлиқ бўлади. Ювишдан сўнг 1 дақиқада 270 л/м³ тезликда оқиб тушаётган эритмада ионларни ихтиёрий концентрациягача мос эритма билан ишлов берилади. Ишлатилаётган эритманинг миқдори уни градуирланган қабул қилгичга йиғилиб ўлчанади ёки агар тезлик кўрсаткичи ишлатилаётган бўлса, оқим тезлигидан келиб чиқиб ҳисоблаш йўли билан аниқланади. Агар битта циклдан ортиқ ўтказилиши керак бўлса, бунда ионит қатлами биричи циклдан кейин қарама-қарши йўналган ювиш ва қайта тиндириш олиб борилади. Баъзи синовларда қатлам ҳажмини ишлов беришдан сўнгги ионит ҳажмига тенг деб қабул қилинади.

2.2 Ионитларнинг технологик хоссаларни аниқлаш

Ионитнинг солиштира ҳажмини аниқлаш

Усул қуруқ ва бўккан ва ионитларнинг оғирликларини ўлчаш билан яқунланади. Бўккан ионит ҳажмини (туюлма ҳажмини) ўлчов цилиндрида донали қатламнинг юқори чегараси қатлами бўйича чўкиши тугагунча тагини уриш йўли билан қатламни зичлаштиришда аниқланади.

Ионитнинг солиштира ҳажми қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$V_{\text{ин}} = \frac{V_0}{W}$$

бу ерда: V_0 — бўккан ионитнинг ҳажми, мл; W — қуруқ ионит ҳажми, г.

Бўкувчанликни аниқлаш

Абсолют бўкувчанлик ўзида бўккан ва қуруқ ионитларнинг солиштира ҳажмлари фарқини мужассам этади ва мг/л да ифодаланади. Нисбий бўкувчанликни ионитнинг бир шароитлардаги солиштира ҳажмини бошқа шароитлардаги солиштира ҳажмига фозздаги боғлиқлиги орқали топилади. Бунда бошланғич солиштира ҳажмига (махраж) кичик миқдорни танланади.

Сочма оғирликни аниқлаш

Ионитнинг сочма оғирлигини ўлчов цилиндрида аниқланади, бу ерда қуруқ ионит намунаси цилиндр тагини тақиллатиш йўли билан то ионит қатламини чўкиши тугагунча силкитилади.

Ионитнинг сочма оғирлигини (m_n) қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$m_n = \frac{P}{V}$$

бу ерда, P — қуруқ ионитнинг оғирлиги, г; V — ионит ҳажми, мл.

Намликни аниқлаш

Ионит намлигини уни 80°C ҳароратда доимий оғирликча қуриштириш йўли билан аниқланади:

$$Вл = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100 \%,$$

бу ерда P_1 — ионитнинг бошланғич оғирлиги, г; P_2 — ионитнинг, қуриштирилгандан кейинги оғирлиги, г.

Механик чидамлиликини аниқлаш

Механик чидамлиликини бўккан намуналарни 8 соат давомида силкитишдан сўнг "хўл" усул билан эластик таҳлил йўли билан аниқланади.

0,25 мм ли тешикли эластик орқали ўтган катионитни чангга тегишли деб қаралади. Катионитнинг механик чидамлилигини қуйидаги формула орқали аниқланади.:

$$D = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100 \%,$$

бу ерда, V_2 — чангни эластикдан сўнгги катионитнинг ҳажми, мл; V_1 — катионитнинг бошланғич ҳажми, мл.

Радиацион барқарорлигини аниқлаш

Намуналарни нурлантириш кавшарланган ампулаларда МРХ-г-20г-мосламаларда олиб борилади (1 г ҳавода қуриган ҳолатдаги катионит ёки 7-10 мл дистилланган сувли 1 катионит). г-нурланиш манбаси радиоактив ^{60}Co изотопи ҳисобланади. Нурланишдан сўнг ампулалар очилади, ичидагиларни филтрга жойлаштирилади ва нейтрал муҳитга дистилланган сув билан ювилади. Статик алмашинув сифими (САС) ва оғирлиги назорат қилинади. Радиацион-кимёвий ўзгаришлар константалари қуйидаги йўл билан топилади:

1) $G_0 = kE_0 \cdot 4 \cdot 10^7$ катталиги емирилган ва ҳосил бўлган ионоген гуруҳларнинг радиацион-кимёвий чиқишини, яъни бузилишлар сони ёки 100 эВ ютилган энергияга боғланишлар миқдорини тавсифлайди.

2) k — радиацион парчаланиш реакциялари тезлик константаси (Гр^{-1}):

$$k = \frac{1}{D} \ln \frac{E_0}{E_D},$$

бу ерда, D — интеграл ютилган доза, Гр .

3) Ютилган дозаларга боғлиқ ҳолда янги ионоген гуруҳларнинг парчаланиши ва ҳосил бўлишини характерловчи в коэффиценти (мг-экв/г Ч рад) куйидаги ифодадан топилади:

$$\beta = \frac{E_0 - E_D}{D}$$

бу ерда E_0 — катионитнинг бошланғич алмашинув сиғими, мг-экв/г ; E_D — катионитнинг тегишли доза билан нурлантирилгандан сўнгги алмашинув сиғими, мг-экв/г .

4) Ионоген гуруҳларнинг яримпарчаланиш қиймати:

$$D_{1/2} = \ln 2k,$$

бу ерда, k — радиацион парчаланишнинг тезлик константаси (Гр^{-1}).

Термик таҳлил

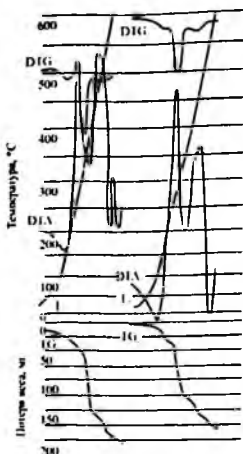
Ионитларнинг термик барқарорлигини аниқлаш учун дериватографда МOM тизимида $3-5$ град/дақ иситиш тезлигида аргон атмосферасида олиб борилади. Ҳосил қилинган дериватограммалар ионитдаги физик ва кимёвий ўзгаришлари ҳақидаги маълумотларни беради. Дериватограмманинг намунавий мисоли 2.1-расмда келтирилган.

Дериватограммаларда куйидаги эгри чизиклар мавжуд:

• DTA — моддаларда иссиқлик эффектларини қайд қилади (нол чизигидан юқорига чиқиши экзотермик эффектга, пастга — эндотермик эффектга мос келади);

• TG — иситиш жараёнида модданинг оғирлиги ўзгаришини қайд қилади;

• DTG — бу ҳам иситиш жараёнида модда оғирлигини ўзгаришини қайд қилади ва ўзида TG эгри чизигининг биринчи ҳосиласини мужассам этади.



2.1-расм. Ион-алмашинувчи материалларнинг намунавий дериватограммалари

Дериватограммаларда олинган маълумотларни аниқроқ кўрсатиш учун жадвал кўринишида тасаввур қилиш мумкин:

2.4-жадвал

Термогравиметрик таҳлил натижаларини намоён қилиш шакли

Таҳлил қилинаётган модда	Турли ҳароратларда, °C, оғирликнинг йўқотилиши, %				Ҳароратда, °C, оғирлик йўқотилишини ташкил қилиши, %		
	50	75	100	...	10 (t ₁₀)	25 (t ₁₀)	50 (t ₁₀)

Дериватограмма маълумотларидан ионитда бўладиган термик ўзгаришлар константаларини ҳисоблаш мумкин.

Деструкция фаолланиш энергияси Фримен-Кэрролл усули бўйича топилади, бунга кўра модданинг парчаланиш тезлиги қуйидаги танглама бўйича баён қилинади:

$$-\frac{dx}{d\tau} = kx^v \quad (1)$$

бу ерда, x — модда миқдори A ; k — реакция тезлик константаси; n — моддага тегишли бўлган реакция тартиби, A ; t — вақт.

Тезлик константаси қуйидаги тенглама билан баён қилинади:

$$k = Z e^{-\frac{E}{RT}} \quad (2)$$

Шунда, (1) ва (2) тенгламаларни ечиб, тегишли равишда k ни топамиз:

$$Z e^{-\frac{E}{RT}} = \frac{-\left(\frac{dx}{d\tau}\right)}{x^v}, \quad (3)$$

бу ерда, Z — ўлчосиз катталиқ; E — деструкция фаоллаиш энергияси; R — газ доимийси; T — ҳарорат.

$dx/d\tau$, x ва T га тегишли равишда (3) тенгламанинг логарифмик шаклини дифференциаллаб, қуйидаги тенгламани ҳосил қиламиз:

$$\frac{E dT}{RT^2} = d \ln \left(\frac{dx}{d\tau} \right) - v d \ln x, \quad (4)$$

Ушбу тенгламани интеграллаб қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$-\frac{E}{R} \Delta \left(\frac{1}{T} \right) = \Delta \ln \left(-\frac{dx}{d\tau} \right) - v \Delta \ln x \quad (5)$$

(4) ва (5) ни мос равишда $d \ln x$ ва $\Delta \ln x$ га бўлсак, қуйидагини ҳосил қиламиз:

$$\frac{E dT}{RT^2 d \ln x} = \frac{d \ln \left(-\frac{dx}{d\tau} \right)}{d \ln x} - v, \quad (6)$$

$$\frac{-\frac{R}{R} \Delta \left(\frac{1}{T} \right)}{\Delta \ln x} = \frac{\Delta \ln \left(-\frac{dx}{d\tau} \right)}{\Delta \ln x} - v \quad (7)$$

(6) ва (7) формулаларни кўриб чиқиб, уларни координаталарда туғри чиғиқли тенглама эканлигига гувоҳ бўламиз:

$$\frac{dT}{T^2 \lg x}, \quad \frac{d \lg \left(-\frac{dx}{d\tau} \right)}{d \lg x}, \quad \frac{\Delta \left(\frac{1}{T} \right)}{\Delta \lg x}, \quad \frac{\Delta \lg \left(-\frac{dx}{d\tau} \right)}{\Delta \lg x} \quad (8)$$

Уларнинг эгилиши (tga) $E/2,3R$ кўрсаткичлари билан

топилади ва ордината ўқида кесиб ўтадиган кесим реакция тартиби n эканига мос келади.

Термик таҳлилда қўлланиладиган тенгламалар қуйидагилар ҳисобланади:

$$\frac{B\Delta\left(\frac{1}{T}\right)}{2,3R} = \Delta \lg \frac{dW}{dt} - v\Delta \lg W_r, \quad (9)$$

$$W_r = W_c - W,$$

бу ерда, W_c — намунанинг синов охиридаги оғирлиги; W — намунанинг иситишдан олдинги оғирлиги.

Фаолланиш энергиясини аниқлаш учун дериватограммадан топилган экспериментал нуқталар Фримен—Кэрролл координаталарига жойлаштирилади:

ордината ўқида — $\Delta \lg dW/dt$,

абсцисса ўқида — $(1/T)$.

Бу координаталарда $y = ax + b$ тенгламасига тегишли бўлган ва эгилишидан E ҳисобланадиган тўғри чизиқ боғлиқликлари ҳосил қилинади.

Поликонденсацион турдаги катионитлар

Поликонденсацион турдаги катионитларни, қоида бўйича, молекулалар таркибида кислотали гуруҳлар бўлган бирикмалардан олинади. Уларнинг хоссалари 2.5-жадвалда келтирилган.

2.5-жадвал

Поликонденсацион турдаги катионитларнинг физик-кимёвий хоссалари

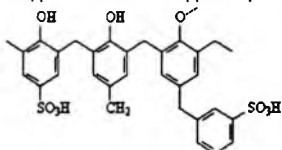
Кўрсаткичлар	Кучли кислотали катионитлар	Кучсиз кислотали катионитлар
Намлик миқдори, %, дан кўп бўлмаган	50	15
Гранулалар ўлчами, мм	0,3–2,0	0,2–0,8
Сочма зичлиги, кг/м ³ (г/см ³)	550–750 (0,55–0,75)	0,4–0,6
Бўккан ҳолатдаги солиштирма ҳажми, см ³ /г	3,0–7,0	3,0–5,0
Сувсизланган катионитнинг статик	3,0–5,0	6,0–7,0

алмашинув сиғими, мг-экв/г: 0,1 н. NaOH бўйича		
0,1 н. CaCl ₂ бўйича	1,6-2,5	0
0,0035 н. CaCl ₂ бўйича тўлиқ бўлмаган регенерацияда сувсизлантирилган катионитнинг динамик алмашинув сиғими, мг-экв/л	400-500	0
0,0035 н. CaCl ₂ бўйича тўлиқ регенерацияда сувсизлантирилган катионитнинг тўлиқ динамик алмашинув сиғими, мг-экв/л	2,3-2,6	0

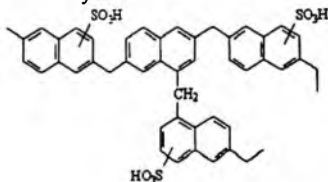
Кучли кислотали катионитлар

Поликонденсация усули билан таркибида ноноген гуруҳлари сифатида сульфогуруҳлар мавжуд бўлган кучли кислотали катионитлар олинади. Бундай катионитларни сульфокатионитлар дейилади.

Кучли кислотали катионитларни олишда кенг тарқалган усуллардан бири *p*-фенолсульфокислота ёки унинг натрийли тузини формальдегид билан поликонденсациясидир:



Агар катионит фаол -SO₃H и -OH гуруҳларга эга бўлса у бифункционал ҳисобланади. Нафталинсульфокислоталар билан формальдегиднинг поликонденсацияси натижасида кучли кислотали сульфокатионит олинади, уларнинг тузилишини қуйидагича кўрсатиш мумкин:



Олинган катионнт юқори механик чидамликка эга бўлиши билан ажралиб туради. Унинг кимёвий барқарорлиги сув тайёрлаш шаронтида тўлиқ қаноатланарлидир, у фақат концентрланган ишқори ва кучли оксидловчилар таъсирига 50°C дан юқори ҳароратда бардошсиз.

Таркибида $-\text{SO}_3\text{H}$ ва $-\text{PO}_3\text{H}_2$ гуруҳлар бўлган бифункционал кучли кислотали катионитларни синтез қилиш стирол сополимерлари асосидаги сульфокатионитларни фосфорлантириш йўли билан амалга оширилади. Бундай катионитлар монофункционал сульфокатионитларга нисбатан юқори алмашинув сиғимларга эга.

Полимеризацион турдаги катионитлар

Бундай турдаги катионитларни таркибида кислотали гуруҳлар бўлган мономерларни полимерлаш ҳамда ионоген гуруҳлари бўлмаган мономерлардан олинган сополимерларнинг макромолекулалари гуруҳларига кислотали гуруҳларни киритиш йўли билан олинади. Уларнинг хоссалари 2.6-жадвалда келтирилган.

2.6-жадвал

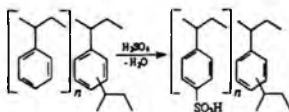
Полимеризацион турдаги катионитларнинг физик-кимёвий хоссалари

Курсаткичлар	Кучли кислотали катионитлар			Кучсиз кислотали катионитлар
	сополимерни кислоталар билан ярим ишлов бериш йўли билан олинган		фосфор-кислотали	
	сульфат кислота билан	хлорсульфон кислота билан		
Намлик миқдори, % дан кўп эмас	40-60	30-50	—	40-50
Гранула ўлчами, мм	0,3-1,5	0,3-1,5	—	0,25-1,0
Сочма зичлик, 10^3 кг/м ³	0,68-0,77	0,70-0,75	—	0,25-0,28
Н-шаклда бўккан ҳолатдаги солиштирма ҳажми, см ³ /г, дан	3,3	3,0	1,8	3,0

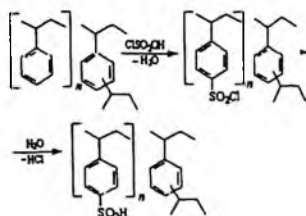
кўп эмас				
0,1 н. NaOH бўйича статик алмашинув сиғими, мг-экв/г, дан кам эмас	4,6	4,6	4,8	9,5 (0,5 н. NaOH бўйича)
0,1 н. CaCl ₂ бўйича статик алмашинув сиғими, мг-экв/г, дан кам эмас	4,4	4,5	0,6	0
Филтратнинг оксидлаиши (кимёвий барқарорлик), мг O ₂ /г, дан кўп эмас	1,5	1,5	Аниқ белгиланмайди	Аниқ белгиланмайди

Кучли кислотали катионитлар (сульфокатионитлар)

Сульфогуруҳларни -SO₃H ва -PO₃H₂ гуруҳларини стирол ва дивинилбензол сополимерига турли усуллар билан – сульфат кислота ёки олеум ёрдамида кумуш сульфатнинг (АҚШ) ёки алюминий хлориднинг (Россия) каталитик миқдори иштирокида киритилади.



Шу билан бирга сульфокатионитларни стирол ва дивинилбензол сополимерини концентрланган сульфат кислотаси билан катализатор иштирокисиз сульфирлаш йўли билан узлуксиз ишлаб чиқариш жараёни ҳам яратилгаи. Стирол ва дивинилбензол сополимерига сульфогуруҳларни уни сульфохлорлаш ва сўнг сульфохлорид гуруҳларни совунлаш йўли билан киритиш мумкин:



Сульфохлорлашдан олдин сополимер дихлорэтанда бўқади, бунда хлорсульфон кислотаси эрийди ва бу эса сульфохлорлаш реакциясини анча осонлаштиради.

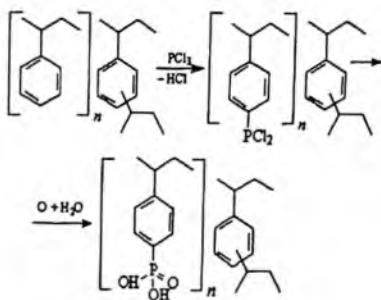
Кучли кислотали сульфокатионитларни бутадиен-стирол ва бутадиен-метилстирол каучукларни концентрланган сульфат кислота ёрдамида сульфрлаш йўли билан ҳам олиш мумкин.

Каучук листлари 30 ± 5 °C ҳароратда жўваланади; вальцовка қилиш бошланишида валчалар ўртасидаги тирқишлар 0,5–1,0 мм ни ташкил этади, охирида — 0,25 дан 0,05 мм гача. Пленкаларни ёпишиб қолишини олдини олиш учун уни дарров кейинги ишловга берилади - гильотина пичоғи билан 20–30 мм² ўлчамгача бурдаланади.

Сульфирлашни 80–120 °C ҳароратда 3 соат давомида олиб борилади. Сульфат кислота сарфи 1 масс. қисм каучукка 4 масс. қисм сульфат кислотани ташкил этади. Катионитни нутч-филтрга юкланади, сув билан рН = 4–5 гача ювилади, сўнг 80 °C ҳароратда қолдиқ 18–20 % намликкача қуритилади. У механик чидамли ҳамда кислота ва ишқор таъсирига барқарордир.

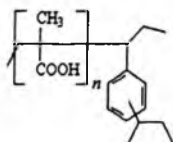
Фосфор-кислотали катионитлар

Стирол ва дивинилбензол сополимери асосидаги фосфор-кислотали катионитлар сополимерни учхлорли фосфор билан ишлов бериш ва сўнг -PCl_2 гуруҳларини оксидловчилар нштирокида совунлаш йўли билан олинади:

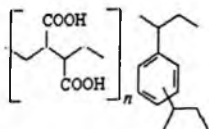


Кучсиз кислотали катионитлар

Полимеризацион турдаги кучсиз кислотали катнонтлар молекулаларида кислотали гуруҳлар бўлган бошланғич мономерларни сополимерлаш йўли билан олинади. Метакрил кислоталар эфирлари (метилметакрилат) ва дивинилбензолни сополимерлаш ва сўнг сополимернинг мураккаб эфирли гуруҳларини карбоксил гуруҳигача совунлаш усули саноатда қўлланилмоқда. Ҳосил бўлган компонент қуйидаги тузилишга эга бўлади:



Акрил кислотанинг метил эфери билан дивинилбензолин сополимериланишида эфир қаторлари полимерга «бошма бош» ҳолатда киришади Уларни совунлашдан сўнг катионит қуйидаги тузилишга эга бўлади:



Карбоксил гуруҳининг шундай қўшни жойлашиши ҳисобига

катионит икки валенли катионларга танловчан бўлиб қолади.

Анион-алмашинувчи материаллар (анионитлар)
 Анионитларнинг физик-кимёвий хоссалари 2.7-жадвалда келтирилган.

2.7-жадвал

Поликонденсацион ва полимеризацион турдаги анионитларнинг физик-кимёвий хоссалари

Курсаткичлар	Поликонденсацион турдаги анионитлар		Полимеризацион турдаги анионитлар	
	Кучли асосли	Кучсиз асосли	Кучли асосли	Кучсиз асосли
Гранула ўлчами, мм	0,3-2,0	0,4-2,0	0,3-1,2	0,3-1,0
Сочма зичлик, 10^3 кг/м ³	0,65-0,70	—	0,5-0,75	—
ОН-шаклдаги буккан анионитнинг солиштира ҳажми, см ³ /г, кўп эмас	5,0	4,0	4,5	3,0
Статик алмашинув сиғими, мг-экв/г, кам эмас:				
0,1 н. HCl бўйича	6,0	4,4	3,4	4,2
0,1 н. NaCl бўйича	1,8	0	1,5	0

Поликонденсацион турдаги анионитлар

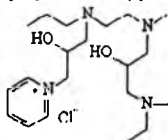
Бу турдаги анионитлар таркибида турли даражадаги асосли аминогурӯҳлар бўлган бирикмаларни поликонденсациялаш йули билан олинади.

Кучли асосли анионитлар

Кучли асосли анионитларни пиридин, полиэтиленполиамин

ва эпихлоргидринни биргаликдаги поликонденсацияси натижасида олинади.

Таркибида ионоген гуруҳ сифатида тўртламчи пиридин гуруҳлари ва бириккан алифатик қатор аминогуруҳлари бўлган кучли асосли анионитлар қуйидаги кўринишга эга бўлади:



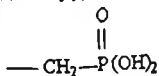
Қўлланилаётган аминловчи агентга боғлиқ равишда кучли ёки кучсиз асосли анионитлар олиш мумкин.

Баъзи полимеризацион турдаги анионитларни синтез қилиш учун бошланғич хом-ашёлар 2.8-жадвалда келтирилган.

2.8-жадвал

Бошланғич хом-ашёлар	Анионитнинг ионоген гуруҳлари
Хлорметилланган стирол ва дивинилбензол сополимери ва триметиламин	$-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \text{Cl}^-$
Хлорметилланган стирол ва дивинилбензол сополимери ва пиридин	$-\text{N}^+(\text{C}_5\text{H}_5) \text{Cl}^-$
Хлорметилланган стирол ва дивинилбензол сополимери ва трифенилфосфин	$-\text{P}^+(\text{C}_6\text{H}_5)_3 \text{Cl}^-$
Хлорметилланган стирол ва дивинилбензол сополимери ва дисульфид	$-\text{S}^+(\text{R})_2 \text{Cl}^-$
Хлорметилланган стирол ва винилнафталин сополимери ва триметиламин	$-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \text{Cl}^-$
Хлорметилланган стирол ва аценафтилен сополимери ва триметиламин	$-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3 \text{Cl}^-$
2-метил-5-винилпиридин ва триэтиленгликолнинг диметакрил эфири сополимери ва хлорли бензил	
1,2-Диметил-5-винилпиридинийодид ва дивинилбензол	

Хлорметилланган сополимер алюминий хлорид иштирокида уч хлорли фосфор билан ишлов берилади, сунг - CH_2PCl_4 гуруҳларни куйидаги гуруҳларгача совунланади:

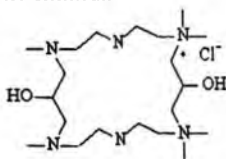


Сополимерда бензол ядросини форфорлантириш натижасида ҳосил бўладиган -PCl_2 гуруҳлар ҳам бўлгани учун совунлашни оксидловчилар иштирокида олиб борилади.

Ушбу усул поликонденсацион турдаги кучли асосли анионитларни синитез қилишнинг бошқа усуллариغا нисбатан кенг тарқалган усул ҳисобланади.

Кучсиз асосли анионитлар

Поликонденсацион турдаги кучсиз асосли анионитлар кенг тарқалган ионитлардан ҳисобланади. Ишлаб чиқариш масштаби бўйича кучи кислотали катионитлардан кейин иккинчи ўринда туради. Полиэтиленполиамин ва эпихлоргидринни поликонденсацияси натижасида куйидаги тузилишга эга бўлган кучсиз асосли анионит олинган:



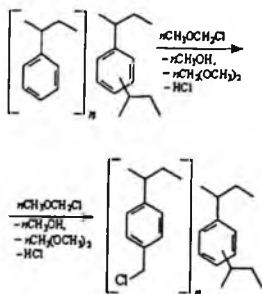
Анионит таркибида бир қанча миқдорда тўртламчи аммонийли асосларнинг ионоген гуруҳлари мавжуд, шунинг учун баъзи ҳолларда уни кучли асосли анионит сифатида ҳам қўлласа бўлади.

Полимеризацион турдаги анионитлар

Бундай турдаги анионитларни таркибида диенли ионоген гуруҳлар бўлган бошланғич мономерларни сополимерлаш усули билан ҳамда стирол-дивинилбензол сополимери ёки таркибида ионоген гуруҳлар бўлмаган бошқа сополимерларни полимераналогик ўзгартириш йўли билан олиш мумкин.

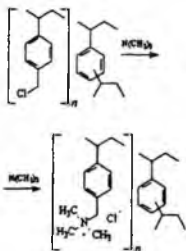
Кучли асосли анионитлар

Полимеризацион турдаги кучли асосли анионитларни ишлаб чиқаришда стирол-дивинилбензол сополимерлари кенг қўлланилади:



Реакциянинг оралиқ маҳсулотлари метанол ва метилаль ҳисобланади.

Хлорметилланган стирол-дивинилбензол сополимери ва триметиламин билан аминлаш реакцияси қуйидаги схема бўйича боради:

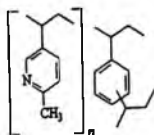


Полистирол туридаги анионитларга нисбатан юқори радиацион барқарор бўлган кусли асосли анионитлар аценафтен сополимерлари асосида олинади.

Кучсиз асосли анионитлар

Кучсиз асосли анионитларни синтез қилиш винилпиридинлар ва винилхинолинларни диенлар – дивинилбензол, дивинилпиридин, гликоллarning диметакрил

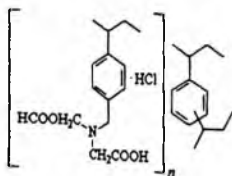
эфирлари ва бошқалар билан сополимерлаш натижасида амалга оширилади. Бундай турдаги анионитларни битта босқичда, яъни бошланғич мономерларни сополимерлаш орқали олинади. Масалан, 2-метил-5-винилпиридинни дивинилбензол билан сополимерланнши натижасида қуйидаги тузилишдаги кучсиз асосли анионит олинади:



Полиамфолитлар

Полимераналогик ўзгартириш усули билан 2-метил-5-винилпиридин ва дивинилбензол сополимери асосида полиамфолитлар олинади. Бошланғич сополимерни формальдегид билан ишлов берилиб, 2-этанолпиридинли ҳосилалар олинади. Кейин уни NO_3 -шаклга ўтказилади ва этанол гуруҳларни карбоксил гуруҳга ўтказиш учун нитрат кислота билан оксидлантирилади

Полиамфолитлар анионитларга ўхшаб гелогенмиллиланган сополимерларни аминлаш йўли билан олинади. Бироқ анионитлардан фарқли равишда ушбу шароитда аминлашни таркибида амин ва кислотали гуруҳлар бўлган моддалар ёки сополимерни сўнгги ишлов беришда кислотали гуруҳга айлантирадиган бошқа реакция қобилиятли гуруҳлар билан олиб борилади. Масалан, хлорметилланган стирол-дивинилбензол сополимерини аминодисирка кислота билан аминлашда қуйидаги тузилишга эга бўлган полиамфолитлар олинади:



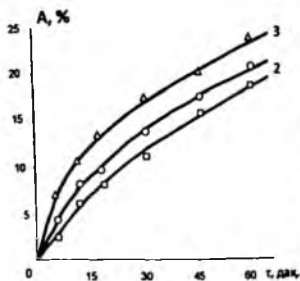
3-БОБ. ФУРФУРОЛ АСОСИДАГИ ИОН-АЛМАШИТИРУВЧИ ПОЛИМЕРЛАР

3.1. Стирол-фурфурол полимери асосида сулфо- ва фосфат кислотали катионитлар олиш

Стирол-фурфурол полимери поликонденсацияси кинетикасини тадқиқ қилиш. Стирол билан фурфуролнинг поликонденсация реакциясини В.В.Коршак, Е.Н.Виноградова, Г.Петрова монографияларида келтирилган юқори молекулали бирикмаларни поликонденсация усули билан олиш бўйича олиб борилган тадқиқотларга асосланган ҳолда, поликонденсация реакциясини мавжуд бўлган назарий талқинлар асосида олиб борилди. Стирол билан фурфуролнинг поликонденсациясида фурфуролнинг концентрацияси ўзгаришини унинг реакцияга киришмаган миқдори бўйича аниқланди. Температура факторининг поликонденсация жараёнига таъсирини 80, 90 ва 100°C ҳароратда стирол ва фурфуролнинг моль нисбатларини 1:1 ҳолатда сақлаган ҳолда тадқиқ қилинди. Полимерга айланиш даражасини реакцион аралашмадаги реакцияга киришмаган фурфуролнинг миқдори бўйича белгиланди. 3.1-расмда стирол билан фурфуролнинг поликонденсация реакцияси тугалланиш даражасининг турли ҳароратларда реакция давомийлигига боғлиқлиги келтирилган. Ушбу олинган натижалар асосида $\frac{1}{a-b} \ln \frac{(a-x)b}{(b-x)a}$ нинг вақтга боғлиқлиги фактори аниқланди (бу ерда, x – реакцияга киришмаган фурфуролнинг миқдори), бунда ҳисоблаш учун полимерга чуқур бўлмаган айланиш даражасигача (30%) мос келадиган миқдорлари олинди.

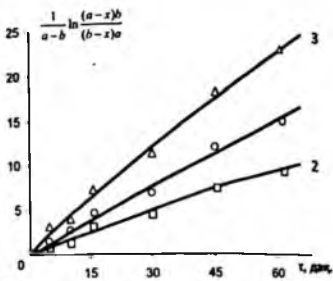
$\frac{1}{a-b} \ln \frac{(a-x)b}{(b-x)a}$ – τ боғлиқликнинг чизикли характери шуни кўрсатдики, стирол ва фурфуролнинг поликонденсация реакцияси II тартибли реакция бўйича боради. $-\lg k$ ни $1/T$ га боғлиқлиги графигидан стирол билан фурфуролнинг поликонденсацияланиш реакцияси активланиш энергияси топилди, бу 4,45 ккал/молга мос келади. Шу билан бирга катализатор рух хлорид ($ZnCl_2$) концентрациясини стирол билан фурфуролнинг поликонденсацияланиш реакциясига таъсири

Ўрганилди. Шу мақсадда реакцияни $ZnCl_2$ нинг 1 моль фурфуролга нисбатан - 0.03, 0.07, 0.1 моль нисбатларда қўлланилди. Фурфуролнинг стиролга моляр нисбати 1:1, реакция ҳарорати $90^\circ C$. Катализатор концентрациясининг поликонденсация жараёнига таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, $ZnCl_2$ концентрациясининг ошиб бориши реакциянинг тезлашишига олиб келади (3.2-расм).



Поликонденсация реакцияси ҳарорати, $^\circ C$: 1 - 80, 2 - 90, 3 - 100.

3.1-расм. Стирол ва фурфурол поликонденсациясининг турли ҳароратларда тугалланиш даражаси (A).



Поликонденсация реакцияси ҳарорати, $^\circ C$: 1 - 80, 2 - 90, 3 - 100.

3.2-расм. Реакция жараёнида реакирловчи моддалар концентрация логарифиларининг ўзгариши.

Кейинчалик биз томондан стирол ва фурфуролнинг моль нисбатларини олинган катионитларнинг хоссаларига таъсири ўрганилди. Фурфурол стирол билан ўзаро таъсирида нафақат конденсирловчи, балки кўприк ҳосил қилувчи ҳам ҳисобланади ва олинган катионитнинг асосий сорбцион ва физик-кимёвий хоссалари унинг концентрациясига боғлиқ.

3.1-жадвалда фурфурол ва стиролнинг моль нисбатлари турлича бўлганда олинган сульфокатионит ва фосфат кислотали катионитларнинг асосий физик-кимёвий хоссалари келтирилган.

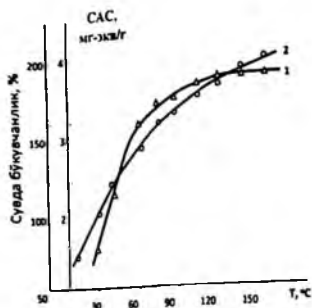
3.1-жадвал

Олинган сульфо- (СК) ва фосфат кислотали (ФК) катионитлар хоссаларига бошланғич моддалар моль нисбатларининг таъсири

№	Кўрсаткичлар	Стиролнинг фурфуrolга моль нисбатлари					
		1:2		1:1.5		1:1	
		ФК	СК	ФК	СК	ФК	СК
1.	Сочма оғирлиги, г/мл	0,68	0,62	0,60	0,60	0,5	0,56
2.	Н-шаклдаги сувда бўлган катионитнинг солиштира ҳажми, мл/г	2,2	2,5	2,8	2,9	3,5	3,7
3.	Статик алмашинув сизими (САС), мг-экв/г:						
	0.1 N NaOH эритмаси бўйича	5,6-5,8	3,2	6,3-6,5	3,0	6,8-7,0	3,6
	0.1 N NaCl эритмаси бўйича	0,6-0,8	2,6	0,7-0,9	2,8	0,8-1,0	3,4

3.1-жадвалдан кўришиб турибдики, энг яхши хоссаларга эга бўлган сульфокатионит фурфуrol ва стиролнинг моль нисбатлари 1:1 бўлганда олинган. Стирол-фурфуrol полимерини синтез қилишнинг оптимал шароитларини топиш бўйича олиб борилган тақиқотлар натижасида реакция ҳарорати - 90°C, катализатор ZnCl₂ концентрацияси 1 моль фурфуrolга - 0.07 моль ва стиролнинг фурфуrolга моль нисбати 1:1 деб қабул қилинди.

Стирол-фурфуrol полимерини сульфурлаш реакциясининг тадқиқоти. Сульфокатионит олишда сульфогуруҳларни китириш учун полимер матрицаси сифатида стирол ва фурфуrolнинг поликонденсацияси йўли билан олинган полимер ишлатилди. Дивинилбензол ўрнига фурфуrol-нинг қўлланилиши, бир томондан, унинг Республикамиз шароитида топилиши осонлиги ва таркибида ароматик ядролар ва фураи циклининг мавжудлиги сабабли баъзи катионитларнинг термо-кимёвий барқарорлиги ва механик чидамлилиги юқори бўлишига асосланади. Катионитнинг ички кучланишлари ва кинетик хоссаларини яхшилаш мақсадида полимерини этанол, дихлорэтан, диметилформамид ва концентранган сульфат кислоталарда дастлабки бўктирилди. 25°C ҳароратда 180% гача энг кўп бўкувчанлик сульфат кислотани қўлланганда кузатилди.



3.3-расм Сульфокатионит алмашинув сизими (1) ва сувда бўкувчанлигининг (2) сульфирлаш ҳароратига боғлиқлиги

Сульфирлаш даражасига сульфирловчи агент табиатининг таъсири ўрганилди. Биз томондан концентрланган сульфат кислотаси ва 5%-ли олеум эритмаси қўлланилди. 5%-ли олеумни сульфирлаш жараёнида қўлланилганда полимер жуда майдаланиб кетди, яъни уқаланиб кетадиган бўлиб қолди. 0,1 N NaOH эритмаси бўйича – 3,8-4,0 мг-экв/г ва 0.1 N NaCl эритмаси бўйича – 3,2-3,4 мг-экв/г алмашинув сизимлари кўрсаткичлари сульфирловчи агент сифатида концентрланган сульфат кислотасини ишлатганда эришилди. Концентрланган сульфат кислотаси ва полимернинг нисбатлари мос равишда 5:1 ни ташкил этди. Сульфирлаш реакциясининг давомийлиги ва ҳароратнинг сульфирлаш даражасига таъсири ўрганилди (3.3-расм). Сульфат кислотада бўккан стирол-фурфурол полимерининг энг кўп сульфирлаш даражаси (92%) таркибида олтингугурт миқдори $\geq 10\%$ бўлганда эришилиши тасдиқланди. Сульфирлаш жараёнига ҳароратнинг таъсири шуни кўрсаткиди, ҳароратнинг 120°C гача оширилиши полимернинг бирмунча даражада деструкциясига олиб келади ва натижада полимернинг сувда бўкувчанлиги ошиб кетади. Стирол-фурфурол полимерни сульфирлаш жараёнига турли омилларнинг таъсирини ўрганиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги оптимал шароитлар ўрнатилди: фурфурол ва стиролнинг моль нисбатлари 1:1, концентрланган сульфат кислотада дастлабки

бўктирилган полимер ишлатилди, реакция давомийлиги 6-7 соат, сульфурлаш ҳарорати 70°C, сульфурловчи агент – концентранган сульфат кислота. Оптимал шароитларда олинган сульфокатионитнинг хоссалари 3.1-жадвалда келтирилган.

Стирол-фурфурол полимерини фосфорлантириш

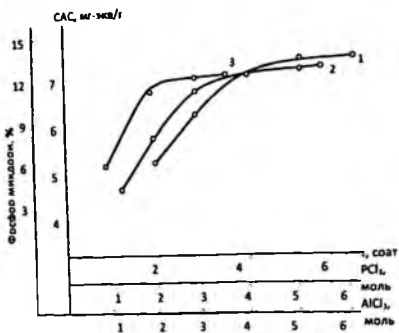
реакцияси тадқиқоти. Фосфат кислотали гуруҳларни киритиш учун полимер матрицаси сифатида стирол-фурфурол полимери қўлланилди. Фосфорлантириш реакцияси бир текис кетмайди, биринчи навбатда полимер дончаларининг устки қатлами фосфорланади, бунда кучланиш ва парчаланишлар содир бўлиши мумкин, булар полимерни парчаланишига олиб келиши мумкин. Ички кучланишларни бартараф этиш, кинетик ва механик хоссаларни яхшилаш мақсадида стирол-фурфурол полимерини фосфорлантиришдан аввал турли зритувчилар ёрдамида бўктирилди. Ацетон, дихлорэтан, диметилформаид (ДМФА), этил спирти ва уч хлорли фосфор қўллаб кўрилди. Энг яхши кўрсаткичлар уч хлорли фосфор қўлланилганда олинди, бунда у заррача ичига кириб, молекуляр турни кенгайтиради ва фосфорлантириш жараёнини осонлаштиради. Натижада алмашинув сифими 5,0-5,2 мг-экв/г ни ташкил этади.

Фосфорлантириш давомийлигининг катионит хоссаларига таъсири. Стирол-фурфурол полимерини фосфорлантиришни уч хлорли фосфор ёрдамида сувсиз алюминий хлорид иштирокида реакция аралашманинг қайнаш шароитида олиб борилди. Стирол-фурфурол полимерини фосфорлантириш реакциясини олиб боришнинг оптимал шароитларини тасдиқлаш ва юқори ўзгариш даражасига эришиш мақсадида биз томондан реакция давомийлиги, катализатор ва уч хлорли фосфор концентрацияларига боғлиқлик тадқиқоти олиб борилди. Реакцияни 1 моль полимер звеносига уч хлорли фосфор ва алюминий хлориднинг 4:2 моль нисбатларида олиб борилди. 3.4-расмда стирол-фурфурол полимерини фосфорлантириш давомийлигининг алмашинув сифимига таъсири кўрсатилган.

4-расмдан кўриниб турибдики, уч хлорли фосфорда бўккан стирол-фурфурол полимерини фосфорлантириш реакцияси

етарлича тез амалга ошади. Фосфорлантиришнинг оптимал вақтини аниқлашда оптимал реакция давомийлиги 6 соат деб қабул қилинди.

Уч хлорли фосфор концентрациясининг таъсири. Стирол-фурфурол полимерини уч хлорли фосфор ёрдамида фосфорлантирилди, бунда полимер дончалари хона ҳароратида 170% гача бўктирилади. 3.4-расмда реакция аралашмадаги уч хлорли фосфор концентрациясининг фосфорлантириш даражасига боғлиқлиги келтирилган (1 моль полимер зеносига молларда). Энг кўп полимерга айланиш даражаси 1 моль полимер зеносига реакция аралашмага тўрт моль уч хлорли фосфорни киритишда эришилди.

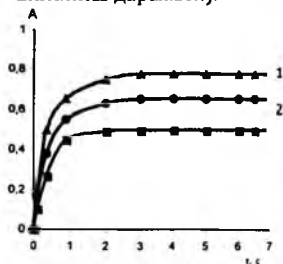


3.4-расм. Стирол-фурфурол полимерининг фосфорлантириш даражасининг:

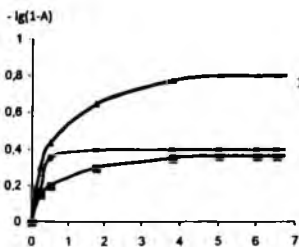
- 1 – давомийликка, соат; 2 – уч хлорли фосфор концентрациясига;
3 – алюминий хлорид концентрациясига боғлиқлиги.

Стирол-фурфурол полимерини фосфорлантиришнинг оптимал шароитларини излашда реакцияни уч хлорли фосфор муҳитида алюминий хлорид иштирокида 60, 70, 80°C ларда олиб борилди. Фосфорлантириш реакцияси тезлигини ўрганиш учун вақт бирлигида ўзгариш даражасига ҳароратнинг боғлиқлиги тузилди. Кинетик эгрлар киритилган фосфор миқдори ва 0,1 N натрий гидроксид эритмаси бўйича алмашинув сифими ўлчами билан аниқланди. Фосфорлантириш реакцияси ўзида стирол-

фурфурол полимери билан уч хлорли фосфор ўртасидаги гетероген реакцияни намоёиш этади. Гетероген реакцияларнинг умумий тезлиги ушбу тадқиқотда уч хлорли фосфорнинг полимерга диффузияси ёки кимёвий реакциянинг бирон бир босқичи билан аниқланади. 3.5 ва 3.6-расмларда кинетик эгрлар келтирилган, бунда ҳисоблашларда реакция тезлигининг вақтга $(-lg(1-A)=k$ юққа қатламли ва $A=k(\tau)$ гелли кинетика учун) боғлиқликлар қўлланилди (бунда, A -стирол-фурфурол полимерини фосфорлантириш реакциясининг вақт давомида айланиш даражаси).



3.5-расм. Турли хароратларда сти́рол-фурфурол полимерини фосфорлантириш реакцияси тугалланиш даражасининг (A) вақтга боғлиқлиги (τ).
1 - 60°C; 2 - 70°C; 3 - 80°C



3.6-расм. Турли хароратларда сти́рол-фурфурол полимерини фосфорлантириш реакцияси $-lg(1-A)$ нинг вақтга (τ) боғлиқлиги.
1 - 60°C; 2 - 70°C; 3 - 80°C

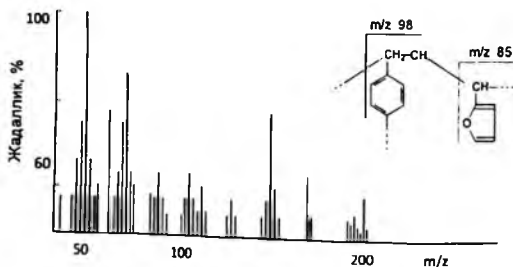
Ҳосил бўлган кинетик эгрларни таҳлил қилишдан кўринадики (3.5 ва 3.6-расмлар), юққа қатламли кинетикага хос бўлган кинетик соҳа $A=0,15-0,3$ да кузатишмоқда. Келтирилган эгрлардан (3.6-расм) $-lg(1-A)$ - t координаталарда бошланғич участкаларда $-lg(1-A)=K$ тенгламасида реакция тезлик константаси топилди, бу ерда K - реакция тезлик константаси ва E - реакциянинг активланиш энергияси.

Фосфорлантириш реакцияси тезлик константасининг хароратларга боғлиқ равишда ўзгариши ($A=0,1-0,3$, $\tau=60$ дақиқа) Аррениус тенгламасига мос келади. $-lgk$ от $1/T$ боғлиқликдан бурчак тангенси бўйича ҳисобланган активланиш энергияси 4,45 ккал/моль га тенг. Гелли кинетиканинг чегараловчи таъсири бўйича $A=0,3-0,5$ да $A=f(\sqrt{\tau})$ координаталарда чизиқли боғлиқлик

орқали баҳо берилди.

Шундай қилиб, бошланғич даврда ($\tau=60$ дақиқа, $A \leq 0.3$) стирол-фурфурол полимерини фосфорлантириш кинетиканинг юпқа қатламли босқичи билан чегараланади. Кейинчалик айланиш даражасининг ошириш билан ($\tau > 60$ дақиқа, $A \geq 0.5$) фосфорлантириш реакциясига гелли кинетиканинг таъсири ошади.

Стирол-фурфурол полимери ва у асосидаги катионитлар-нинг структурасини тадқиқот қилиш. Олинган катионитларнинг уч ўлчамли структураси полимер ва катионитларнинг структураси ва асосий хоссаларини кимёвий таҳлил усуллари (элемент таҳлили, алкалометрлик титрлаш ва бошқ.) билан бирга физик-кимёвий (потенциометрлик титрлаш, масс- ва ИҚ-спектроскопия, термогравиметрия, фотокалориметрия, газ-суюқлик хроматографияси ва бошқ.) таҳлил усулларини қўллаш зарурлигини аниқлаб берди. Стирол-фурфурол полимерининг структурасини аниқлаш мақсадида масс- ва ИҚ-спектроскопик таҳлил усуллари қўлланилди. Поликонденсация реакциясида фуран циклининг қўш $-CH=CH-$ боғларининг иштирок этган ёки этмаганлигини билиш мақсадида Кноппа усули бўйича бошланғич фурфурол, олинган стирол-фурфурол олигомери ва қотган полимер бром сонларининг миқдорлари аниқланди.

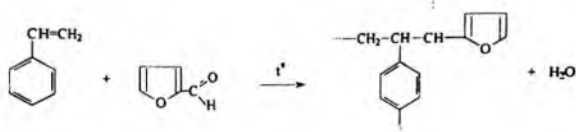


3.7-расм. Қотган стирол-фурфурол полимерининг масс-спектри

Кимёвий таҳлилнинг олинган натижалари шуни кўрсатдики, бром сонларининг миқдори мос равишда бошланғич фурфурол

учун – 161.0, олигомер учун – 178.5, қотган полимер учун – 175.8, яъни қотган полимернинг бром сонлари миқдори бошланғич фурфуролнинг бром сонлари миқдоридан кам фарқ қилмоқда. Олинган маълумотлар асосида шуни айтиш мумкинки, поликонденсация реакциясида фуран циклининг қўш $-\text{CH}=\text{CH}-$ боғлари иштирок этмайди. Кимёвий таҳлиллар натижасида олинган маълумотлар масс- ва ИҚ-спектроскопик тадқиқотлар билан мос келади. Полимер структурасининг масс-спектроскопик тадқиқотлари шуни кўрсатдики, 183 масса бирлигига тенг бўлган мавжуд ион чўққиси стирол-фурфурол полимери элементар звеноси молекуляр массасига тўғри келади. 85 ва 98 масса бирлигига тенг бўлган ион чўққилари келтирилган тузилишга эга бўлган формулани кўрсатади (3.7-расм). Кам интенсивликка эга бўлган ион чўққилари реакцияга киришмаган бошланғич стирол ва фурфуролнинг бирмунча кам миқдорда мавжудлигини кўрсатмоқда.

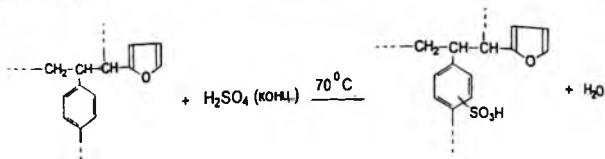
Бошланғич фурфуролнинг ва олинган полимернинг ИҚ-спектрларида $1030-1050 \text{ см}^{-1}$ соҳалардаги чизиклар мос равишда фурфурол гетероциклининг қўш боғлари мавжудлигини кўрсатмоқда. Фурфуролнинг альдегид гуруҳига мос бўлган $1690-1670 \text{ см}^{-1}$ соҳада ютилиш чизиклари полимернинг спектрида мавжуд эмас. Олинган тадқиқотлар стирол билан фурфуролнинг поликонденсация реакцияси қуйидаги схема бўйича бориши ҳақида хулоса қилишга имкон беради:



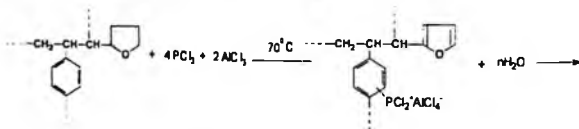
Сульфурланган полимернинг ИҚ-спектридаги $1260-1150 \text{ см}^{-1}$, $1060-1010 \text{ см}^{-1}$ соҳаларда ютилиш чизиклари, адабиётлар маълумотларига асосан, SO_3H -гуруҳларга хос. Олинган сульфокатионит монофункционалдир. Сульфокатионит ИҚ-спектрида гидроксил ва карбоксил гуруҳларга мос келувчи $2600-3200 \text{ см}^{-1}$, 3400 см^{-1} соҳаларда ютилиш чизиклари мавжуд эмас. Мос ҳолда $900-860 \text{ см}^{-1}$ соҳаларда $-\text{C}-\text{H}-$ деформацион

тебранишлари стиролнинг бензол ҳалқасига 1,3 ҳолатда ўрнашганлигига ва 800-860 см^{-1} эса стиролнинг бензол ҳалқасига 1,3,4 ҳолатда ўрнашганлигига мос келади.

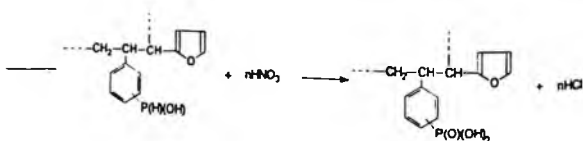
Шундан келиб чиқиб, сульфокатионитнинг структурасини ва стирол-фурфуrol полимерини сульфурлаш реакцияси схемасини қуйидагича тасаввур қилиш мумкин:



Фосфат кислотали катионитнинг ИҚ-спектрида 750 см^{-1} соҳада ютилиш чизиқлари $\text{P}(\text{OH})_2$ боғга мос, 1250, 1200, 2560 см^{-1} соҳаларда ютилиш чизиқлари $\text{PO}(\text{OH})_2$ гуруҳларга мос. 825-805 см^{-1} соҳаларда деформацион тебранишлар бензол ҳалқасига 1,3,4 ҳолатда ўрнашганлигига мос келади. 800, 875, 740 см^{-1} соҳалардаги ютилиш чизиқлари фуран ҳалқасининг $-\text{CH}=\text{CH}-$ гуруҳига мос келади. 3200 см^{-1} соҳаларда ютилиш чизиқларининг мавжуд эмаслиги, катионит структурасида карбоксил гуруҳларнинг мавжуд эмаслигини кўрсатади.



гидролиз реакцияси

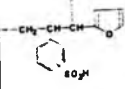
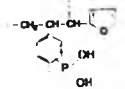
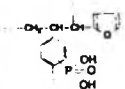


Катионитни нитрат кислотасида оксидлантириш реакцияси

Синтез қилинган катионитларнинг функционаллиги ва ионоген гуруҳларининг фаоллиги. Фосфор таркибли катионитлар сульфо- ва карбоксил гуруҳли катионитларга нисбатан яхшироқ ион-алмашинув хоссаларига эга бўлади. Ишқорий ва кучсиз ишқорий муҳитларда комплекс ҳосил қилувчи металллар бўлмаганда ушбу катионитларга катионлар алмашилиши билан оддий диссоциация ҳосилдир. Олинган катионитларнинг алмашишув сиғимини 0,1N натрий гидроксид ва 0,1N натрий хлорид эритмалари бўйича аниқланди. Стирол-фурфурол полимери асосидаги оксидланмаган фосфат кислотали катионитнинг натрий гидроксид бўйича алмашинув сиғими 5,2 мг-экв/г бўлса, азот кислотасида оксидланган катионитнинг натрий гидроксид бўйича алмашинув сиғими 6,5-7,0 мг-экв/г ни ташкил этди. Потенциометрик титрлаш эгрлари фосфорлантирилган полимернинг гидролиз маҳсулоти оддий моиоасосли кислота эканлигини, асосан $pH=11$ ва ундан юқори бўлганда диссоциаланишини кўрсатади. Фосфорлантирилган катионитнинг оксидланган кейинги титрлаш эгрлари икки асосли полимер кислотани намойиш қилади, диссоциациянинг биринчи босқичи $pH=6,5$ да, иккинчи босқичи $pH=11,5$ да бўлади. Алкалометрик потенциометрик титрлаш йўли билан топилган, шу билан бирга, назарий ва полимер таркибидаги фосфор миқдори бўйича топилган алмашинув сиғими миқдорлари, Гриссбах бўйича ҳисобланган туйилма диссоциация константалари (pK_1 ва pK_2) келтирилган.

Олинган катионитларнинг асосий хоссалари

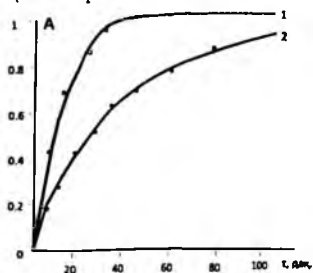
3.8-жадвал

Катионит	Функционал гуруҳ	Алмашинув сифими, мг-экв/г				pK ₁	pK ₂
		Назарий	0.1 N NaOH эритмаси бўйича	Олтингугурт (фосфор) % миклдори бўйича	Потенциометрик титрлаш эгри тизимлари бўйича		
Сульфокатионит		3.8	3.4-3.6	3.53	3.4-3.5	1.8-2.2	-
Фосфорлангирилган полимер		4.8	5.5-5.6	5.0-5.5	5.5-5.6	-	7.8
Оксидланган фосфорлангирилган полимер		4.8	7.6-8.0	5.0-5.5	7.6-7.8	2.8-3.0	7.5-7.8

Кейинчалик оксидланган фосфорлангирилган полимердаги ионоген гуруҳларнинг мавжудлиги ИҚ-спектрлари олиш билан тасдиқланди. Бунда 750 см⁻¹ соҳасидаги ютилиш чизиқлари P-C боғга мос, 1250, 1200, 2560 см⁻¹ соҳадаги ютилиш чизиқлари PO(OH)₂ гуруҳга мос, 3200 см⁻¹ соҳада ютилиш чизиқларининг мавжуд эмаслиги тадқиқ қилинаётган катионит структурасида карбоксил ва гидроксил гуруҳларнинг мавжуд эмаслигини кўрсатади, яъни олинган катионитда фақат фосфорли гуруҳлар мавжуд.

3.8-жадвалдан кўринадики, катионитнинг потенциометрик титрлаш эгри чизиқлари, таркибидаги олтингугурт ва фосфор микдори бўйича ҳисобланган ва назарий топилган алмашинув

сиғимлари статик алмашинув сиғими ўлчамадан кам фарқ қилади. Сульфо- ва фосфат кислотали катионитнинг асосий хоссалари 3.1-жадвалда келтирилган.



3.8-расм. Катионитларда кальций ионларининг сорбцияланган тезлиги.
Катионитлар: 1 - КУ-ФС; 2 - КУ-2×8.

Олинган сульфокатионитнинг кинетик хоссаларини ўрганиш. Ионитларнинг ион-алмашилиш сиғимлари билан бир қаторда, ион-алмашилишнинг бориш тезлиги - жараён кинетикаси ҳам амалий аҳамиятга эга. Олинган КУ-ФС катионитида ион-алмашилиш тезлигини 0,1 N CaCl₂ эритмаларидан кальций ионларининг (мг-

экв/г) статик шароитда вақт бирлиги ичида (дақиқа) ютилган миқдорлари билан тавсифланди. Солиштириш учун саноатда қўлланиладиган полимеризацион КУ-2×8 сульфокатионитининг ҳам кинетик хоссалари тадқиқ қилинди.

Катионитларнинг Na-шаклда 0,1N CaCl₂ эритмаси бўйича статик алмашинув сиғимлари аниқланди: КУ-2×8 - 5,4 мг-экв/г, КУ-ФС - 3,6 мг-экв/г.

Кинетик эгри чизиқлардан (3.8-расм) кўриниб турибдики, КУ-2×8 катионитининг тўйиниш даражаси 30 дақиқа давомида сорбция жараёнида 2,8 мг-экв/г ни ташкил этди, КУ-ФС катионитиники эса 3,4 мг-экв/г ни ташкил этди, яъни олинган катионит ўзининг кинетик хоссалари бўйича КУ-2×8 универсал катионитидан қолишмайди. Натрий ионларини кальций ионларига алмашиш механизмини батафсил ўрганиш мақсадида таниш бўлган вақт бўйича ион-алмашилиш тезлиги боғлиқликлари қўлланилди: $\lg(1-A)=k_1\tau$ - юпқа қатламли кинетика учун; ва $A=k(\tau)^{1/2}$ - гел кинетикаси учун; бу ерда, A - катионитда сорбцияланган ионларнинг тегишли миқдори - эритмалар системалари учун мувозанатга эришиш даражаси (динамик усул), лекин статик шароитда уларни чегараланган ҳажмдаги эритмалари суюқ фазанинг катионитга катта

нисбатларда ишлатилади (бизнинг шароитда $C_{\text{фаза}}:K_{\text{фаза}} = 1000$ мл: 1 гр.). t – вақт, дақиқа. Тажриба ва ҳисоблаш маълумотлари асосида кинетик эгри чизиқлари қурилди. $\lg(1-A)$ – t боғлиқлиги графигини қуришда экспериментал нуқталар ўрганилаётган катионитлар учун битта тўғри чизиқда жойлашмаяпти. Шубҳасизки, сорбция тезлигига кинетиканинг ички диффузион механизми устунлик таъсирини кўрсатмоқда. Гель кинетикасининг лимитланувчи таъсирига жараённинг бошланғич босқичлари учун A ни \sqrt{t} га боғлиқлик координалари бўйича ҳам, бунда $A < 0,4$ ва бутун жараён учун Bt ни t га боғлиқлиги эгри чизиқлари бўйича ҳам баҳо бериш мумкин, бунда биринчи яқинлашишда экспериментал нуқталар тўғри чизиқда жойлашмоқда, Bt – ўлчовчиз катталиқ бўлиб, A нинг функцияси ҳисобланади.

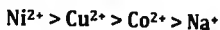
Металл ионларининг сорбцияси. Тадқиқ қилинаётган фосфат кислотали катионитнинг мнс, никель, кальций, натрий, кобальт ва уранил ионларига нисбатан сорбцион хусусиятлари ўрганилди, бу эса замонавий техникада зарур омил ҳисобланиб, ушбу катионлар сорбцияси жараёнига турли омилларнинг таъсири механизми ўрганилди, уларнинг катионларни сорбция қилиш механизми ИК-спектроскопик таҳлил ёрдамида аниқланди. Тадқиқот натижалари 3-жадвалда келтирилган.

3.9-жадвал
Фосфат кислотали катионитда металл катионларининг
сорбцияси

0.1 N эритмалар	Н-шакл			Na-шакл	
	эритмалар рН	Сорбциялан- ган, мг-экв/г	Тақсимланиш коэффи- циенти, мл/г	эритмалар рН	Сорбция- ланган, мг-экв/г
NaOH	13	6.6-7.6	184	-	-
NaCl	8.13	0.8-1.0	11.5	-	-
CaCl ₂	6.5	1.1-1.2	120	6.5	3.57-3.6
CuSO ₄	4.8-5.0	1.2-1.3	66	4.8-5.0	1.75-1.8
CuSO ₄	11	2.64-2.7	733	11	3.08-3.1
CuSO ₄	-	-	-	2.35	1.0-1.1
NiSO ₄	7.6	1.1-1.2	20	2.25	1.0
NiSO ₄	10	2.0-2.1	84	3.8	3.6
NiSO ₄	-	-	-	7.6	2.0

NiSO ₄	-	-	-	10	3.75-3.8
CoSO ₄	8	2.0-2.05	35	2.36	0.8-0.9
CoSO ₄	-	-	-	3.18	2.4
CoSO ₄	-	-	-	8	2.65

3.9-жадвал маълумотлари катионлар табиатининг сорбияланишга таъсирини кўрсатадики. Тадқиқ қилинаётган катионлар катионитда бир хил сорбцияланмаслиги аниқланди ва сорбцияланиш қобилияти бўйича куйидаги тартибда жойлаштирилиши мумкин:

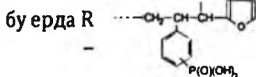
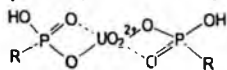


Катионит ион шаклининг тадқиқ қилинаётган катионларни ютилишига таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, адабиётлар маълумотларига мос ҳолда Na-шаклдаги катионит водород шаклдагига нисбатан юқори сорбцияланиш қобилиятига эга (3.9-жадвал). Шу билан бирга, pH муҳитнинг металл ионлари сорбциясига таъсири ҳам тадқиқ қилинди. Бунда pH=2-5 бўлганда тақсимланиш коэффицентининг юқори бўлмаган миқдорлари 10-120 кузатилади. pH ошиши билан тақсимланиш коэффиценти ҳам ошади (3.9-жадвал). Кўрсатилган металллар катионлари сорбциясининг механизмини аниқлаштириш мақсадида мис билан тўйинган H- ва Na-шаклдаги катионитнинг ИҚ-спектрлари олинди.

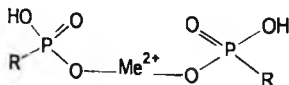
Адабиётлар маълумотларига кўра, фосфат кислотали гуруҳлар учун тебранишлар частоталари 700-2560 см⁻¹ соҳаларда ётади. H-шаклдаги катионит спектрида 1150 см⁻¹ да фосфор-кислород боғларнинг валент тебранишларига мос чизиқлар кузатилди. Na-шаклдаги катионит спектрида 1150 см⁻¹ да ютилиш чизиқлари йўқолмайди. Тадқиқ қилинаётган катионит таркибида ўзининг кислотали хоссалари pK₁=2,8; pK₂=7,5 билан ажралиб турадиган фосфат кислотали гуруҳлар мавжуд. Фосфат кислотали гуруҳлар қанчалик кам диссоциацияган бўлса, фосфорил кислород OH-гуруҳлар билан шунчалик кучли водород боғни ҳосил қилади. Шунинг учун кутиш мумкинки, катионитнинг натрий билан тўйинишида фосфор-кислород боғларга хос ютилиш чизиқлари кучсиз водород боғларнинг парчаланиши натижасида узун тўлқинли соҳада аралашади. H-

шаклдаги катионитнинг спектрида водород боғлар билан боғлиқ бўлган P-OH валент тебранишлар хос, 2600-2860 см⁻¹, 2100-2600 см⁻¹ соҳаларда унчалик ўткир бўлмаган кенг чизиклар кузатилади. Натрий билан тўйинган катионит спектрида ушбу чизиклар йўқолади. Металл ионлари билан тўйинган катионитнинг спектрларини кузатганда Н-шаклдаги катионитдан фарқли равишда 1060 см⁻¹ да уранил учун ва 1055 см⁻¹ да мис ва никель учун чизиклар ҳосил бўлади.

Уранил-ион билан тўйинган ионитнинг спектрида фосфор-кислород боғнинг тебраниш жадаллиги тез камайиши кузатилади. Шундай ҳолат мис ва никель билан тўйинган катионит спектрида ҳам кузатилади. Бироқ, уранил-ион билан тўйинган катионит учун мис ва никель билан тўйинган катионитга нисбатан ушбу чизик жадаллигининг сезиларли камайиши уранил-ион билан фосфорил кислород (P=O) нинг координацион боғ ҳосил қилишда иштирок этишини кўрсатади, яъни уранил-ион катионитнинг P=O гуруҳи билан ички комплекс бирикма ҳосил қилади, бу қуйидаги тузилишга эга:



Таркибида мис, никель ва натрий бўлгани учун P-OH гуруҳларининг тебраниш жадаллигининг камайиши 2100-2600 см⁻¹ соҳада деформацион тебранишларга мос P-OH гуруҳларининг миқдори камайиши билан тушунтирилади. Бу шунини тасдиқлайдики, мис, никель, натрий ионлари катионит билан асосан қуйидаги тузилишга эга бўлган ион-координацион боғ ҳосил бўлиш ҳисобига ютилади:



бу ерда, Me²⁺ - Ni²⁺, Cu²⁺, Na⁺.

Олинган катионит билан уранил ионларининг сорбциясига рН-муҳитнинг боғлиқлиги ($C_{\text{баш}} = 0.1 \text{ N } (\text{UO}_2)\text{NO}_3$ эритмаси)

Н-шаклдаги катионит								
Эритманинг рН	1	2	3	4,2	7	9	10	11
Уранил ионларининг ютилиши, мг/г	25	62	95	86	54	160	162	162
Na- шаклдаги катионит								
Эритманинг рН	2	3	4,2	6	7	8	9	10
Уранил ионларининг ютилиши, мг/г	80	110	108	120	102	160	220	245

Водород ва натрий шаклдаги катионитда шу билан бирга, статик шароитларда уранил ионларининг уранил нитрат эритмасидан сорбцияланиши тадқиқ қилинди. Н-шаклдаги катионитда уранил ионларининг сорбцияси 175-200 мг/г ни, натрий шаклда эса – 200-250 мг/г ни ташкил этди. Н- ва Na-шаклдаги катионит билан уранил ионларининг сорбциясига рН муҳитнинг таъсири ўрганилди (4-жадвал).

4-жадвалдан кўринадикки, Na-шаклдаги тадқиқ қилинаётган катионит рН нинг тадқиқ қилинаётган соҳаларида уранил-ионни етарлича яхши сорбциялайди. Na-шаклдаги катионитда максимал сорбцияланиш 250 мг/г гача етади. Уранил ионларининг сорбциясига 0,01-0,1 N ораликларида уранил нитрат концентрациясининг таъсирини ўрганиш шуни кўрсатдики, тадқиқ қилинаётган ораликларда уранил концентрацияси ошиши билан уранилнинг сорбцияси ҳам ошади.

Олинган катионитларнинг термо-кимёвий барқарорлигини ўрганиш. Катионитларнинг термик барқарорлигини сувда, кислота ва ишқор эритмаларида ҳамда дифференциал-термик таҳлил орқали тадқиқ қилинди. Термик барқарорликни алмашинув сизими, букувчаллик ва катионит оғирлигининг йўқотилиши ўзгариши орқали тавсифланди.

Катионитларнинг сувда термик барқарорлиги
(сувнинг қайнаш, иситиш вақти – 72 соат)

Катионит	Термик ишловдан аввал 0.1N эритмалар бўйича статик алмашинув сиғими, мг-экв/г		Оғирлик- нинг йўқотили ши, %	Сувда бўккан катионитнинг солиштирма хажми, мг/г	
	NaOH	NaCl		Термик ишловдан аввал	Термик ишловдан сўнг
КУ-ФС	5.2	2.1	2	3.5	3.0
КФФ	6.8	1.0	1.2	3.5	3.0
КУ-1	3.1	1.8	14.4	3.5	2.8
КУ-2	4.6	2.8	10.5	4.8	4.3
КФ-1	6.4	0.8	1.2	3.8	3.4

Катионитларнинг сувда қайнаш ҳароратида маълум вақт давомида қайнатиш орқали тадқиқ қилинди (3.11-жадвал). Бунда водород шаклдаги катионитлар қўлланилди. 3.11-жадвал маълумотларидан кўринадики, стирол-фурфурол полимери асосидаги сульфокатионит (КУ-ФС) ва фосфат кислотали катионитларнинг статик алмашинув сиғими 24 соат давомида термик ишлов беришдан сўнг ўзининг миқдорини ўзгартирмайди, кейинчалик 72 соат давомида сувда қайнатилганда КУ-ФС катионитнинг алмашинув сиғими сезиларсиз даражада 1-2% га, КФФ катионитда эса 1-1,2% га камаяди, бунда КУ-1 катионитнинг алмашинув сиғими 14% га, КФ-1 фосфат кислотали катионитда эса 1,2% га камаяди. Тадқиқ қилинаётган катионитларнинг сувда қизитиш натижасида термик барқарорлигининг камайиши термик десульфурланиш ва дефосфорланиш жараёни билан боғлиқ. КУ-ФС ва КФФ катионитларининг ҳавода термик барқарорлигини термогравиметрик таҳлил усули билан тадқиқ қилинди. Тадқиқ қилинаётган ҳавода қуриган катионитлар намуналари Паулик-Паулик-Эрдей тизими дериватографида дифференциал-термик таҳлил қилинди. КУ-ФС катионитнинг қиздириш эгри чизиклари $t=118-140^{\circ}\text{C}$ ва КФФ фосфат кислотали катионит учун эса $140-170^{\circ}\text{C}$ да битта эндотермик эффект билан тавсифланмоқда, буни

катионитларнинг сувсизланиши деб хулоса қилиш мумкин. КУ-ФС сульфокатионитида функционал гуруҳларининг узилиши, яъни каркасининг парчаланиши $t=270-350^{\circ}\text{C}$ ҳароратда ва КФФ фосфат кислотали катионитда эса $353-570^{\circ}\text{C}$ да экдотермик эффект таъсири остида бошланади. Катионит каркаси, яъни стирол-фурфурол полимери юқори ҳароратлар таъсирига етарлича барқарор. Катионитни 850°C гача қиздирилганда оғирлик йўқотилиши умумий миқдори 48% ни ташкил этмоқда.

Фосфат кислотали катионитнинг радиацион барқарорлиги. Сувда Co^{60} нинг γ -манбасида нурлантирилган катионитнинг физик-кимёвий хоссаларини парчаланган моддаларни дистилланган сув билан ювилгандан сўнг тадқиқ қилинди. Ювувчи сувлар аввал миқдор, сўнг сифат жиҳатдан кимёвий усул билан тадқиқ қилинди. Эритманинг умумий кислоталилиги фенолфталеин бўйича алкалометрик титрлаш орқали баҳоланди.

3.12-жадвал

Co^{60} нинг γ -нурланишининг ионитлар хоссаларига таъсири
(Нурланиш дозаси $2 \cdot 10^9$ рад, $t=30 \pm 5^{\circ}\text{C}$)

Катионитлар	0.1 N NaOH эритмаси бўйича статик алмашинув сифими, мг-экв/г		Алмашинув сифимининг йўқотилиши, %	Бўккан ионитнинг сролиштирма ҳажми, мл/г		Оғирликнинг йўқотилиши, %
	Нурланиш-дан аввал	Нурланиш-дан сўнг		Нурланиш-дан аввал	Нурланиш-дан сўнг	
КФФ, Н-шаклда: сувда	6.5	6.41	1.3	3.0	2.7	0.08
қуруқ ҳолда	6.5	6.38	1.8	3.0	2.85	0.02
Нафталин-сульфо-кислота ва фурфурол асосидаги катионит, Н-шаклда сувда	3.0	2.93	2.4	3.65	3.60	0.50

Тадқиқ қилинаётган катионитнинг радиацион барқарорлигини зарур физик-кимёвий хоссаларнинг ўзгариши – алмашинув сифими, бўкувчаилик, оғирликнинг йўқотилиши

орқали тавсифланди. 3.12-жадвалда нурлантиришдан аввал ва сўнги катионитларнинг хоссалари келтирилган, бунда таққослаш учун адабиётлар маълумотларидан олинган худди шундай усулда нурлантирилган нафталинсульфокислота ва фурфурол асосида олинган радиацион барқарор сульфокатионитнинг ҳам хоссалари келтирилган. Газ-суюқлик хроматографияси ХЛА-7А усули билан тадқиқ қилинаётган сувли намуналарнинг радиолиз маҳсулотлари таркиби тадқиқ қилинди. Таҳлил натижалари сувли муҳитда бошланғич мономерларнинг мавжуд эмаслигини кўрсатади. Катионитнинг радиацион барқарорлиги тадқиқоти шуни кўрсатадики, Н-шаклдаги катионитни нурлантиришда радиациянинг сувда бўлган ва қуруқ ҳолатдаги катионитларга таъсири ўртасида катта фарқ йўқ. Синтез қилинган катионитнинг алмашинув сифими 1,3-1,8% га камайган, нафталинсульфокислота ва фурфурол асосидаги сульфокатионитда эса 2,4% ни ташкил этган.

Олинган натижалар шуни кўрсатадики, синтез қилинган фосфат кислотали катионит фуранли сульфокатионитга нисбатан радиацион барқарорлиги юқори экан. Бу фосфор-углерод боғларнинг олтингурт-углерод боғларга нисбатан юқори мустаҳкамлиги билан ҳулоса қилинади.

Сульфокатионитни турли сувларни деминераллаштириш жараёнларида қўллаш мумкинлигини тадқиқ қилиш. Ионитларни қўллайдиган бир нечта объектлардан бири бу сув билан таъминлаш корхоналари ҳисобланади. Тузсизлантирилган сувни олишнинг кенг тарқалган усулларида бири нон-алмашииш хроматографияси усули ҳисобланади. Республикамиз шароитида юқорида келтирилган саноатларда қўлланилаётган ионитлар бу юқори эксплуатацион хоссаларга эга бўлган КУ-2×8, КБ-4 катионитларидир. Бироқ, шуни таъкидлаш керакки, бу ионитлар қиммат бўлганлиги сабабли уларни қўллашда бирмунча чегараланишлар мавжуд. Маълумки, республикамизнинг кўпгина туманларида маиший хўжаликда ва саноатда қўлланиладиган сувлар юқори қаттиқликка эга, бу кўрсаткич баъзи ҳолларда 12 мг-экв/л ни ташкил этади. Бу кўрсаткич O'zDSt 950:2000

«Ичимлик суви, гигиеник талаблар ва сифатни назорат қилиш» бўйича - 2.5÷7 мг-экв/л ни ташкил қилиши керак. Олинган КУ-ФС катионитини сувларни тайёрлаш жараёнларида қўллаш мумкинлигини тадқиқ қилишни мақсад қилган ҳолда унинг Сурхондарё вилояти ва Қорақалпоғистон Республикасининг баъзи туманларидан олиб келинган сувлар таркибидан натрий, кальций, магний ионлари бўйича сорбцион хусусияти тадқиқ қилинди. Катионитни Н- ва Na-шаклларда қўлланилди. Изланишлар натижалари 3.13-жадвалда келтирилган.

3.13-жадвал

КУ-ФС катионити	Сурхондарё вилояти Шўрчи тумани		Қорақалпоғистон Республикаси Мўйноқ тумани		Қорақалпоғистон Республикаси Тоҳиатощ тумани	
	Сувнинг қаттиқлиги, мг-экв/л:					
	аввал	сўнг	аввал	сўнг	аввал	сўнг
Н-шаклда	12.2	4.05	10.7	3.2	11.0	3.8
Na-шаклда		2.2		2.5		2.4

3.13-жадвалдан кўриниб турибдики, КУ-ФС катионитини сувларни юмшатиш жараёнида қўлаганда, катионит билан таъсирлашгандан сўнг сувнинг қаттиқлиги O'zDSt 950:2000 талабларига мос келмоқда.

Олинган ион-алмашинувчи полимерларни Тошкент шаҳар Салар азрация станциясида шаҳар оқова сувларини тозалаш бўйича тажриба ишлаб чиқариш синовлари. Салар азрация станциясида стирол-фурфурол полимери асосида олинган сульфокатионит ва фосфат кислотали катионитни тажриба-ишлаб чиқариш синовлари олиб борилди.

3.14-жадвал

Сульфокатионит ва фосфат кислотали катионит билан шаҳар оқова сувларини тозалашнинг тажриба-ишлаб чиқариш

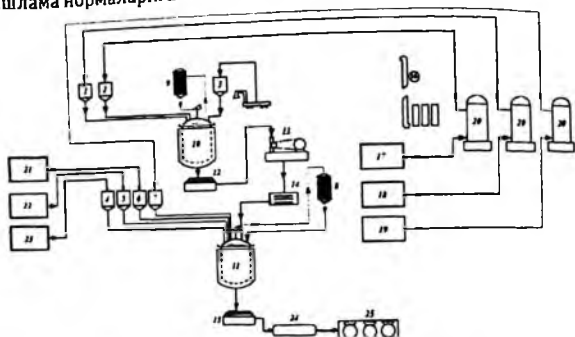
синовлари натижалари

Ифлосликлар турлари номи	Сувларини тозалашнинг амалдаги самарадорлиги, %	Сульфокатионит билан контактдан кейинги ташлама сувларни тозалаш даражаси, %	Фосфат кислотали катионит билан контактдан сўнг ташлама сувларни тозалаш даражаси, %
Хром	71	81	84

Мис	70	82	92
Рух	75	81	90

Оқова сувларни хром, мис, руҳ каби оғир металл ионларидан тозалашда аввал сульфокатионит, сўнг фосфат кислотали катионит қатламидан ўтказиш орқали олиб борилди, бунда юқорида келтирилган ионлардан тозалаш ҳамда сувни 6,5 дан 1,2 мг-экв/л гача yumшатиш амалга оширилди. (3.14-жадвал).

3.14-жадвалдан кўриш мумкинки, оқова сувларни тозалаш жараёнида тадқиқ қилинаётган катионитларни қўллашда оқова сувларни тозалаш даражаси йўл қўйилиши мумкин бўлган ташлама нормаларига мос келади.



3.9-расм. Катионитларни олиш технологик схемаси

1,2,3,4,5,6,7 - ўлчаш мосламалари; 8,9 - совутгичлар; 10 - полимер олиш учун реактор; 11 - полимерни сульфурлаш (фосфорлантириш) учун реактор; 12 - қуритгич; 13 - гранулятор; 14 - элак; 15 - фильтр; 16 - бункер; 17,18,19,21,23,23 - бошлангич хом-ашёлар учун омборлар; 20 - ҳайдаш қурилмалари; 24 - лентали транспортер; 25 - тайёр маҳсулот учун омбор.

Сульфо- ва фосфат кислотали катионитни олиш технологик жараёни баёни. Олиб борилган лаборатория тадқиқотлари ва олинган КУ-ФС ва КФФ катионитларининг эксплуатацион хоссаларини ўрганиш бизга уларни олишнинг лаборатория технологик регламентларини ва технологик схемасини ишлаб чиқиш имконини берди (3.9-расм).

Стирол-фурфурол полимери ва у асосида сульфокатионит ва фосфат кислотали катионит олишнинг узлуксиз жараёни куйидаги босқичлардан иборат: хом-ашёни тайёрлаш ва узатиш,

стирол ва фурфуролнинг поликонденсацияси, ҳосил бўлган полимерни қуйиш, қуритиш, грануллаш ва сульфирлаш (фофорлантириш). Бошланғич хом-ашёлар реактор 10 га берилишидан олдин уни технологик талабларга мос келиши бўйича текширилади. Стирол ва фурфурол 17, 18 омбордан хайдаш қурилмасига 20 берилади, у ердан 1, 2 ўлчаш мосламаларга узатилади, у ердан эса реакцияон массани иситиш учун зарур бўлган сувли ғилофдан иборат, аралаштириш учун аралаштиргич ва совутгич 9 билан жиҳозланган реактор 10 га берилади. Рух хлорид катализатори омбордан ўлчаш мосламаси 3 га узатилади. Реакцияон массанинг ҳарорати 85-90°C оралиқларда ушлаб турилади, поликонденсация жараёни давомийлиги 4 соатни ташкил этади. Ҳосил бўлган стирол-фурфурол полимерини қуритиш учун 12 қуритгичга 95-100°C да қуритиш учун берилади. Қотган полимерни 13 грануляторга берилади, у ерда $d_n=0.5$ мм гача майдаланади.

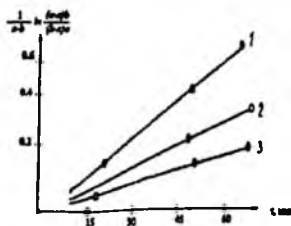
Олинган катионитни сульфирлаш. Майдаланган полимер реактор 11 га узатилади, у ерга ўлчаш мосламаси 6 дан концентрланган сульфат кислотаси берилади, сўнг аралаштиргич ёқилади ва 3,5-4 соат давомида полимер бўқади, сўнг $t=70^\circ\text{C}$ да 6 соат давомида сульфирлаш жараёни олиб борилади. Шундан сўнг, сульфирланган полимер сульфат кислота эритмасидан ажратиб олинади, 5 ўлчаш мосламасидан бериладиган дистилланган сув билан нейтрал муҳитгача ювилади. Сўнг Н-шаклдаги катионит 11 реактордан филтр 15 га узатилади, у ердан лентали транспортер 24 га берилади ва тайёр бўлган маҳсулот омборхона 25 га юборилади.

Олинган катионитни фосфорлантириш. Майдаланган полимер реактор 11 га узатилади, у ерга ўлчаш мосламаси 7 дан уч хлорли фосфор берилади, сўнг аралаштиргич ёқилади ва 3,5-4 соат давомида полимер бўқади, сўнг 6 ўлчаш мосламасидан алюминий хлорид берилади, $t=70^\circ\text{C}$ да 6 соат давомида фосфорлантириш жараёни олиб борилади. Шундан сўнг, фосфорлантирилган полимер ус хлорли фосфор эритмасидан ажратиб олинади, 5 ўлчаш мосламасидан бериладиган дистилланган сув билан нейтрал муҳитгача ювилади. Олинган катионитнинг алмашинув сифimini ошириш мақсадида уни 11

реакторда оксидлантирилади. Катионит дистилланган сув билан ювишдан сўнг 60°Сда 7 соат давомнда 4 ўлчаш мосламасидан 11 реакторга бериладиган 25% ли нитрат кислотаси билан контактлашади. Сўнг катионитни намланган этил спирти билан ва нейтрал муҳитгача дистилланган сув билан ювилади. Тайёр бўлган Н-шаклдаги катионит 11 реактордан 15 филтрга берилади. Шундан сўнг, Н-шаклдаги катионит 11 реактордан филтър 15 га узатилади, у ердан лентали транспортер 24 га берилади ва тайёр бўлган маҳсулот омборхона 25 га юборилади.

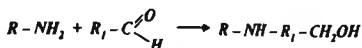
3.2. Меламин ва фурфурол асосида анионит олиш

Юқори термо-кимёвий барқарорлик, механик мустаҳкамлик қийматларида молибден ионларига танланувчан хусусиятли анионитни олиш мақсадида, анионитни олишда тикувчи агент сифатида формальдегид ўриига фурфуролдан фойдаланилди. Фурфурол ва меламинни (ДФА) иштирокида поликонденсациялаш йўли билан анион алмашинувчини ҳосил бўлиш қонуниятлари натижалари тадқиқ қилинди. Анионит структурасида ароматикларни (ДФА) фурфуролнинг гетероцикллари билан биргаликда бўлиши ионитнинг кимёвий термик ва механик барқарорлигини сезиларли даражада ошишига олиб келади. Поликонденсацияни бир текис бориши учун реакцияни қуйидаги эритувчиларда олиб борилди: этил, изоамил спиртлари, диметилформаид (ДМФА) ва бошқалар. Полимернинг энг кўп чиқиши этиль спирти ва ДМФА қўлланилганда кузатилади. Бир оғирлик қисм эритувчи ва бир оғирлик қисм меламин қўлланилганда поликонденсация жараёни бир текисда бўлади ва олинган анионит етарли алмашиниш сифими ва яхши механик мустаҳкамликка эга бўлади. Меламинни фурфурол билан поликонденсацияланиш реакцияси тезлигини 100°С, 110°С, 120°С, 130°С, да ўрганилди меламинни фурфуролга моль исбати доимий бўлиб, 1.5:1.0. Тажриба натижалари 1-расмда келтирилган.

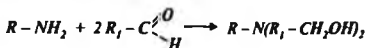


3.10-расм. Турли температуралардаги реакция жараёнида реакцияга киришувчи моддалар концентрациялари логарифмини ўзгариши: 1 - 130°C; 2 - 120°C; 3 - 110°C.

Реакция тезлик константасини фурфуролнинг концентрациясининг ўзгаришига биноян ҳисоблашда таклиф қиламизки полимерни ҳосил бўлиши фурфуролнинг корбаил гуруҳсини меламинамина гуруҳсининг ҳаракатчан водородлари билан ўзаро таъсири ҳисобига юзага келади. Бунда реакциянинг биринчи босқичида метилолли ҳосилаларини ҳосил бўлиши ҳисобланади.



Аминнинг иккала водород атомларини алмашишида диметилолли ҳосилалари ҳосил бўлиши мумкин.



Бундай йўл билан ҳосил қилинган метилолли ҳосилалар сувни ажратиб ва алоҳида амин молекулаларини боғловчи кўндаланг кўприкларни ҳосил қилиб, ўзаро таъсир қила бошлайдилар.

Эксперимент натижалари бошланғич моддаларни ИК-спектроскопик тадқиқотлари натижалари билан мос келади. Турли температураларда полимерлар ўзгариш даражасини жараён давомийлигига боғлиқлиги аниқланган. Ушбу натижалар асосида турли ҳароратларда реакцияга киришаётган моддалар концентрациясини вақт бўйича ўзгаришининг логарифмик боғлиқлиги аниқланган. Ҳисоблаш учун 30% дан ортиқ бўлмаган ўзгариш даражасига тўғри келадиган натижалар қўлланилган.

3.10-расмдан кўриниб турибдики, $\frac{1}{a-b} \ln \frac{(a-x)(b-x)}{(a-x)(b-x)}$ координаталарида чизиқли боғлиқлик борлиги, ушбу жараённи иккинчи даражали

тенглама бўйича борадиган реакцияларга таълуқлигини кўрсатади.

Тезликлар константаларининг ҳароратга боғлиқлиги Аррениус тенгласига бўйсунди. Меламинни фурфурол билан поликонденсация реакциясини $\lg k$ нинг $1/T$ га график боғлиқлигидан аниқланган активланиш энергияси 98 ккал/моль ни ташкил қилди. Бошланғич моддалар нисбатларини поликонденсация жараёнига таъсири ўрганилган. Реакция тезлиги константасини фурфурол концентрациясига боғлиқлиги шуни кўрсатдики, 120°C да тезлик константасини реакция муҳитдаги фурфурол концентрациясидан ўсиши чизикли характерга эга бўлади. Шундай қилиб, олиб борилган тадқиқот натижалари асосида, қуйидаги реакциянинг оптимал шароитлари аниқланди. $T=120^{\circ}\text{C}$, муҳит ДМФА, фурфуролнинг меламинга моль нисбати 2.0:1.0. Олинган анионитнинг хоссалари 3.15-жадвалда келтирилган.

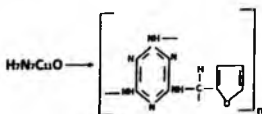
3.15-жадвал

Анионитларнинг асосий физик-кимёвий хоссалари

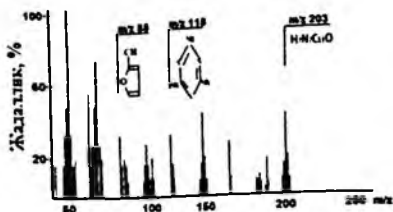
Кўрсаткичлар	Ўлч. бирл.	Меламин, фурфурол ва дифенил-амин асосида анионит	Бензогуанидин ва фурфурол асосида ФБГ анионит	Дифенил-амин ва фурфурол асосида ФДГ анионит	Меламин ва формальдегид асосида АН-1
Намлик	%	-	-	-	15
Статик алмашиш сизими (САС) 0,1N эритмаси бўйича,					
натрий хлор	г/мл	0,6	-	-	0
хлорид кислота		4,5-5,0	4,8-5,0	6,5-7,2	3,96
нитрат кислота		5,08	4,6	6,2	4,17
сульфат кислота		5,95	4,5	6,3	4,95
ОН-шаклдаги бўккан анионитнинг сизими	мл/г	1,6-1,8	2,8	3,8	2,5
Кимёвий барқарорлик. 30 минут давомида анионитни:					
5 N NaOH	мг-эқв/л	4,5	4,5	6,3	-
5 N H ₂ SO ₄		4,2	4,6	6,4	-
эритмасида					

қайнатилгандан сўнг 0.1N HCl эритмаси бўйича САС					
Термабарқарорлик. 20 минут давомида анионитни сувда қайнатилгандан сўнг 0.1N HCl эритмаси бўйича САС	мг- экв/л	4,8-5,0	4,7	6,4	-
Молибден ионлари ва аммоний молибдат аралашмаси ва 1 N Na ₂ SO ₄ эритмаси сорбцияси (C ₆₀₀ =1гр/л, рН=4,5-5)	мг/г	206	354	200	165

Меламин фурфуролли анионит структурасини тадқиқи. Олинган анионитни учламчи структурали бўлиши унинг структураси ва асосий хоссаларини ўрганишда кимёвий таҳлил усуллари (элемент таҳлили, алкалометрик титрлаш, Кнопп усули ва бошқалар) билан бирга, шунингдек Масс- ва ИҚ-спектроскопия, рентгеноструктуравий таҳлил, потенциометрик титрлаш, термогравиметрия ва бошқа физик кимёвий усуллардан фойдаланиш зарурлигини аниқлаб берди. Олинган анионит структурасини Масс-спектроскопик тадқиқоти шуни кўрсатдики 203 масса бирлигига тенг бўлган пикни борлиги меламин фурфуролли полимер элементар звеносининг молекуляр массасига тўғри келади ва у қуйидаги формула билан ифодаланади:



Масса бирликлари 85 ва 118 га тенг бўлган кам интенсив ионлар пиклари шубҳасиз меламин ва фурфурол реакциясида оз миқдорда реакцияга киришмаган бошланғич мономерлар борлигини кўрсатади (3.11-расм).

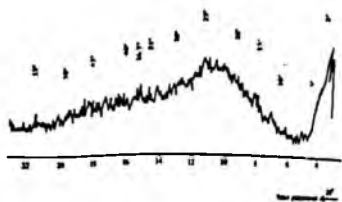


3.11-расм.
Қотирилган
меламин-
фурфуrolли
полимер масс-
спектри

Сунгра фуран ҳалқасидаги β ва β_1 ўриндаги $-CH=CH-$ қўшбоғларни меламиннинг фурфуrol билан реакциясида иштирокини аниқлаш учун тоза бошланғич фурфуrol ва олинган полимер анионитнинг бромлар сони қиймати Кнопп усули билан аниқланди.

Олиб борилган кимёвий таҳлил натижалари масс- ва ИҚ-спектроскопик таҳлиллар маълумотлари билан мос келади. Бошланғич моддалар ва олинган анионит ИҚ-спектрлари фураили гетероцикл қўшбоғларига хос бўлган $1030-1050 \text{ см}^{-1}$ соҳаларида ҳарактерли чизиқларни кўрсатди. Олинган анионитнинг спектрида фурфуrolнинг карбонил гуруҳсига мос келувчи $1670-1690 \text{ см}^{-1}$ соҳаларидаги ютилиш чизиқлари йўқ. Бу шундан далолат берадики меламинни фурфуrol билан поликонденсация реакцияси фурфуrolнинг алдегид гуруҳси ҳисобига боради. Маълумки, поликонденсация реакцияси ионитларни олиш жараёни ўз ичига ионоген гуруҳлари бириктирилган углеводородли занжирдан ташкил топган фазовий матрицани ҳосил бўлишини олади.

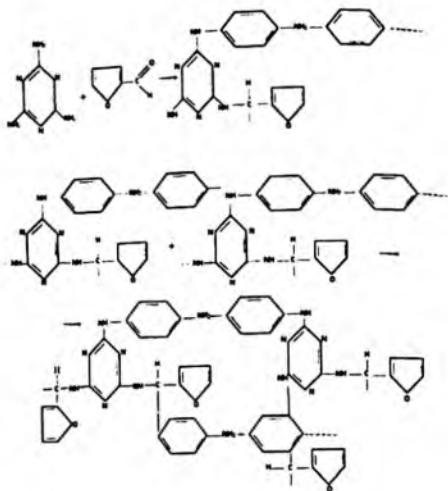
Олинган анионитнинг фазовий структурасини ҳосил бўлишини аниқлаш учун рентгенофазовий таҳлил ўтказилди (3.12-расм). Олинган рентгенофазовий таҳлил маълумотлари синтез қилинган анионитни тўрсимон структурасини тасдиқлайди, бунда бошланғич мономерлар ўзаро олинган анионитни фазовий структурасини ҳосил қилиб қўндаланг кимёвий боғлар билан боғланган ва уларда бошланғич моддалар фазовий структурани ҳосил қилиб, ўзаро аниқ кимёвий боғлар билан боғланган. я



3.12-расм. Олинган анионитни рентгенограммаси

Анионитнинг олинган рентгенограммасида максимал аморф гало 23°C бурчак остида жойлашган бўлиб, бу статистик қонуниятларга биноан поликонденсация реакцияси натижасида ҳосил бўладиган полимер занжирини тикилишида фойдаланилаётган маномерларни тартибли тузилишга эга эканлигини изоҳлайди.

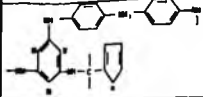
Олинган анионит структурасида ионоген гуруҳларни борлиги олинган анионитни ИК-спектрлари билан тасдиқланган. $1547, 1015, 745\text{ см}^{-1}$ га мос келувчи ютилиш чизиқлари меламинанинг $=\text{NH}$ гуруҳига тегишли бўлган валент ва деформацион тебранишларига тўғри келади. $1312, 1171, 747, 693, 903\text{ см}^{-1}$ соҳаларидаги ютилиш чизиқлари меламина ароматик ҳалқасидаги $=\text{NH}$, $-\text{NH}_2$ ва $-\text{N}=\text{}$ гуруҳларининг деформацион тебранишларига мос келади. $3468, 3120, 1626, 1526, 1431, 1171, 1021, 910, 730, 607, 508\text{ см}^{-1}$ соҳасидаги ютилиш чизиқлари ДФА ва меламинанинг боғланган амина бирикмаларидаги NH_2 аминогуруҳларининг валент ва деформацион тебранишларига мос келади. Шундай қилиб, кимёвий таҳлил усулларини физик кимёвий усуллар билан биргаликда олиб борилиши асосида меламинани фурфурол билан ДФА иштирокида поликонденсация реакциясини қуйидагича изоҳлаш мумкин.



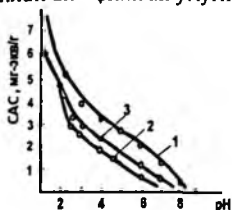
Олинган анион алмашинувчини ҳоссалари тадқиқи.
 Синтез қилинган анионитда ион алмашинишининг алоҳида қонуниялари ўрганилган бўлиб, улар синтез қилинган анионитни физик кимёвий характеристикаси учун асос бўлиб хизмат қила олади. Ионитларни физик кимёвий тадқиқи ионитларнинг баъзи хоссаларини модефикация қилиш йўлларини аниқлаш имконини беради. Олинган анионит ҳоссаларини саноат анионитларидан АН-31, АН-2Ф ва фурфурол, полиэтиленполиамин асосида олинган ФАН анионити хоссалари билан солиштирилди. Шунингдек, структурасида треазин ҳалқаси бор бўлган АН-1 саноат анионитидан фойдаланилган.

Ионларни физик-кимёвий хоссаларини аниқловчи асосий кўрсаткичлардан бири алмашиниш сиғими бўлиб, уни одатда саноат эритмалари таркибида бўлган минерал кислоталарнинг 0,1 N эритмаларидан аниқланади. 3.16-жадвалда турли усуллар билан олинган анионитни алмашиниш сиғими келтирилган.

Олинган анионитни алмашиниш сиғими

Анионит	Анионитнинг функционал гуруҳлари	Алмашиниш сиғими, мг-экв/г			pK _{кон}
		Назари й	Статик	№% буйича ҳисоблаб топилган	
	-NH ₂ -NH ₃ -N=	5.3	5.5	5.3	8.3

3.16-жадвалдан кўриниб турибдики, анионитни турли усуллар билан аниқланган умумий сиғими деярли бир хил.



3.13-расм.
Анионитлари алмашиниш хусусиятларини муҳит рНга боғлиқлиги.
1 - АН-31; 2 - ФАН;
3 - синтез қилинган анионит.

Ишда шунингдек, потенциометрик титрлаш усулидан фойдаланиб, олинган анионитнинг алмашиниш сиғимини муҳит рНга ва ионоген гуруҳларни боғлиқлиги ўрганилган (3.13-расм).

3.13-расм эгрлари таҳлили шуни кўрсатадики барча синовлар давомида анионитлари титрлаш эгрларини ўзгариш характери бир текис камаяди, бу уларни кучсиз асосли анионитлар гуруҳига таълуқли эканини аниқлайди. Олинган анионитлар ва бошланғич моддаларда функционал гуруҳларни борлиги ИҚ-спектрлари олиш билан тасдиқланган. Олинган анионитнинг спектрида, шунингдек, 650-900 см⁻¹ ютилиш соҳаларида =NH ва -NH₂ гуруҳлари тебранишлари билан боғлиқ ютилиш спектрлари кузатилади, лекин ушбу чизик интенсивлиги анчагина камайган. Олинган анионит спектридаги 840 см⁻¹ соҳадаги ютилиш чизиклари дифениламин (ДФА)

халқасидаги пара ўрин алмашинишга тўғри келади. Фурфуролдаги корбанил гуруҳсига тўғри келувчи 1670-1695 см⁻¹ соҳадаги ютилиш чизикларининг йўқлиги шуни кўрсатадики, фурфурол, меламин ва ДФА билан альдегид гуруҳси ҳисобига таъсир этади.

Синтез қилинган анион алмашувчиларни термик барқарорлигини ўрганиш. Ионалмашинувчи полимерлар саноат шароитларида кўпчиликка термик таъсирга учрайдилар. Деярли барча анионитлар кўп ёки кам даражада термик таъсирга чидамсизлар. Биз томондан синтез қилинган анионит, АН-1 ва ФАН поликонденсацион анионитларни термик барқарорлигини ўрганилган. Синалаётган анионитларни термик барқарорлигини 100°С сувда ва ҳавода диференциал термик таҳлилдан фойдаланиб ўрганилди. Анионитни термик барқарорлигини алмашиниш сифими, оғирлиги, солнштирма сифими бўйича тавсифладик (3.17-жадвал).

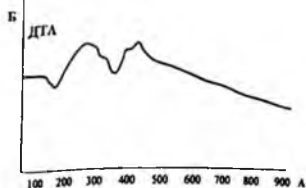
3.17-жадвал

Анионитларга термик ишлов берилгандан сўнг сувли ажратмаларни тадқиқи

Анионитлар	Вақт давомида термик ишлов берилгандан сўнг сувли ажратмалар					
	24 соат			48 соат		
	Сувли ажратма рН	Сувли ажратма таркибидаги аминогуруҳлар миқдори, мг-экв/г	Оғир-лиқини йўқолиши, %	Сувли ажратма рН	Сувли ажратма таркибидаги аминогуруҳлар миқдори мг-экв/г	Оғирлиқини йўқолиши, %
Синтез қилинган анионит	7.2	0.0	-	7.35	0.2	2,85
АН-1	8.95	1.2	4.5	9.50	1.6	7.0

Олинган маълумотлар шуни кўрсатадики синтез қилинган анионитлар АН-1 анионити билан солиштирилганда етарли юқори термик барқарорликка эгадир. Анионитларни ҳавода

термик барқарорлигини дифференциал термик таҳлил усули билан термик барқарорлигини ўрганиш 3,14-расмда келтирилган.

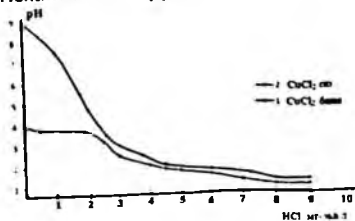


3.14-расм.
Дифференциал
термик таҳлил
усули. (ДТТ)

Текширилаётган анионитни термограммасида 2 та эффект кузатилади, 100-200°C ва иккинчиси – 280-450°C да соҳаларида. Биринчи эндоефектни анионитни сувсизланишига таъллуқли дейиш мумкин. Анионитни функционал гуруҳларини ажралиши 280°C да бошланади. Анионитнинг каркаси температура таъсирига жуда чидамли. Анионитни 800°Cда 50 минут давомида қиздирилганда оғирлигининг йўқотилиши 40-50% га етади. Бунда полимернинг ташқи кўриниши ўзгармайди.

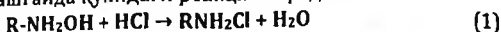
Олинган анионитларда баъзи металллар ионларини сорбциясини ўрганиш. Олинган анионитларни мис, никель, кобальт, рух, сульфат, кадмий хлорид эритмаларидан катионларни сорбциясини тадқиқи статик шароитларда олиб борилди. Олинган анионитни ионоген гуруҳлари ҳолати ва анион алмашиниш сиғими ҳақида маълумот олиш учун, анион алмашиниш сиғимига комплекс ҳосил қилишнинг таъсиридан фойдаланилди. Объект сифатида олинган анионитда мис ионларини сорбциясидан фойдаланилди. Потенциометрик титрлаш эгрлари мис ионларисиз ва мис ионлари иштирокида олинди. 3.15-расмда ОН-шаклдаги анионитни мис ионларисиз (биринчи эгри) ва мис ионлари иштирокида (иккинчи эгри) потенциометрик титрлаш эгрлари келтирилган. Ушбу эгрларни солиштирилганда шу аниқландики, комплекс ҳосил қилиниши анионитнинг тўлиқ алмашиниш сиғимига таъсир этмайди (титрлаш эгрларнда эгилиш нуқталарини жойлашган ўрни ўзгармайди) бундан анионитда комплекс ҳосил қилувчи мис ионлари бор ва йўқ бўлган вақтда борадиган реакциялар

механизмини кўриб чиқиб изоҳлаш мумкин.

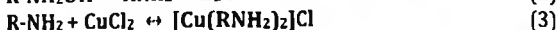


3.15-расм. Анионитни
потенциометрик титрлаш
эгрилари

ОН-шаклдаги анионитни NaCl ва HCl эритмалари билан контактлашганда қуйидаги реакция боради:



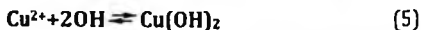
NaCl ва HCl эритмалари билан бир қаторда мис ионлари бор бўлган эритмалар билан контактлашганда қўшимча комплекс ҳосил бўлади ва у биринчи реакциядан сўнг қуйидагича боради:



Кислоталар таъсирида бу комплекс қуйидаги реакцияга биноан парчаланеди:



H-N боғ Cu-N боғдан мустаҳкамроқ бўлгани учун анионитни кислота бўйича сиғими ўзгармайди. Чунки у ва бу ҳолатда ҳам битта амина гуруҳга битта Н-ион тўғри келади. Буни исботи шуки биринчи ва иккинчи ҳолатда алмашилиш сиғими бир хилдир. Шунини таъкидлаш керакки, тажриба шароитларида комплекс ҳосил бўлиши билан бирга чўкма ҳосил бўлувчи реакция ҳам боради:



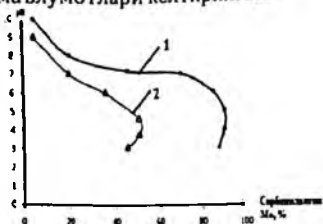
Бу эритмани нордонлашиши билан тасдиқланади: бу ҳолатда мувозанатдаги эритмалар рН фақат ион алмашилишига нисбатан анча пастдир. Бунда қуйидаги қонуният кузатилади: қанча кўп чўкма ҳосил бўлса, мувозанатдаги эритмалар рН қиймати шунча паст бўлади. Бу ҳолатда, чўкма ҳосил бўлганда, қанча кўп чўкма ҳосил бўлса, потенциометрик титрлаш эгриси пасаяди, комплексларни ҳосил бўлиши эса потенциометрик титрлаш эгриси характерида кўринмайди. Потенциометрик эгрининг

бошланғич боришига рН қиймати хал қилувчи таъсирни кўрсатади, қанча кўп чўкма ажралса, тиртлаш эгриси шунча паст бўлади. Шунини таъкидлаш керакки, металл ионлари билан комплекс бирикма, хусусан мис билан, чўкма тушишига қараганда мувозанатдаги эритмаларнинг анча паст рН қийматида ҳосил бўлади. Олинган анионит томоидан мисни максимал ютилиши мувозанатдаги эритмалар $pH=3,5-4$ га тенг бўлганда бўлади. Кейинги мувозанатдаги эритмалар рН ортиб борганда, чўкма миқдори ортади, мисни сорбцияси комплекс ҳосил қилиниши ҳисобига бир мунча камаяди, бу шу билан боғлиқки, ҳосил бўлаётган чўкма мис ионларини анионитнинг ионоген гуруҳларига диффузияланишига тўсқинлик қилиб анионит доналарига мустақкам ёпишиб олади.

Синтез қилинган анионит билан молибден ионлари сорбциясини тадқиқи. Ион-алмашинувчиларда сорбцияланган саиоат амалиётида камбағал хом ашёни қайта ишлашда олинган турли эритмалардан молибденни ажратиб олиш, ҳамда турли сувлардан молибденни ажратиб олиш учун кенг қўлланилади. Шу борада етарли даражада юқори асосли кўрсаткичига ва молибден ҳамда вольфрамга нисбатан танлаш хоссасига эга бўлган янги импорт ўринини босувчи мавжуд қулай сорбентларни тадқиқи катта қизиқиш касб этади. Шунинг учун синтез қилинган анионитларни молибден гидрометаллургиясида қўлланиш имкониятларини аниқлаш мақсадида молибден ионларини синтез қилинган анионитда сорбциясини турли факторларга боғлиқлигини ўрганиш қизиқиш касб этади. Хом-ашё сифатида таркибида триазин халқаси бўлган меламина қўлланилиши, адабиётдаги маълумотларга биноан, анионитда молибден ионларини танланиб ютилишига ёрдам беради. Синтез қилинган анионитда молибденни сорбцияси бўйича олинган натижаларни саиоат эритмаларидан молибденни ажратиб олиш учун тавсия қилинган АН-2Ф саиоат анионити ва ФАН анионити маълумотлари билан солиштирилган. Тадқиқот объекти сифатида концентрацияси $C_{\text{талк}}=1$ г/л бўлган аммоний молибдат эритмасидан фойдаланилган. Анионитлар OH^- , SO_4^- , Cl^- шаклларда қўлланилган.

Олинган маълумотлар шунини кўрсатадики, молибден анионит

хлор шаклда бўлганда тоза аммоний молибдат эритмасида яхшироқ сорбцияланади. Рақобат қилувчи сульфат ионлари (48 г/л SO_4^{2-}) мавжуд бўлганда синтез қилинган анионит молибден ионига нисбатан кўпроқ танланувчанликка эга бўлиб, сорбцион хоссалари ўзгармайди - 292-256 мг/г ва рақобат қилувчи ионларни борлиги атиги 10-12% га камайди. Молибденни сорбциясига рН ва рақобат қилувчи ионлар концентрациясининг таъсири ўрганилган. Тадқиқот натижалари 3.16-расмда келтирилган бўлиб, солиштириш учун АН-2Ф анионити маълумотлари келтирилган.



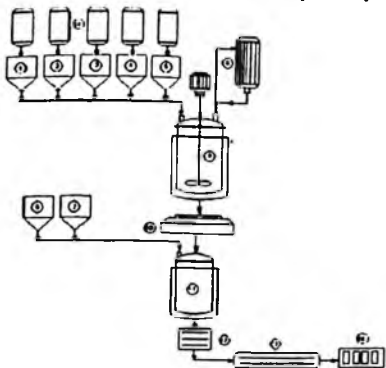
3.16-расм. Эритма рН ни молибден сорбциясига таъсири (г/л).

1. Синтез қилинган анионит;
2. АН-2Ф анионити.

3.16-расмда эгрлар таҳлили шуни кўрсатадики, молибденнинг максимал сорбцияси рН=3,2-5,0 оралиғида кузатилади. Синтез қилинган анионитни Cl^- ва SO_4^{2-} шаклларда молибденнинг сорбцияси бўйича маълумотларни солиштиришга биноан Cl^- шаклда бўлганда хлор ва сульфат ионлари орасидаги анион алмашилиши ҳисобига молибденнинг сорбцияси бир мунча сусаяди. SO_4^{2-} шаклда эса бу ҳодиса кузатилмайди. Шундай қилиб, шуни таъкидлаш керакки синтез қилинган анионит ўзининг сорбцион хоссалари ҳисобига молибден гидрометаллургиясида уни ажратиш олиш мақсадида қўлланиши мумкин.

Анионитни олиш технологик жараёни изоҳи. Меламин ва фурфуролни ДФА иштирокида поликонденсация йўли билан лаборатория тадқиқотлари бизга уни олиш технологик схемасини олиш имкониятини берди (3.17-расм). Меламин, фурфурол ва ДФА асосида анионит олиш даврий жараёни қуйидаги босқичлардан ташкил топган: ҳом-ашёни тайёрлаш ва юклаш, меламин ва фурфуролни ДФА иштирокида

поликонденсациялаш, ионитни чиқариш, уни қуритиш ва анионитни гранулалаш. Бошланғич хом-ашё 9-реакторга берилишидан аввал технологик талабларга мос эканлиги текширилади. Меламин, фурфурол ва ДФА омбордан 1,2,3,4,5 ўлчагичларга берилиб у ердан маълум миқдорда 8-совутгич ва реакцион массани иситиш учун сувли ғилоф ҳамда аралаштириш учун аралаштиргич билан жиҳозланган 9-реакторга узатилади.



3.17-расм. Анионит олиш технологик схемаси.

1,2,3,4,5-хом-ашё учун ўлчагичлар; 6-дисстирланган сув учун ўлчагич; 7-NaOH эритмаси учун ўлчагич; 8-совутгич; 9-реактор; 10-қуритгич;

11-гранулятор; 12- элак; 13-тасмали транспортер; 14-тайёр маҳсулот омбори; 15-хом-ашё учун омбор.

Реакцион масса температураси 100-120°C атрофида ушлаб турилади. Бу температурада поликонденсация жараёни давомийлиги 10-12 соатни ташкил қилади. 4-6.5 соат вақт ўтгач, ҳар 20 дақиқа оралиғида маҳсулотни тайёрлигини кўрсатувчи, гель ҳосил бўлиши бошланишини аниқлаш учун намуна олинади. Тайёр ион- алмашувчи массасини патнисларга қўйилади ва 10-қуритгичда 110-130°C да қуритилади. Қотирилган полимер массаси 11-грануляторга берилиб, $d_d=0.25-1.5$ мм гача майдаланади. Майдаланган анионит 13-тасмали транспортерга

берилади ва 14-тайёр маҳсулот омборига юборилади.

а) Олинган анионитни оқава сувлар ва саноат сувларини тозалаш жараёнларида лаборатория - ишлаб чиқариш ва саноат тажриба синовлари. 2018 йилнинг 25 мартдан 4 апрелгача "Ўзсувтаъминоат" АЖ пилот созламасида янги ионалмашувчилар: сульфурланган антрацен-фурфуролли полимер асосида олинган сульфокатионит ва меламина, фурфурол, дифениламин асосида олинган кучсиз асосли анионитни тажриба-саноат синовлари ўтказилди. Синовларни олиб бориш учун оқава сувни механик, биологик ва кимё-бактереологик тозалашдан сўнг ўрта намунаси олинди. Корхонада оқава сувни тозалангандан сўнг маълумотлари 4-жадвалда келтирилган. Оқава сувларни ионлар ва сульфат, фосфат, хлорид-анионларидан тажриба саноат синовларини анионит қатлами орқали ўтказиш йўли билан олиб борилди. Бунда ионлардан тозалаш содир бўлади (3.18-жадвал).

3.18-жадвал

Сульфокатионит ва анионит билан "Ўзсувтаъминоат" АЖ шаҳар ташлама сувларини тозалашни тажриба-саноат синовлари натижалари

Ифлослик турлари номи	Ўлч. бирл.	"Сувсоз" ДУК сувларини тозалашни фактик самарадорлиги, %	Сульфокатионит билан контактлашганда и кейинги ташлама сувларни тозалаш фоизи	Анионит билан контактлашгандан кейинги ташлама сувларни тозалаш фоизи
рН		7.58	2.4	2.4
Нефть маҳсулотлари	мг-экв/л	78	83	88
Хром		71	81	84
Мис		70	82	92
Рух		75	81	90
Фосфатлар		82	-	95
Сульфатлар		72	-	87
Хлоридлар		72	-	93

3.18-жадвал маълумотларига биноан синаётган сульфокатионит ва анионитдан "Ўзсувтаъминоат" АЖ оқава сувларини тозалаш жараёнида фойдаланилганда сувнинг

тозалаш даражаси чегаравий мумкин бўлган ташламалар (ЧМТ) нормаларига етади. Таклиф этилаётган сульфокатионит ва анионитни “Ўзсувтаъминоат” АЖ шаҳар оқава сувларини тозалаш ва юмшатишда қўллашдан кутилаётган иқтисодий самарадорликни тахминий ҳисоби йилига 106 млн. сўмни ташкил қилади. Шундай қилиб, ТошКТИ да ташлама сувларни тозалаш учун, ишлаб чиқилган ионитларни қўллаш учун олиб борилган тажриба саноат синовлари ЧМТ нормаларига етказди. Синалган ионитлар шаҳар ташлама сувларини оғир металл ионлари ва турли анионлардан самарали тозалаш жараёнларига тавсия этилган.

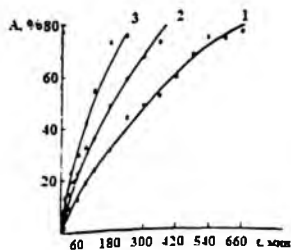
б) Олинган анионитларни “Олмалиқ тоғ-металлургия комбинати” АЖ да саноат молибденли эритмаларини рангли металллар ионларидан ион алмашиниб тозалаш бўйича тажриба саноат синовлари.

2017 йил 10 сентябрдан 22 сентябргача молибден ярим маҳсулотини ишлаб чиқарувчи гидрометаллургик цехда янги полимерли ионитлар: антрацен ва фурфурол асосида олинган фосфорли нодон катионити ва меламина, фурфурол, дифениламин асосида олинган анионит лаборатория синовлари олиб борилди. Тетрамолибдат аммоний (ТМА) саноат эритмалари таркибида ҳалақит берувчи мис, никель, кобальт ионлари бўлиб уларни йўқотиш зарур. Мис, никель, кобальт ионларини ажратиш синовларини ўтказиш учун, техник молибден кислотаси билан ишқорсизлантирилгандан сўнг таркибида 95,6 г/л – молибден, 0,82 г/л – никель, 0,62 г/л – мис, 0,52 г/л – кобальт мавжуд бўлган аммоний молибдатни ўртача намунаси ажратиб олинган. Кўрсатилган аммоний молибдат саноат эритмаси фосфорли нодон катионит қатлами орқали ўтказилди. Синов натижаларига биноан фосфорли нодон катионит аммоний молибдат эритмасини мис ионларидан 55-60% никельдан 40-35%, кобальтдан 65-60% тозалайди. Саноат эритмаларини катионит қатлаидан 3 мартаба ўтказилганда мис, никель, кобальт ионларидан тозалаш даражаси ЧММ қийматларигача етади. Сўнг бошланғич эритмани қайта ишлаш жараёнида вольфрамли ва молибденли бирикмаларни ишлаб чиқарилгандан сўнг ушбу эритмадан молибден ва вольфрам

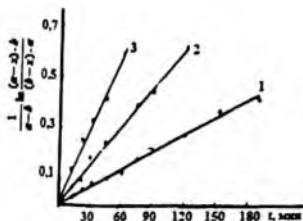
ажратиб олинади. Молибденни ажратиб олиш учун таркибида молибден бўлган саноат зритмаси анионит қатлаמידан ўтказилди. Бунда молибден OH^- ва Cl^- шаклларида етарли даражада яхши сорбцияланиши аниқланди, лекин у сульфат шаклда анча самарали сорбцияланади. Олинган тажриба саноат синовлари натижалари шуни кўрсатдики, синалаётган фосфорли нордон катионит ва кучсиз асосли анионит мис, никель, кобальт ионларига нисбатан юқори сорбцион хоссаларга эгадирлар ва улар анча тоза молибден зритмаларини олишга ёрдам берадилар ҳамда шу муносабат билан бу ионитлар келгусида ТМА саноат зритмаларини рангли металл ионларидан тозалаш жараёнларида ва молибдени сорбциялаш жараёнига фойдаланиш учун тавсия этилган.

3.3. Антрацен ва фурфурол асосида катионитлар олиш

Паст молекуляр мономерлар ва полимерларда кўш боғлар қанча кўп бўлса, уларнинг термо-кимёвий ва радиацион барқарорлиги юқори бўлишига асосланиб бизнинг тадқиқотларимиз мономер сифатида таркибида кўп миқдорда кўш боғлари бўлган антрацен ва фурфуролдан фойдаланиб термо-кимёвий барқарор ионитларни яратишга қаратилган. Антраценни фурфурол билан поликонденсациялашда концентрацияни ўзгаришини реакцияга киришмаган фурфурол миқдори бўйича аниқланди. Антраценни фурфурол билан поликонденсация реакцияси бензолли муҳитда олиб борилди. Антрацен спиртда, циклогександа, ацетон ва бензолда эрийди. У бензолда энг яхши эрийди. Поликонденсация реакциясини 50, 60, 70°C температураларда олиб борилди. Фурфуролни антраценга молли нисбати 1:1,25. 3.18-расмда турли температураларда полимерни ўзгариш даражасини реакция давомийлигига боғлиқлиги келтирилган.



3.18-расм. Турли температураларда: 1-50°C; 2-60°C; 3-70°C фурфуролни антрацен билан поликонденсациясини тугалланиш даражасини (A) реакция давомийлигига боғлиқлиги

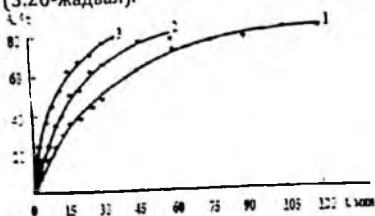


3.19-расм. Турли температураларда: 1-50°C; 2-60°C; 3-70°C фурфуролни антрацен билан поликонденсация реакцияси жараёнида реакцияга киришувчи моддалар концентрацияси логарифминини ўзгариши

Бу натижалар асосида турли температураларда реакцияга киришувчи моддалар тўлиқлигини ўзгаришинин вақт бўйича логарифмик боғлиқлиги аниқланди, буни ҳисоблаш учун 40% юқори бўлмаган ўзгариш даражасига мос келувчи натижалар қабул қилинган (3.19-расм). $\frac{1}{a-b} \ln \frac{(a-x)b}{(b-x)a}$ - т боғлиқликки чизиқли

характерга эга эканлиги шундан дарак берадики, поликонденсация реакцияси иккинчи тартибли кинетик тенглама билан изоҳланади. Реакция температурасини поликонденсация реакцияси давомийлигига, алмашииниш сифими катталигига таъсири ўрганилган. Реакция олиб бориш учун оптимал температура деб 70°C қабул қилинди, поликонденсация реакцияси нисъатан узоқ бўлмаган вақтда олиб борилиб, олинган катионит анча юқори алмашииниш сифими ва механик мустаҳкамлиги билан фарқланади. Поликонденсация жараёнига фурфуролни антраценга нисбатини таъсирини аниқлаш мақсадида реакцияни 70°C температурада антраценни фурфуролга қуйидаги молли нисбатларда 1:1,75; 1:1,5; 1:1,25

олиб борилди. 3-расмда антраценни фурфуролга турли нисбатларида полимерга ўзгариш даражасини реакция давомийлигига боғлиқлиги келтирилган бўлиб, бунда фурфурол миқдоринининг ортиши поликонденсация реакциясини тезлашишига олиб келишини кўриш мумкин. Бошланғич моддалар нисбатини поликонденсация жараёнига таъсирини ўрганиш шуни кўрсатадики, антраценни фурфурол билан ўзаро таъсири реакциясини охирига бориш даражаси ортиб борган сари реакция тезлиги константасини камайиши билан боради (3.20-жадвал).



3.20-расм. Антраценни фурфуролга 1-1:25; 2-1:1,5; 3-1:1,175 моль нисбатларида фурфуролини антрацен билан поликонденсация реакциясини тугаланиш даражасини (A) реакция давомийлигига боғлиқлиги

3.20-жадвал
Бошланғич моддаларнинг турли нисбатларида антраценни фурфурол билан ўзаро таъсирланиш реакцияси тезлик константаси қиймати

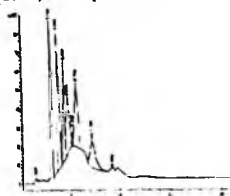
Реакция давомийлиги, мин	Антрацен : фурфурол нисбати		
	1:1,25	1:1,5	1:1,75
	$K \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$	$K \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$	$K \cdot 10^3 \text{ мин}^{-1}$
3	2,97	3,74	5,80
6	2,76	3,45	4,89
9	2,71	2,80	4,42
15	2,62	2,66	3,73
20	2,60	2,97	3,61
30	1,37	2,55	2,84

Тезлик константаси катталигини камайиши, назаримизда, фурфурол билан таъсирланиш жараёнида антрацен миқдори камайган сари реакция тезлигини камайиши билан боғлиқдир.

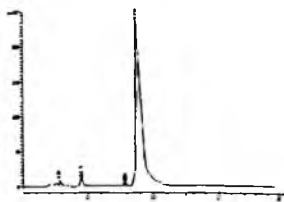
Бошланғич моддаларнинг турли нисбатларида олинган катион-алмашинувчи полимерларнинг асосий физик-кимёвий ва механик хоссалари ўрганилган. Фурфурол миқдорини камайиши катионит алмашиниш сиғими ва букувчанлигини ортишига, фурфуролни ортиши эса кўндалаиғ боғлар сонини ортишига олиб келади, бунинг натижасида букувчанлик камайади ва алмашиниш сиғими ортади. Тадқиқот натижаларидан келиб чиқиб яхши хоссаларга эга бўлган катионит антраценни фурфуролга 1:1,25 моль нисбатларида ҳосил бўлиши аниқланган. Шундай қилиб, антраценни фурфурол билан поликонденсация реакциясини $t=70^{\circ}\text{C}$ да бензол муҳитида антраценни фурфуролга 1:1,5 моль нисбадида олиб берилди. Антрацен ва фурфуролни поликонденсацияси жараёни ўрганилганда эритувчи сифатида бензолдан фойдаланилди, чунки антрацен унда анча яхши эрийди. Поликонденсация реакциясини олиб борилганда катализатор сифатида ZnCl_2 , AlCl_3 , ва 45% сульфат кислотаси эритмаси қўлланилганда олинди. Шундай қилиб, антраценни фурфурол билан поликонденсацияси жараёнига, ҳамда олинган сульфокатионитнинг хоссаларига реакция температураси, бошланғич моддалар нисбатлари таъсири тадқиқ қилиниши натижасида антрацен-фурфуролли полимер олиш оптимал шароитлари аниқланган. Шунини таъкидлаш керакки, полимер олишда биз томондан республикамиз шароитларида қийин топиладиган, яъни бизга Россиядан келтириладиган, анча қиммат завод маркали антрацендан фойдаланилган. Шунинг учун, бизнинг тадқиқотларимиз маҳаллий мавжуд ва етарли даражада арзон хом ашёдан антрацен олишга қаратилган.

Маълумки, антраценни антраценли яшил ёғ деб аталувчи тош кўмир смоласининг $270-340^{\circ}\text{C}$ интервалда қайновчи фракцияларидан фойдаланиб олинади. Бу ёғни кристаллизация қилиб таркибида 15-30% тоза антрацен бўлган хом антрацен олинади. Юқорида келтирилган адабиётлар маълумотларига асосланиб ЎзР ФА Ўсимлик моддалар кимёси институти "Органик синтез" лабораторияси базасида "Шарғун кўмир" АЖ "Антрацит" маркали кўмир ишлаб чиқариш тош кўмир смоласи чиқиндиларидан антрацен олиш усулини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Бунинг учун ўлчаб олинган ушбу

смолани чанг холатигача майдаланди. Олинган кукунга бензол қуйилди, яхшилаб аралаштирилди, 250°C гача иситилди ва тиндириш учун қолдирилди. Сўнг, бензол эритмасини кукун-чўкмадан ажратилди, уни ювилди ва спирт қуйилди ва икки соат давомида қайнатилди, бундан сўнг чўкма филтрлаб олинди. Филтратнинг спиртли эритмасига дистилланган сув қўшилди, бунда спирт концентрацияси камайди. Сув қўшилганда оқ чўкма тушади, буни биз антрацен деб ўйлаймиз. Олинган кристаллик бирикмани антрацен эканлигини аниқлаш учун масс-спектроскопия ва ИҚ-спектроскопия усулларидан фойдаланилди (3.21, 3.22-расмлар).



3.21-расм. Олинган антраценнинг масс- спектри

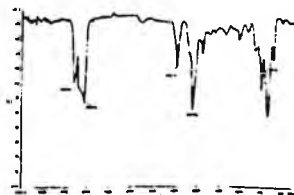


3.22-расм. Заводда олинган антраценнинг масс-спектри

Заводда олинган ва биз томондан олинган антрацен структурасининг масс-спектроскопик тадқиқоти шуни кўрсатадиларки, мавжуд заводда олинган антрацен 4758А° да интенсив ютилиш чизиқлари тизимига эгадир, бу адабиётдаги маълумотларга мос келади. Биз томондан олинган антрацен масс-спектрида 3901-4834А° соҳаларида интенсив ютилш чизиқлари бор, бу заводда олинган антрацен структурасига мос келади. Бундан ташқари биз томондан олинган антрацен масс-спектрида антрацен-аценафтен изомерлари, карбозол, фенантренга мос келувчи сезиларсиз чизиқлар бор. Жуда майда ютилиш чизиқлари оз миқдорда оғир углеводородлар борлигидан далолат беради (3.23, 3.24-расмлар).



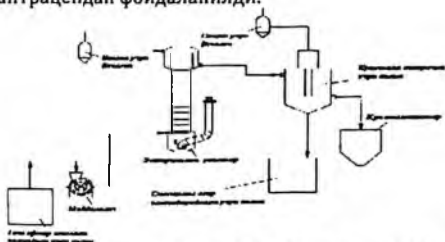
3.23-расм. Заводда олинган антрацен ИҚ-спектри



3.24-расм. Олинган антрацен ИҚ-спектри

Олинган маълумотлар заводда олинган ва биз томондан олинган антраценни ИҚ-спектроскопик тадқиқотлар билан тасдиқланади. 1628 см^{-1} ; 2879 см^{-1} ; 1700 см^{-1} , 1720 см^{-1} , 1750 см^{-1} , 1433 см^{-1} соҳалария ютилиш чизиклари ароматик цикллар ва бензол ҳалқасининг -C=C- боғлари борлигини билдиради. Деярли худди шундай кўриниш олинган антрацен спектрнда кузатилади, фақат баъзи спектр чизиклари озгина аралашгандир.

Кейинчалик, антрацен сифатида таркибида тоза антрацен миқдори 40-45% бўлган тош кўмирли смоладан биз томондан олинган антрацендан фойдаланилди.



3.25-расм. "Шарғун-кўмир" АЖ тошкўмирли смола чиқиндисидан антрацен олишнинг таклиф этилаётган схемаси

3.20-жадвалда заводда олинган антрацен ва биз томондан олинган антрацен асосдаги полимерни сульфурлаш йўли билан олинган сульфокатионитларнинг хоссалари келтирилган.

Олинган сульфокатионитларнинг асосий хоссалари

Кўрсаткичлар	Қўлланилгандаги натижалар	
	Заводда олинган антрацен	Олинган антрацен
Сочилувчан оғирлик, г/мл	0,68	0,65
Сувда бўккан катионитнинг солиштирма ҳажми, мл/г	3,8-4,0	3,8-3,9
01 N эритмалар бўйича статик алмашишиш сифими, мг-эқв/г:		
NaOH	3,2-3,6	3,4-3,5
NaCl	1,68-1,8	1,65-1,7
CaCl ₂ Н-шакл	2,2-2,4	2,1-2,4
Na-шакл	3,0-3,2	3,1-3,2
MgCl ₂ Н-шакл	2,0-2,3	2,0-2,2
Na-шакл	3,3-3,6	3,2-3,5
CuSO ₄ Н-шакл	1,4-1,6	1,2-1,5
Na-шакл	3,2-3,6	3,1-3,3
Ni(NO ₃) ₂ Н-шакл	1,6-1,8	1,7-1,6
Na-шакл	1,9-2,2	1,9-2,3
CoCl ₂ Н-шакл	1,0-1,2	0,9-1,3
Na-шакл	4,0-4,2	3,9-4,0
Механик мустаҳкамлик, %	98-99	99-99,8

Антрацен-фурфуролли полимер структурасига ионоген гуруҳларни киритиш. Ион-алмашинувчи полимерлар олишнинг кенг тарқалган усулларида бири полимераналогик ўзгартириш усули билан полимерлар структурасига ионоген гуруҳларни киритиш ҳисобланади. Олинган антрацен-фурфуролли полимерни сульфурлаш ва фосфориллаш жараёни шароитларини юқори молекуляр полимерларни сульфурлаш ва фосфориллаш реакцияларини қўллаган ҳолда танланди. Кимёвий ўзгартириш жараёни самарадорлиги ионитни тинилиш даражаси, сульфурловчи ёки фосфорилловчи агент табиати ва миқдори, температура ва реакция давомийлигига боғлиқдир.

Антрацен-фурфуrolли полимерни сульфирлаш. Сульфирловчи агент таъсири остида иссиқлик ажралиб чиқиши ва бўқиши натижасида полимер доналари ичида кучли таранглик юзага келади, бу полимер доналарини ёрилишига олиб келади. Буни олдини олиш ва киетик ва механик хоссаларини яхшилаш учун сульфирлашдан аввал полимерни турли эритувчилар – диметил формаид (ДМФА), сульфат кислотаси, дихлорэтан, бензолда бўқиш учун қолдирилади. Яхши натижаларга концентрланган сульфат кислотаси қўлқнилганда эришилди, бунда 0,1 NaOH эритмаси бўйича статик алмашиш сиғими (САС) қиймати 3,6 мг/л ии ташкил қилди, шу сабабли у полимерни бўқиши учун оптимал муҳит деб танлаб олинган. Сульфирловчи агент сифатида эркин SO₃ концентрацияси 20% бўлган олеум, хлорсульфон кислотаси, H₂SO₄ моногидрати қўллаилган. Сульфирловчи агент сифатида энг кўп қабул қилинадиган H₂SO₄ моногидратидир.

Сульфирлаш жараёнида бошланғич моддалар нисбатларини олинган сульфокатионит хоссаларига таъсири. Фурфуrol концентрациясини антрацен-фурфуrolли полимерни сульфирлаш жараёнига таъсирини ўрганиш мақсадида полимерни сульфирлашни фурфуrol молларини антрацен молларига қуйидаги нисбатларида олиб борилди: 2:1, 1,75:1, 1,5:1 (3.22-жадвал).

3.22-жадвал

Бошланғич моддаларнинг турли концентрацияларида сульфирлашга боғлиқ равишда сульфокатионит хоссалари

Фурфуrolни антраценга моль нисбати	2:1	1,75:1	1,5:1
Сочилувчан оғирлик г/мл	0,65	0,61	0,58
Сувда бўккан катионит солиштирма хажми, мл/г	2,8-2,6	3,2-3,1	3,5-3,8
0,1 N эритма бўйича САС: мг-экв/г:			
NaOH	2,6-2,8	2,8-3,0	3,4-3,5
NaCl	1,0-1,2	1,4-1,2	1,65-1,8
CaCl ₂	1,8-1,6	1,8-2,0	2,4-3,0
MeSO ₄	1,6-1,4	1,6-1,8	2,2-2,8

Жадвалдаги маълумотларга биноан олинган сульфокатионитнинг сувда бўккан катионит алмашиниш сиғими

ва солиштирма ҳажми антрацен -фурфуролли полимер структурасида фурфурол миқдорини камайиши билан ортиб боради. Олинган полимер структурасида фурфурол концентрациясини ортиши полимерни тикилишини оширади, бунинг натижасида ионларни дифузияси ва бўкувчанлигини камайтириш учун стехиометрик тўсиқларни пайдо бўлиши натижасида катионит ғовақларини тақсимланиши ёмонлашади. Турли факторларни антрацен-фурфуролли полимерни сульфурлаш жараёнига таъсири ўрганиш тадқиқотлари асосида сульфурлаш жараёнининг оптимал шароитлари аниқланди: фурфуролни антраценга моль нисбати 1,5:1,0 сульфурлаш давомийлиги 6 соат, реакция температураси 60-65°C, сульфурловчи восита H_2SO_4 моногидрати. Антрацен-фурфуролли полимерни сульфурлаб олинган сульфокатионит хоссалари 3.20-жадвалда келтирилган.

Антрацен-фурфуролли полимерни фосфориллаш. Синтез қилинган полимерни фосфориллаш реакциясини олиб боришни қулай усулини қилдириб, реакцияни уч хлорли фосфор муҳитида алюминий хлорид иштирокида 60°C, 70°C, 80°C да олиб борилди. Фосфориллаш жараёни тезлигини ўзгаишини ўрганиш ўзгариш даражасини вақт ва температурага боғлиқлиги аниқланган. Кинетик эгрлари киритилган фосфор миқдори ва охири маҳсулотининг натрий ишқори эритмаси бўйича статик алмашилиш сифими бўйича аниқланган. Кинетик эгрлар аниқланган, уларни ҳисоблаш учун маълум бўлган реакция тезлигини вақтга боғлиқлиги плёнкали ва гелли кинетика учун қўлланилган (F - вақт бўйича фосфориллаш реакциясини ўзгариши). Олинган кинетик эгрларни таҳлил қилинганда шу аниқландики, кимёвий реакцияга хос бўлган кинетик соҳа $F=0,3-0,5$ да кузатилади. Фосфориллаш реакция тезликларни константаларини ўзгаришини температурага боғлиқлиги $F=0,3-0,5$ участкада; $t=60$ минутда Аррениус тенгламасига мос келади.

Шундай қилиб, синтез қилинган полимерни фосфориллаш реакциясини бошланғич даврида ($t=60$ минут, $F \leq 0,5$) кимёвий реакция босқичи билан лимитланади. Сўнг, $F > 0,5$ ва $t > 60$ минутда ўзгариш даражасини ортиши билан фосфориллаш реакциясини тезлиги ортади. Полимер донасини ичига уч хлорли

фосфорни кирини билан характерланувчи ички диффузион таъсир ортади. Таъриба маълумотлари 3.23-жадвалда келтирилган.

3.23-жадвал

Антрацен-фурфуrolли полимерни ўзгариш реакциясининг турли даражаларидаги кинетик параметрлари кийматлари

Харорат, °C	K·10 ⁻³ сек ⁻¹ даги кимевий реакция тезлик, K	D·10 ⁴ см ² /сек F>0.5	F=0.3-0.5	F>0.5
			E акт. ким. реак. Kджоуль	E акт. диф. моль
60	0,597	0,34	37,12	48,04
70	0,735	0,43		
80	0,869	1,285		

Олинган таъриба натижалари асосида шундай хулоса қилиш мумкинки, антрацен – фурфуrolли полимерни фосфориллаш реакцияси етарли юкори даражада ўзгариш билан боради, фосфориллаш жараёни тезлигини кинетик кимевий реакциянинг бошланғич босқичида аниқланади. Фосфориллаш даражасини полимердаги фосфорнинг миқдори ва AlCl₃ нинг моль олинган донага тўғри келадиган моль концентрациясига боғлиқлиги ўрганилган, олинган полимердаги фосфорнинг энг кўп проценти P=16,0%, PCl₃ даги букувчанлиги – 180%. Шундай қилиб, антрацен-фурфуrolли полимерни фосфориллаш реакцияси учун оптимал шароитлар қабул қилинган: фосфориллаш реакцияси вақти τ=7,0-7,5 соат, фосфориллаш реакцияси температураси 70-75°C, антрацен ва фурфуrolни моль нисбати 1:1,5. Оптимал шароитларда олинган фосфорли нордон катионитнинг хоссалари 3.23-жадвалда келтирилди.

3.24-жадвал

Олинган фосфорли нордон катионит хоссалари

Асосий кўрсаткичлар	Бирлиги	Кўрсаткичлар киймати
Намлик	%	251
Сочилувчан огирлик	г/мл	0.68
H-шаклдаги сувда буққан катионитнинг солиштирма ҳажми	мл/г	2.8-3.0
0,1 N бўйича статик алмашиниш сизими, мг-экв/г		
NaOH	-	6.5-7.0
NaCl	-	1.2-1.1

MgCl ₂	-	2,6-2,4
CaCl ₂	-	2,2-2,3
CuSO ₄	-	1,3-1,4
NiSO ₄	-	1,8-1,6
UO ₂ (CH ₃ COO) ₂	мг/г	180-200

Сульфокатионитнинг физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш. Олинган сульфокатионитнинг алмашиниш сиғимини O'zDSt га мос равишда ҳам нейтрал ҳам ишқорий муҳитлардан ионитларни натрийни ютиши бўйича аниқланди. 3.24-жадвалда олинган сульфокатионитнинг алмашиниш сиғими қийматлари келтирилган. Олинган ионитларнинг функционаллигини, диссоциация даражасини аниқлаш ва уларнинг ионоген гуруҳларининг туюлган диссоциация константасини ҳисоблаш учун ионитларнинг потенциометрик титрлаш эгрилари олинган. Потенциометрик эгрилар бўйича эквивалент титрлаш нуқтаси учун ҳисоблаб топилган алмашиниш сиғим, статик ва назарий алмашиниш сиғимлари, ҳамда ионитдаги олтингугурт миқдори бўйича ҳисоблаб топилган алмашиниш сиғимлари қийматлари 3.24-жадвалда келтирилган.

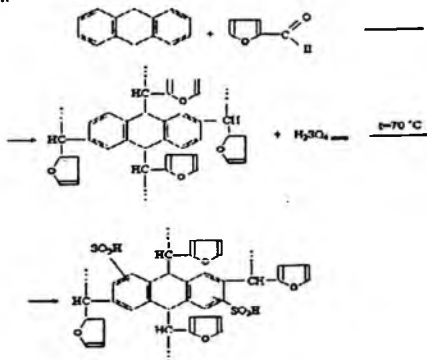
3.25-жадвал

Олинган сульфокатионит хоссалари

Ионит	Функционал гуруҳлари	Алмашиниш сиғими, мг-экв/г				Туюлган диссоциация константалари		
		назарий		статик		S% буйича ҳисоб	pK ₁	pK ₂
		0,1 N эритма бўйича						
		NaOH	NaCl	NaOH	NaCl			
Сульфокатионит	COOH, SO ₃ H	3,6	1,68-1,8	3,54	1,75	3,54	2,4-2,8	7,4-8,1

3.25-жадвалга биноан титрлаш эгриларидан ҳисоблаб топилган ҳамда фосфорнинг процент миқдори бўйича ҳисоблаб топилган алмашиниш сиғими қийматлари амалда статик алмашиниш сиғими (CAC) қийматидан кам фарқланади. Функционал гуруҳларнинг борлиги олинган ионитнинг ИҚ-спектрларини аниқлаш билан тасдиқланади. Катионит спектрининг 1200-1600 см⁻¹ ютилиш соҳасидаги ютилиш

чизиқлари - SO_3H - гуруҳларга тўғри келади. $3200\text{-}3500\text{ см}^{-1}$, $2600\text{-}2500\text{ см}^{-1}$ соҳаларидаги ютилиш чизиқлари - COOH гуруҳси валентли тебранишларига мос келади. $560, 690, 632, 700\text{ см}^{-1}$ соҳаларидаги ютилиш чизиқлари фуран цикларини борлигига тўғри келади. $800, 810, 1030\text{ см}^{-1}$ соҳаларидаги ютилиш чизиқлари 1,2,3,4-алмашинган ароматик халқага $1700, 1530, 1480\text{ см}^{-1}$ соҳасидаги ютилиш чизиқлари пара -алмашинган ароматик халқага мос келади. $1160, 1628, 2819\text{ см}^{-1}$ соҳадаги валентли тебранишлар антроценнинг С-кар-Н гуруҳларга мос келади. $1030\text{-}1004\text{ см}^{-1}$ соҳасидаги ютилиш чизиқлари фуран халқасининг - $\text{CH}=\text{CH}$ - гуруҳси тебранишлари ҳисобигадир. Шундай қилиб, физик-кимёвий таҳлил усулларидан: потенциометрик титрлаш, ИҚ-спектроскопия усулларини қўллаб қилинган кимёвий таҳлил натижаларидан келиб чиқиб олинган полимер ва сульфокатионитнинг қутилган структураси аниқланди.



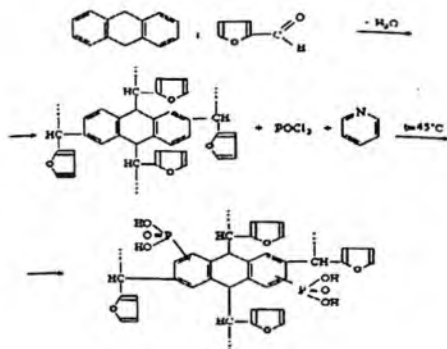
Олинган фосфорли нордон катионитнинг структураси ва хоссаларни тадқиқ қилиш. Маълум ионитлар ичида, таркибида фосфор бўлган ионитлар, физик - кимёвий нуқтаи назардан алоҳида ўринни эгаллайдилар. Бу ионитлар бир қатор қимматли хоссалардан юқори танланувчанлик, термо барқарорлик, механик мустаҳкамлик ва бошқаларга эгадирлар. Кўрсатилган хоссалар бу ионитларни халқ хўжалиги ва

саноатнинг турли соҳаларида қўлланиши истиқболлини аниқлайдилар. Олинган катионитнинг натрий ионлари бўйича статик алмашилиш сифими NaOH ва NaCl нинг 0,1N эритмасидан аниқланди.

3.26-жадвал
Олинган фосфорли нордон катионитнинг алмашилиш сифими катталиги қиймати

Катионитнинг ионоген гуруҳи	Алмашилиш сифими, мг-экв/г								
	Р микдори, мг/г	Титрлаш эритмаси бўйича	Полимердаги фосфор микдори буюн ҳисобланган	NaOH нинг 0,1N эритмаси бўйича Н-шакл	NaCl нинг 0,1N эритмаси бўйича Н-шакл	CaCl ₂ 0,1N, Na-шакл	MgSO ₄ 0,1N Са-шакл	pK ₁	pK ₂
$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{R}-\text{P} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	16	8.1	7.85	7.5-7.8	1.2-1.4	3.8	3.2	3.5-3.8	7.5-7.8

3.25-жадвал маълумотларига биноан титрлаш эгриларидан аниқланган, полимер структурасидаги фосфорнинг физик микдори бўйича ҳисоблаб топилган алмашилиш сифими катталиклари NaOH нинг 0,1N эритмасига биноан статик алмашилиш сифимидан деярли фарқланмайди. Олинган фосфорли нордон катионит структурасида ионоген гуруҳлар борлигини ИҚ-спектроскопия тадқиқот усули билан аниқланди. Фосфорли нордон катионит спектрида 750 см⁻¹ соҳада P(OH)₂ гуруҳдаги углерод-фосфор (P-C) боғга мос келуви ютилиш чизиқлари бор, оксидланган катионитнинг 1300-1250 см⁻¹ соҳадаги ютилиш чизиқлари P=O боғга мос келади. 2560 см⁻¹ соҳасидаги ютилиш чизиқлари R-P-O(OH)₂ гуруҳси боғларига мос келади. Шундай қилиб, физик-кимёвий таҳлил усулларидан: потенциометрик титрлаш, ИҚ-спектроскопия усулларин қўллаб қилинган кимёвий таҳлил натижаларидан келиб чиқиб олинган полимер ва унинг асосида фосфорли нордон катионитнинг кутилмаган структураси аниқланди.



Синтез қилинган ионитлар термик барқарорлигини тадқиқ қилиш. Олинган ионитлар термобарқарорлигини ҳавода, сувда, кислота ва ишқорлар сувли эритмаларида ҳамда дифференциал-термик таҳлил усули билан тадқиқ қилинди. Термик барқарорлиқни катионитнинг алмашиниш сиғими, бўкувчанлиги, оғирлигини йўқотишини ўзгариши бўйича характерланди. Ионитни сувда термобарқарорлиги. Синтез қилинган катионитларнинг водород формадагисини 100°C да сувда термоишлов берилганда алмашиниш сиғимини ўзгариши 3.27-жадвалда келтирилган. 3.27-жадвал маълумотларига биноан олинган сульфокатионитнинг алмашиниш сиғими сувдаиситилгандан сўнг камаяди. Бу термик десульфирлаш ва дефосфориллаш жараёни билан боғлиқ бўлиб, у гидролиз жараёнини ифодалайди, бунинг натижасида PO_4^{3-} ва SO_4^{2-} ионлари сув фазасига ўтадилар. Синтез қилинган сульфокатионитҳни сувда 30 соат давомида термоишлов беринг натижалари 8-жадвалда келтирилган, у ерда солиштириш учун фурфурол асосидаги сульфокатионит саноат катионити КУ-1 нинг термобарқарорлиги ҳақида келтирилган.

**Катионитларнинг сувдаги термобарқарорлиги
(иситиш температураси 100°C, иситиш вақти 100 соат)**

Катионит тури	0,1 N эритма буйича ишлов беришдан аввалги САС, мг-экв/г		Йуқо- тишлар САС, %	Бўккан катионитнинг солиштирма ҳажми, мг/г	
	NaOH	NaCl		аввал	кейин
			Термоишлов бериш		
Олинган сульфокатионит	3,6	1,65	6,8	3,8	3,8
Сульфокислотали (сульфокислота ва фурфуролнинг β-нафталини)	3,3	2,1	6	3,65	6,5
КУ-1 (фенол- сульфокислота ва формальдегид)	4,2	2,1	14	3,5	3

3.27-жадвал маълумотлари синтез қилинган сульфокатионитни юқори лабиллигидан далолат беради.

Синтез қилинган фосфорли нордон катионитнинг 100°C, 150°C, да термобарқарорлигини ўрганиш натижалари 9-жадвалда келтирилган, бу ерда адабиётдан олинган поликонденсацион РФ форсфорли нордон ва порлимеризацион турдаги СФ катионити хоссалари солиштириш учун келтирилган.

3.28-жадвал

Фосфорли нордон катионитни сувдаги термик барқарорлиги

Катионит- лар	Кўрсаткичлар	Ўлчов бирли ги	Термоиш- лов беришдан аввал	Термоишлов бергандан сўнг			
				100°C		150°C	
				10 соат	24 соат	48 соат	48 соат
Олдинган фосфорли нордон катионит	NaOH нинг 0,1 N эритмаси буйича статик алмашиниш сиғими	мг- экв/г	3,6	3,6	3,6	3,45	3,42
	Сочилувчан огирлиги	г/мл	0,68	0,68	0,68	0,68	0,55
	Солиштирма ҳажми	мл/г	3,5	3,5	3,5	3,5	3,2

РФ (фенол, резорцин ва формальдегид)	NaOH нинг 0,1 N эритмаси бўйича статик алмашиниш сифими	мг-эқв/г	4,45	-	-	1,98	0,89
СФ (полистирол фосфорли нордон)	NaOH нинг 0,1 N эритмаси бўйича статик алмашиниш сифими	мг-эқв/г	6,45	-	-	6,45	6,26

3.27-жадвал маълумотларига биноан олинган фосфорли нордон катионитнинг хоссаларни 100°C да 10, 24, 48 соат термоишлов берилгандан сўнг деярли ўзгармади. 150°C да 48 соат давомида термоишлов берилганда алмашиниш сифимининг қийматини сезиларсиз ўзгариши кузатилди, бунда худди шундай шароитларда термоишлов берилгандан сўнг РФ катионити алмашиниш сифими қиймати деярли 65-85% га, СФ да 8% га камаяди. тажриба тадқиқотлари асосида шу келиб чиқадики, олинган фосфорли нордон катионити термогидролизга чидамлилиги бўйича поликонденсацион РФ катионитидан устундир ва СФ полистирол-фосфорли нордон катионити термобарқарорлигига яқинлашади. Олинган сульфо- ва фосфорли нордон катионитларнинг ҳаводаги термик барқарорлигини термогравиметрик таҳлил усули билан тадқиқ қилинди. Иситиш эгрлари иккита эндометрик чўққилар билан характерланади. Сульфокатионит учун 120-130°C да ва фосфорли нордон катионит учун 100-140°C да кузатиладиган биринчи эндотермик эффект ионити сувсизланишига таалуқлидир. Катионитларнинг функционал гуруҳларини ажралиб чиқиши 280°C дан 350°C гача температураларда бошланади, унга иккинчи эндотермик чўққи тўғри келади. Катионитлар каркаси температура таъсирига чидамлидир. Олинган фосфорли нордон катионитида баъзи металллар ионлари сорбциясини ўрганиш. Олинган таркибида фосфор бўлган катионитнинг сорбцион қобилиятини 0,1 N CaCl₂, MgCl₂ эритмаларидан кальций ва магний ионларига нисбатан ва 0,1 N CuSO₄, NiSO₄, CoSO₄ эритмаларидан мис кобальт ва никель ионларига нисбатан, 0,1 N UO₂(CH₃COO)₂ эритмаларидан уранил ионига нисбатан аниқланди.

Катионитдан Н- ва Na-шаклларда фойдаланилди. Тадқиқот натижалари 3.29-жадвалда келтирилган.

3.29-жадвал

Олинган фосфорли нордон катионитда мелалл ионларини сорбцияси

0,1N эритма	Н-шакл		Na-шакл		
	pH эритма	Сорбцияланган. мг-экв/г	pH эритма	Тақсимланиш K_p мл/г	Сорбцияланган, мг-экв/г
MgCl ₂	9.0-9.2	3.4-3.6	9.0-9.2	84	3.6-3.8
CaCl ₂	6.5	3.2-3.4	9.0-9.5	120	3.6-3.8
CuSO ₄	2.8	3.25	4.5-4.8	66	3.3-3.4
CuSO ₄	11	3.0-3.15	11	133	3.4-3.61
NiSO ₄	7.6	1.8-1.9	3.8	84	2.2-2.4
NiSO ₄	10	2.2-2.31	10	140	2.8-2.75
CoSO ₄	6.2	1.2-1.35	2.8	-	2.38-2.30
CoSO ₄	-	-	10	136	3.2-3.1
UO ₂ (CH ₃ COO) ₂	4.5	2.48	4.5	240	2.6-2.55
UO ₂ (CH ₃ COO) ₂	-	-	9.6	740	3.6-3.78

3.28-жадвал маълумотлари катионитнинг сорбцион хоссасига катионлар табиатини таъсир этишини билдиради. Тадқиқ қилинаётган катионларни катионитда турли хил сорбцияланиши аниқланган. Тадқиқ қилинаётган катионитларнинг сорбциясига катионитнинг ионли шакли таъсирини ўрғапниш шуни кўрсатдики, Na-формада ионит водород-шаклига нисбатан кўпроқ сорбцион қобилиятига эга экан (3.29-жадвал), бу адабиёт маълумотлари билан тўғри келади. Олинган тажриба маълумотларидан тақсимланиш коэффиценти Олиб борилган тадқиқотлар асосида шуни таъкидлаш керакки, олинган фосфорли нордон катионити мис, никель ва уранил ионига нисбатан етарли даражада яхши сорбцион хоссаси кўрсаткичларига эгадир.

Олинган фосфорли нордон катионит баъзи корхоналар ишлаб чиқариш эритмаларини тозалаш ва юмшатиш жараёнларида фойдаланилган. Объект сифатида 2 та ишлаб чиқариш намунасидан фойдаланилди: "Ўзметкомбинат" АЖ кислородли-компрессор цехи (ККЦ) ёпиқ айланма цикли

сувининг ўрта намунаси ва иккинчи намуна – “Махам-Чирчиқ” АЖ корхонасида конверсион газни мисли-аммиакли усул билан тозалашда ҳосил бўлган оқова сув. “Ўзметкомбинат” АЖ ёпиқ айланма цикли сувларини юмшатиш ва кальций ва магний ионларидан тозалашни икки босқичли ион алмаштиниш усули билан олиб борилди, босқичма босқич айланма сувни аввал сульфокатионит қатламидан, сўнг текширилатган фосфорли нордон катионит қатламидан ўтказилди. Бунда бир вақтда сувни Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ ионларидан тозалаш ва сувни 6 мг экв/л дан 0,64 мг экв/л гача юмшатиш амалга оширилди (3.29-жадвал).

3.30-жадвалга биноан “Ўзметкомбинат” АЖ ККЦ ацланма сувни тозалаш ва юмшатиш жараёнида сульфо- ва фосфорли нордон катионитларини қўлланилганда сувни тозалаш даражаси ЧММ нормасига етади. Синов натижалари 3.30-жадвалда келтирилган.

3.30-жадвал

“Ўзметкомбинат” АЖ ККЦ айланма сувни КСАФ ва фосфорли нордон сульфокатионити билан тозалаш синовлари натижалари

Ифлослак турлари номи	Ўлчов бирлиги	Кислородли-компрессор цехи ёпиқ айланма цикл H_2O таркиби	Сульфокатионит билан контактдан сўнг (I босқич)	Фосфорли нордон катионит билан контактдан сўнг (II босқич)
Сувнинг қаттиқлиги	мг-экв/л	4,9	2,1	0,7
Кальций	мг-экв/л	3,2	1,3	0,45
Магний	мг-экв/л	2,2	0,8	0,25
Умумий ишқорлик	мг-экв/л	7,8	5,0	2,1
Умумий тузлилиқ	мг/л	1200	560	320
pH	-	8,6	7,5	7,0
Температура	°C	20	20	20

3.32-жадвал

Мисли оқова сувлардан мис ионларини фосфорли нордон катионит билан сорбциялаш натижалари
(Сисх $\text{Cu}^{2+} = 90 \text{ мг/л}$)

Кўрсаткич номи	Ўлчов бирл	Катионитнинг ионли шакли	
		Н-шакл	Na-шакл
Доналар диаметри	мм	0,5	0,5
Сувда буюкхан ионитнинг солиштирма ҳажми	мл/г	6,3	6,8
Сочилувчан оғирлиги	г/мл	0,16	0,30
Намлиги	%	18	20
Проксоккача динамик сифим	моль/л	230	263
Тўлик динамик сифим	моль/л	780	830

3.32-жадвал маълумотларига бинолан синалаётган фосфорли нордон катионит “Махам-Chirchiq” АЖ корхонаси ишлаб чиқариш сувларидан мис ионларини етарли даражада яхши ютади.

Олинган нон-алмашинувчи полимерларини “Олмалиқ ТМК” АЖ да ишлаб чиқариш молибденли эритмаларини рангли металл ионларидан сорбцион тозалаш бўйича тажриба саноат синовлари. “Олмалиқ ТМК” АЖ молибден ярим маҳсулоти ишлаб чиқариш бўйича гидрометаллургия цехида янги полдимер ионити фосфорли нордон катионити лаборатория синовларидан ўтказилди. ТМА ишлаб чиқариш эритмасининг таркибида халақит берувчи мис, никель, кобальт ионлари бўлиб, уларни ажратиб олиш зарур. Мис, никел, кобальт ионларини ажратиб олиш синовларини олиб бориш учун таркибида молибден 95,6 г/л, никель-0,82 г/л, мис-0,62 г/л, кобальт-0,52 г/л бор бўлган техник молибден кислотасини ишқорсизлантиргандан сўнг аммоний молибдатнинг ўрта намунаси ажратиб олинган. Кўрсатилган аммоний молибдат ишлаб чиқариш эритмасини фосфорли нордон қатламидан ўтказилди. Мис, никел ва кобальтни сорбцияси натижалари 3.32-жадвалда келтирилган.

Аммоний молибдат ишлаб чиқариш эритмаларидан катионит билан мис, никель, кобальт ионлари сорбцияси

Метал ионлари	H-шакл		Na-шакл	
	Эритма рН	Сорбцияланган мг-экв/г	Эритма рН	Сорбцияланган мг-экв/г
мис	6,5-5,0	2,4-2,2	6,5-5,1	3,2-3,4
никель	6,2-6,5	1,9-1,8	6,2-6,5	2,8-2,85
кобальт	6,0-6,5	1,6-1,8	6,2-6,5	3,8-4,0

Синов натижалари шуни кўрсатдики, фосфорли нордон катионит аммоний молибдат эритмасини мис ионларидан 55-60 % га, никельдан 35-40%га, кобальтдан 60-65%га тозалар экан. Ишлаб чиқариш эритмасини уч маротаба катионит қатламидан ўтказилганда мис, никель, кобальт ионларидан тозалаш даражаси ЧММ нормаси қийматига етади. Тажриба-саноат синовидан олинган натижалар шуни кўрсатдики, текширилган фосфорли нордон катионити келажакда мис, никель, кобальт ионларига юқори сорбцион қобилиятга эга, шу сабабли бу ионитни ТМА ишлаб чиқариш эритмаларини рангли металллардан тозалаш ва молибдени сорбциялаш жараёнларида қўлланиши тавсия этилган.

Олинган ион-алмашувчи полимерларни "Ўзсувтаъминот" АЖнинг Тошкент Салар аэрация станциясида шаҳар оқова сувларини тозалаш бўйича тажриба ишлаб чиқариш синовлари. "Ўзсувтаъминот" АЖ пилот ускунасида қўйидаги ион-алмашувчилар: сульфурлаш асосида олинган сульфокатионитни ва меламина, фурфурол ва дифениламин асосида олинган кучсиз асосли анионитни тажриба-ишлаб чиқариш синовлари олиб борилди. Антрацен-фурфуролли полимерни оқова сувларни оғир металллар хром, мис, рух ва бошқа ионлар, ҳамда сульфат, фосфат, хлорид анионларидан тозалаш бўйича тажриба-ишлаб чиқариш синовларини аввал сульфокатионит қатламидан, сўнг анионит қатламидан ўтказиш йўли билан олиб борилди, бунда бир вақтда юқорида кўрсатилган металл ионлари ва анионлари тозалаш ва сувни 7,58 дан 2,4 мг-экв/г гача юмшатиш амалга оширилади

(3.33-жадвал).

3.33-жадвалга биноан "Ўзсувтаъминот" АЖ оқова сувларини тозалаш жараёнида синалаётган сульфокатионит ва анионитни қўлланилганда сувни тозалаш даражаси ЧМТ (ПДС) нормасига етади. Таклиф этилаётган сульфокатионит ва анионитни "Ўзсувтаъминот" АЖ шаҳар оқова сувларини тозалаш ва юмшатишда қўллашдан кутилаётган иқтисодий самарадорлик йилига 106 млн.сўмни ташкил этади.

3.34-жадвал

Сульфокатионит ва анионит билан "Сувсоз"ДУК "Ўзсувтаъминот" АЖ шаҳар ташлама сувларини тозалашнинг тажриба-ишлаб чиқариш синовлари натижалари

Ифлосликлар турлари номи	Сувларини тозалашнинг фактик самарадорлиги, %	Сульфокатионит билан контактдан кейинги ташлама сувларни тозалаш проценти	Анионит билан контактдан кейинги ташлама сувларни тозалаш проценти
рН мг-экв/л	7.58	2.4	2.4
Нефтмаҳсулотлари	78	83	88
Хром	71	81	84
Мис	70	82	92
Рух	75	81	90
Фосфатлар	82	-	95
Сульфатлар	72	-	87
Хлоридлар	72	-	93

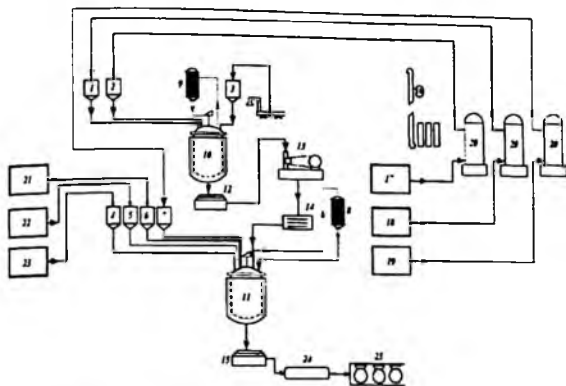
Катионитни олиш технологик схемаси изоҳи. Олиб борилган лаборатория тадқиқотлари ва олинган катионитнинг эксплуатацион хоссаларини ўрганиш бизга уларни олиш учун схемани ишлаб чиқиш имконини берди (3.25-расм).

Антрацен-фурфуролли полимер ва унинг тасосида сульфокатионит ва фосфорли нордон катионит олишнинг даврий жараёни қуйидаги босқичлардан иборат: ҳом ашёни тайёрлаш ва юклаш, антраценни фурфурол билан поликонденсациялаш, оқизиш, қукритиш ва олинган полимерни гранулалаш.

17-18 омбордан антрацен, фурфурол 1,2 ўлчагичга берилади

у ердан 10 реакторга узатилади. Сульфат кислота катализатори оибордан 3 ўлчагичга берилади. Реакция масса температураси 70-80°C гача атрофида ушлаб туришади, поликонденсация жараёни давомийлиги 6 соатни ташкил қилади. Тайёр полимерни потнисларга берилади ва 12 қуритгичда 95-100°C қуритилади. Қотирилган полимер 13 грануляторга берилади, у ерда $d_3=0.5\text{мм}$ гача майдаланади.

Олинган полимерни сульфирлаш. Майдаланган 11 реакторга юкланади, унга 6 ўлчагичдан концентрланган сульфат кислотаси солинади, сўнг 3,4-4 соат давомида полимер бўлади, сўнг $t=70^\circ\text{C}$ да 6 соат давомида сульфирлаш жараёни олиб борилади. Бундан сўнг, сульфирланган полимерни сульфат кислотаси эритмасидан ажратилади, 5 ўлчагичдаги дистилланган сув билан нейтрал реакциягача ювилади. Сўнг катионит 11 реактордан Н-шаклда 15 филтрга берилади, ундан 24 тасмали транспортёрга берилади ва 25 тайёр маҳсулот омборига жўнатилади.



3.25-расм. Катионитлар олиш технологик схемаси.

1,2,3,4,5,6,7-ўлчагичлар; 8,9-совутгичлар; 10-полимер олиш учун реактор; 11-полимерни сульфирлаш (фосфориллаш) учун реактор; 12-қуритгич; 13-гранулятор; 14-элак; 15-филтър; 16-бункер; 17,18,19,22,23-бошлангич хом ашё учун оиборлар; 20-ҳайдашаппарати; 24-лентали транспортёр; 25-тайёр маҳсулот омбори.

Олинган полимерни фосфориллаш. Майдаланган полимер 11 реакторга юкланади, унга 7 ўлчагичдан уч хлорли фосфор берилади ва 3,5-4 соат давомида полимер бўкади, сўнг 6 ўлчагичдан алюминий хлорид берилади, 6 соат давомида $t=70^{\circ}\text{C}$ да фосфориллаш жараёни олиб борилади. Шундан сўнг, фосфорилланган полимер уч хлорли фосфор эритмасидан ажратиб олинади, 5 ўлчагичдаги дистилланган сув билан нейтрал реакциягача ювилади. Олинган полимернинг алмашиниш сифимини ошириш учун 11 реакторга оксидланади. Дистилланган сув билан ювилгандан сўнг катионитни 7 соат давомида 60°C да 4 ўлчагичдан 11 реакторга берилган концентрланган нитрат кислотаси билан контактлаштирилади. Сўнг катионитин секин аста спиртни концентрациясини камайтириб борган ҳолда намланган этил спирти билан ювилади ва ниҳоят нейтрал реакциягача дистилланган сув билан ювилади. Тайёр ионит Н-шаклда 11 реактордан 15 филтргача узатилади ва тайёр маҳсулот омборига жўнатилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Самсонов Г.В., Тростянская Е.Б., Елькин Г.Е. Ионный обмен. Сорбция органических веществ. Л.: Наука, 1969. - С.148-160.
2. Синявский В.Г. Селективные иониты. К.: Техника, 1967. - 168 с.
3. Chilamkurthi Sreekanth, Willemsen Jan-Hein, van der Wielen Luuk A.M., Poiesz Edwin, Ottens Marcel. High-throughput determination of adsorption equilibria for chromatographic oligosaccharide separations // J.Chromatogr.A – Netherland., 2012. – I.1239. – P.22-34.
4. Папкова М.В., Конькова Т.В., Михайличенко А.И. Извлечение редкоземельных элементов из фосфорной кислоты // Успехи в химии и химической технологии, 2013. - №7. – Т.27. – С.96-102.
5. Рычков В.Н., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М. Влияние процесса гидратации на сорбцию редкоземельных элементов сульфокатионитами // 2-Российская конференция с международным участием "Новые подходы в химической технологии минерального сырья. Применение экстракции и сорбции": тезисы докладов, Санкт-Петербург, 3-6 июня, 2013. - С.80-82.
6. Потапова Н. Умягчение воды с утилизацией сточных вод с целью сокращения объема стоков // Вода Mag., 2012. - №4. – С.30-34.
7. Бобылев А.Е., Марков В.Ф., Маскаева Л.И., Евтюхов С.А. Функциональные свойства композиционных сорбентов "катионит КУ-2×8—сульфид металла" // Бутлеровские сообщения, 2014. - №5. - Т.38. - С.89-95.
8. Дейнеко И.П., Симонова А.Н. Сорбционные свойства катионитов, полученных обработкой еловых опилок растворами серной кислоты // Химия растит. сырья, 2015.- №3.- С.35-42.
9. Алиева Г.А. Термическая стойкость ионообменных материалов на основе модифицированного полистирола // Изв.втузов Азербайджана, 2010. - №2. - С.22-25.
10. Дубкова Е.А., Натареев С.В., Никифорова Т.Е., Харченко И.С. Математическое описание процесса ионообменного извлечения тяжелых металлов на природном и синтетическом

сорбентах // Изв.вузов.Химия и хим.технол., 2013. - №11. - Т.56. - С.124-127.

11. Чернышов Д.А., Нестерова Т.Н., Наумкин П.В. Кинетика алкилирования фенола 1-ноненом на сульфокатионите Amberlyst 36 Drg в условиях действующего производства // Бутлеровские сообщения, 2012. - № 9. - С.119-125.

12. Гельферих Ф. Иониты. М.: ИЛ, 1962. - 492 с.

13. Салдадзе К.М., Пашков А.Б., Титов В.С. Ионообменные высокомолекулярные соединения. М.: Госхимиздат, 1960. - С.52-83.

14. Черных Г.П., Черных Е.А., Емельянов И.С.. Синтез и изучение хроматографических свойств сульфокатионитов. // Ж. прикл. химии, 1997. Т.70. Вып. 12. - С.1970-1974.

15. Солдатов В.С., Шункевич А.А., Марцинкевич В.В.. Сравнительные исследования процесса умягчения воды гранульными и волокнистыми ионитами. // Ж. прикл. химии, 2001. - Т.74. - № 9. - С.1477-1480.

16. Печенюк С.И., Кондакова А.А., Кашулина Т.Г. К вопросу о динамике ионного обмена катионов меди (II), никеля(II), и железа(III) // ЖПХ, 2002. - Т.75. - № 11. - С.1820-1822.

17. Емельянов И.С., Черных Г.П., Е.А.Черных. Синтез сульфокатионитов с взаимопроникающими полимерными сетками.// Ж. прикл. химии, 1998. - №11. - С.45-48.

18. Чаговец А.С., Сазонов А.Б., Богородская М.А. Селективность ионообменной сорбции цезия-137 из растворов соединений щелочных металлов// Успехи в химии и химической технологии, 2012. - №6. - Т.26. - С.100-104.

19. Чернова М.В., Шашнина Г.В., Пирогов А.В., Шпигун О.А. Ионохроматографическое определение констант ионного обмена некоторых неорганических катионов и аминов на сульфоацелированном катионообменнике.// Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 2. Химия. 2004. - Т.45. - №1. - С.27 - 30.

20. Пирогов А.В., Чернова М.В., Немцева Д.С., Шпигун О.А. Влияние сульфировющего реагента на методику синтеза и ионохроматографические свойства сульфированных стирол-дивинилбензолных сорбентов высокой степени сшивки.// Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 2. Химия. 2002. - Т.43. - №3. - С.172 - 177.

21. Soldatov V.S., Sosinovich Z.I., Korshunova T.A. Fast potentiometric titration of ionits// Doclady of of Academy of sciences of Belarus, 2001. - Т.45. - №2. - С.71-75.
22. Burkhard Köhler, Olaf Halle. Патент США № 6472479. Сульфированные гранулированные полимеры на основе стирола, винилпиридина и сшивающих агентов. 2002.
23. Schmid C.L. и др. Заявка на патент США №2002/0195392. Способ получения монодисперсного катионообменника гелевого типа. 2002.
24. Dimotsis G.L., Podszun W.K, Klipper R. Заявка на патент США № 2004/0006145. Процесс получения катионообменников гелевого типа. 2004.
25. Bachman R., Lotlar F., Seidel R. Патент США № 6384092. Способ получения сыпучих сильноокислотных катионообменников. 2002.
26. Патент РФ № 2543214 Способ комплексной переработки природных рассолов хлоридного кальциево-магниевого типа /Рябцев А.Д., Немков Н.М., Коцупало Н.П., Мамылова Е.В. 27.02.2015.
27. Патент РФ №2494812. Сильнокислый катионообменник, способ его производства и применение / Ванхорн Пьер, Ведемайер Ханс-Юрген. 10.10.2013
28. Deufel P., Schöl A. Патент Великобритании № GB1595169. Способ получения ионообменных гранулированных полимеров и их подготовка. 2005.
29. Paliugas M., Feord D, Frey J. Патент США № 6740684. Способ получения сильноокислотных катионитов. 2004.
30. Касиков А.Г., Арешина Н.С., Мальц И.Э., Зинкевич Т.Р., Михайленко М.А. Сорбционная очистка растворов медно-никелевого производства с использованием ионитов «Purolite» // Сорбционные и хроматографические процессы, 2011. - №5. - Т.11. - С.689-693.
31. Sakura Katsuhiko, Ueda Hingo, Takeuchi Haruki и др. Патент Японии №JP2000279825. Катионообменные смолы. 2000.
32. Паршина Н.Н., Стряпков А.В. Исследование процесса десорбции меди и цинка из катионита КУ-2×8// Вестник ОГУ, 2004, №1. - С. 97-100.

33. Кравчук Л.С., Лысенко Г.Н., Богушевич С.Е. и др. Влияние ионов хрома на деструкцию волокнистого сульфокатионита Фибан К-1 // Научно-технический журнал "Химические волокна", 2003. - №3. - С.52-55.

34. Bachman R.E., Feistel L.D. и др. Патент США №6228896. Способ получения сильноокислотных катионитов. 2001.

35. Егизаров Ю.Г., Потапова Л.Л., Радкевич В.З. и др. Новые каталитические системы на основе волокнистых ионитов // Химия в интересах устойчивого развития, 2001. - №3. - Т.9. - С.55-58.

36. Boena N. Kolarz, Piotr P. Wiczorek. Porosity variation and swelling of cation exchangers // Angewandte Makromolekulare Chemie, 2003. - V.96. - I.1. - P.201-214.

37. Шаталов В.В., Никонов В.И., Никитин И.В. и др. Способ регенерации сульфокатионита. / Патент РФ №2166364. 10.05.2001.

38. Chen Qun, Wang Ping, Yin Fang-hua, Chen Hai-gun. Получение и применение катализатора на основе макропористой сильноокислой катионообменной смолы С 102 // Shiyou huagong, 1999. - №12. - Т.28. - С.815-819.

39. Krylov E. A., Rabinovich I. B. Диаграммы физического состояния систем катионит-вода в зависимости от типа солевых форм // Int. Conf. "The Probl. Solvat. and Complex Format. Solut.", Ivanovo, June 29 - July 2, 1998. - С.394.

40. Климов В. И., Крючков В. В., Злобина А. С., Петрова Н. А., Бояркина Н. М. Непрерывный способ получения сульфокатионита. Патент РФ, 2000.

41. Widdecke H., Dettmer M., Reith W. Сильнокислая катионообменная смола, ее получение и применение. Патент Германии, 2000.

42. Petruzzelli D., Mascolo G., Barile G., Tiravanti G., Marton A. Изучение с целью идентификации высвобождающихся компонентов из ионообменников // React. and Funct. Polym. 1-2, 1997. - Т.35. - С.89-98.

43. Вочарников В. А., Сидоренкова Н. В., Андреев В. О., Сверщ И. Г., Лаптева В. А. Получение сульфокатионита из отработанного моторного масла // Реактив-2002, 2002. - С.164-165.

44. Сепарация нейтральных аминокислот на колонках с насадкой из силноокислых катионообменных смол на основе полистирола с низкой катионообменной емкостью// Gaodeng хуехiao hуахuи хuebao, 2001. - №12. - 1.22. - С.2100-2103.
45. Nomoto Shinya, Chiba Hiroshi. Разделение аминокислот ионообменной хроматографией // Kagaku to kyoiku, 2000. - №3. - Т.48. - С.196-197.
46. Панченко И. М., Панченко М. С., Мосиевич А. С., Панасюк А. Л., Полищук Н. В. Сорбционные и влагопереносные свойства ионитов в электрических // Электрон. обраб. матер, 2001. - №4. - С.36-43.
47. Podszun Wolfgang, Schnegg Ulrich, Klipper Reinhold, Schmid Claudia Получение гелеобразного катионообменника. Патент Германии, 2002.
48. Пимнева Л.А. Особенности совместной сорбции ионов иттрия, бария и меди в фазе фосфорнокислого катионита // Современ.пробл.науки и образ., 2015. - № 2. - Ч.2. - С.865.
49. Пимнева Л.А., Полещук И.Н. Исследование кинетики сорбции ионов иттрия, бария, меди на фосфорнокислом катионите КРФ-10П// Изв.вузов.Нефть и газ, 2013. - №6. - С.66-70.
50. Поконова Ю.В. Радиационно стойкие привитые сополимеры на основе нефтяного асфальтита // Химия тверд.топлива, 2014. - №1. - С.43
51. Пимнева Л.А. Селективное извлечение и концентрирование цинка и кадмия из сточных вод // Междунар.ж.прикл.и фундам.исслед., 2013. - № 10. - ч.1. - С.103-104
52. Кабулова Г.К., Никитина А.И., Бектенов Н.А., Ергожни Е.Е., Калиева Б.К. Новые сорбенты на основе лигноцеллюлозного сырья// Сборник трудов Международной молодежной научно-практической конференции "Альфред Нобель и достижения мировой науки и цивилизации за 110 лет", Казань, 2011. - С.115-116.
53. Щуревич О. А., Люблинер И. П. Получение и свойства фосфорнокислого катионита на основе отходов деревообработки//Весці АН Беларусі. Сер. хім. н., 1996. - №2. -

54. Константинов В. В., Гаврюченкова Л. П., Громова О. А., Коршунов М. А., Михлин В. С., Мелехов В. М., Суворцев М. А. Способ получения сорбентов. Пат. России, 1997.

55. Horwitz E. P., Alexandratos S. D., Gatrone R. C., Chiarizia R. Иониты на основе фосфоновой кислоты. // *Eur. Polym. J.*, 2000. - №1. - Т.40. - С.1215-1220.

56. Juo A., Matsufune S., Ono H., Egawa H. // Получение фосфорсодержащих ионитов на основе сополимеров глицидилметакрилата с дивинилбензолом и их использование для сорбции ионов металлов // *J. Appl. Polym. Sci.*, 1997. - №10. - Т.63. - С.1327-1333.

57. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Новые фосфорсодержащие иониты на основе аллилфосфониевых солей // *Пласт. массы*, 2000. - №6. - С.38-39.

58. Муталов Ш.А., Бердиева М.И., Пулатов Х.Л., Назирова Р.А. Полифункциональные катиониты поликонденсационного типа // *Kimyo va kimyo texnologiyasi*, 2012. - №1. - С.38-41.

59. Рахимова Л.С., Бердиева М.И., Нормирзаев Д., Назирова Р.А., Турсунов Т.Т., Самиков А.А. Фосфортутган поликонденсацион катионитлар // Сборник трудов XXXIII научно-технической конференции «Умидли кимёгарлар-2015», Ташкент, 2015. - С.88-90.

60. Rajindar Singh. Chapter 13 – Development of Hybrid Processes for High Purity Water Production. *Emerging Membrane Technology for Sustainable Water Treatment*, 2016, p. 327 – 357.

61. Herbert E. Klei, Donald W. Sundstrom, Chapter 13 – Ion exchange. *Wastewater Treatment*, 1981, p. 356 – 367.

62. I-Hsien Lee, Yu-Chung Kuan, Jia-Ming Chern, Equilibrium and kinetics of heavy metal ion exchange // *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers.* – 2007. vol. 38. - p. 71 – 84.

63. Erol Pehlivan, Turkan Altun, Ion-exchange of Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} and Ni^{2+} ions from aqueous solution by Lewatit CNP 80 // *Journal of Hazardous Materials.* – 2007. vol – 140. p. 299 – 307.

64. Bachman R.E., Feistel L.D. и др. Патент США №6228896. Способ получения сильнокислотных катионитов. 2001.

65. Vignoli Claudio Nogueira, Bañe Jackeline M.C.F., Marques

Monica R.C.Evaluation of ion exchange resins for removal and recuperation of ammonium-nitrogen generated by the evaporation of landfill leachate// Polym.Bull., 2015.- № 12.- P.3119-3134.

66. Натареев С.В., Быков А.А., Захаров Д.Е., Натареев О.С.Динамика сорбции и десорбции ионов меди в кольцевом слое катионита // Изв.вузов.Химия и хим.технол., 2015.- С.73-76.

67. Бобылев А.Е., Маскаева Л.Н., Чуфаров А.Ю., Марков В.Ф. Исследование состава и микроструктуры композиционного сорбента КУ-2×8-PbS методом растровой электронной микроскопии// Сборник научных статей. Химия и современность, Чуваш.гос.пед.ун-т, 2014. - с.9-11

68. Островка Я.В., Островка В.И., Мороз А.В., Попов Е.В. Извлечение анлина из сточных вод ионным обменом в динамических условиях // Хім.пром-сть Українн, 2014. - №5. - С.68-71.

69. Мамедова А.М. Использование катионитов разной кислотности на химобессоливающих установках ТЭС // Изв.вузов Азербайджана, 2012. - №4. - Т.14. - С.56-60.

70. Мальований А.М., Мальований М.С., Ятчишин Й.Й., Плаза Е., Сакалова Г.В. Контроль процесса концентрирования аммония из городских стоков с использованием сильнокислотного катионита// Вісн.Кременчуц. держ.ун-ту, 2012. - №4. - С.156-159.

71. Пимнева Л.А. Очистка сточных вод от токсичных тяжелых металлов // Соврем.наукоемк.технол., 2013. - №2. - с.99-101.

72. Kabay N., Demircioglu M., Yayli S., Gunay E., Yuksel M., Saglam M., Streat M. Выделение урана из фосфорнокислых растворов с использованием хелатных ионообменников//Ind. and Eng. Chem. Res., 1998. - №. - Т.37. - С.1983-1990

73. Yamabe Kazunori, Ihara Toshihiro, Juo Akinori. Селективность к ионам металлов хелатных катионитов, содержащих фосфониевые группировки, связанные с фенильными остатками матриц на основе сополимеров стирола и дивинилбензола // Separ. Sci. and Technol., 2001. - № 15. - Т.36. - С.3511-3528

74. Пимнева Л.А. Очистка природных и сточных вод от цветных металлов // Успехи современного естествознания, 2011. - №5. - С.99-100.

75. Соловьева Е.А., Натареев С.В., Никифорова Т.Е., Масевич П.В. Динамика ионообменной сорбции ионов меди в горизонтальном аппарате // 7 Всероссийская школа-конференция молодых ученых "Теоретическая и экспериментальная химия жидкофазных систем" (Крестовские чтения), Тезисы докладов, Иваново, 12-16 нояб., 2012. - С.137-138.

76. Xue S. S., Gula M. J., Harvey J. T., Horwitz E. P. Контроль за содержанием железа в электролите, содержащем медь, в присутствии монофосфоно-сульфонсодержащего сорбента // Miner. and Met. Process., 2001. - № 3. - Т.18. - С.133-137.

77. Турабжанов С.М., Пулатов Х.Л. Сорбционные свойства ионообменных смол поликонденсационного типа // Universum: Технические науки : электрон. Научн. Журн. 2016. №12(33), URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4092> (дата обращения: 06.01.2017).

78. Полянский Н.Г. Сб. Синтез и свойства ионообменных материалов», М.: Наука, 1968. - 431 с.

79. Муталов Ш.А., Турсунов Т., Назирова Р.А. Исследование сорбции ионов цветных металлов слабоосновными анионитами поликонденсационного типа // Композиционные материалы, 2003. - №2. - С.7-8.

80. Пулатов Х.Л., Турабжанов С.М. Синтез новых сульфокатионитов поликонденсационного типа // Kimyo va kimyo texnologiyasi, 2016. - №3. - С. 37-42.

81. Пулатов Х.Л., Турабжанов С.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Фосфорнокислые катиониты поликонденсационного типа // Современные материалы, техника и технологии, 2016. - №5. - С.153-159.

82. Турабжанов С.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Исследование возможности применения поликонденсационного сульфокатионита в процессах водоподготовки // Экологический вестник Узбекистана, №4, 2017. - С.20-24.

83. Туробжонов С.М., Пулатов Х.Л., Шарипова У.И., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Способ получения фосфорнокислого катионита. // Патент РУз № IAP 03886, 2009.

84. Пулатов Х.Л., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Фулфурол асосида янги катионитлар олиш ва уларни тадқиқ қилиш //

- Акад. А.Ганиевнинг 80-йиллигига бағишланган III-Республика илмий-амалий анжумани тезислари, Термиз, 2010. – С.274-275.
85. Гриссбах Р. «Теория и практика ионного обмена», М.: Изд. ИЛ. 1963. - С. 303 – 310.
86. Pulatov Kh.L. Synthesis and research of sorption properties of phosphoric cationite of polycondensation type // Science of Central Asia. №1, 2010. - P.76-79.
87. Пулатов Х.Л., Йигитов Ф.Б., Худайбердиев Б.Б., Турсунов Т.Т. Получение и исследование нового сульфокатионита // Республиканская научно-практическая конференции «Актуальные проблемы химии высокомолекулярных соединений», Бухара, 2010. -С.30-31.
88. Пешкова В.М., Громова М.И. Практическое руководство по спектрофотометрии и калориметрии. М.: МГУ, 1965. – 34 с.
89. Пулатов Х.Л. Исследование динамики ионного обмена катионов меди(II) и никеля(II) сульфокатионитом КУ-ФС// Сборник трудов XVIII научно-технической конференции “Умидли кимёгарлар-2009”. I том, Ташкент, 2009. – С.236-237.
90. Туробжонов С.М., Пулатов Х.Л., Турсунов Т.Т., Шарипова У.И., Назирова Р.А. Исследование сорбции и десорбции некоторых ионов фосфорнокислым катионитом // Композиционные материалы, 2010. - №2. – С.38-41.
91. Муталов Ш.А. Разработка эффективных методов очистки сточных вод на основе новых сорбентов и реагентов из местного сырья: Автореф. дисс. на соис. доктора химических наук, Ташкент, 2016. – 82 с.
92. К.М.Салдадзе, А.Б.Пашков, В.С.Титов. Ионообменные высокомолекулярные соединения. - М.: Химия: 1960. - 320 с.
93. Пулатов Х.Л., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Исмаилов К. Сульфокатиониты на основе стирольно-фурфурольного полимера// Kimyo va kimyo texnologiyasi. Спец.выпуск, Ташкент, 2005.- С.87-90.
94. Pulatov H.L., Tursunov T.T., Nazirova R.A., Sharipova U.I., Mutalov Sh.A. Obtaining and kinetic properties of sulfonic acid cation exchange resin based on furfural// Сборник тезисов III-Санкт-Петербургской конференции молодых ученых «Современные проблемы науки о полимерах», Санкт-Петербург, 2007. - С.183.

95. Пулатов Х.Л., Худайбердиев Б., Рахимова Л.С., Муталов Ш.А., Абдугалипова Н.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Поликонденсационные сульфокатиониты // Санкт-Петербургская конференция «Наука о полимерах». Санкт-Петербург, 2013.-С.231-233

96. Пулатов Х.Л., Йигитов Ф.Б., Турсунов Т.Т., Самиков А.А., Худайбердиев Б.Б., Юлдашев А.А. Фурфурол асосида олинган ион-алмашинувчи полимерларнинг асосий хоссаларини тадқиқ қилиш // Сборник трудов «Актуальные вопросы в области технических и социально-экономических наук», Ташкент, 2012. - С.232-233.

97. Туробжонов С.М., Шарипова У.И., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Исследование термостойкости поликонденсационных катионитов // Международная конференция по химической технологии посвященной 100-летию со дня рождения акад. Николая Михайловича Жаворонова: Тез. докл. - Москва, 2007. - Т.5. - С.167-170.

98. Пулатов Х.Л. Янги синтез қилинган сульфокатионитнинг термо-кимёвий барқарорлигини тадқиқ қилиш // «Баркамол авлод илм-фан тараққиёти таянчи» илмий-техникавий конференцияси материаллари, Тошкент, 2010. - С.54-55.

99. Пулатов Х.Л. Исследование механической прочности сульфо- и фосфорнокислых катионитов// Сборник трудов XIX научно-технической конференции "Умидли кимёгарлар-2010". Ташкент, 2010. - 181-182 б.

100. Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Юлдашев А.А., Самиков А.А. Применение ионообменных полимеров в процессах деминерализации вод // Материалы республиканской научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы развития коллоидной химии и нанохимии в Узбекистане» (к 100-летию со дня рождения акад. К.С.Ахмедова), Ташкент, 2014. - С.175-176.

101. Усманова А.Б., Пулатов Х.Л. Исследование возможности применения новых ионообменных полимеров в процессах водоподготовки // Сборник трудов XXIII научно-технической конференции «Умидли кимёгарлар-2014». Ташкент, 2013. - С.183-184.

102. Колонина И.П., Моксакова Р.П. Испытание новых сорбентов на способность поглощать никель, кобальт, медь из слабокислых и сульфатных и аммиачно-карбонатных растворов. // Ж. прикл. химии, 1977. - №11, С.2464-2467.

103. Пулатов Х.Л., Шарипова У.И., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Исследование сорбции некоторых ионов фосфорнокислым катионитом // Республиканская научно-практическая конференции «Актуальные проблемы химии высокомолекулярных соединений», Бухара, 2010. –С.30-31.

104. Пулатов Х.Л., Йигитов Ф.Б., Турсунов Т.Т. Оқова сувларни тозалаш ва қаттиқ сувларни юмшатишда ион алмашинувчи полимерларнинг ўрни // “Махаллий хом-ашё ва махсулотларни қайта ишлашинг замонавий технологиялари” Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами, Тошкент, 2009. – С.137-139.

105. Пулатов Х.Л., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Худойбердиев Б.Б. Ионообменные полимеры поликонденсационного типа в процессах деминерализации вод // Сборник трудов региональной Центрально-Азиатской международной конференции по химической технологии «ХТ'12». Москва, 2012. – С.454-456.

106. Муталов Ш.А., Пулатов Х.Л., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Матниязов С. Исследование возможности получения катионитов для очистки сточных вод на основе вторичных продуктов химических предприятий // Труды Республиканской научно-практической конференции “Вопросы повышения экологической культуры среди молодежи, Ташкент, 2014. – С. 58-60.

107. Пулатов Х.Л., Турсунов Т.Т., Шарипова У.И., Назирова Р.А. Сорбция ионов металлов фосфорнокислым катионитом // Kimyo va kimyo texnologiyasi, №3, 2008. -37-40 б.

108. Абдугалипова Н.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Пулатов Х.Л. Получение ионообменных полимеров на основе вторичных материальных ресурсов // Сборник тезисов VI-Санкт-Петербургской конференции молодых ученых «Современные проблемы науки о полимерах», Санкт-Петербург, 2010. – С.44.

109. Пулатов Х.Л., Турабжанов С.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Мухамедова Н.К., Орипова Д. Исследование сорбционной

способности фосфорнокислого катионита// *Universum: Технические науки: электрон. Научн. Журн.* 2018. № 3(48),

110. Pulatov Kh.L., Turabjanov S.M., Tursunov T.T., Nazirova R.A. Obtaining of phosphoric acid cation-exchange resins for wastewater treatment from heavy metal ions// *Proceedings of the International conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects.* – Navoi, 2017, 26-27 October. - P.365-369

111. Пулатов Х.Л., Турабжанов С.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А. Фосфорнокислые катиониты поликонденсационного типа// *Современные материалы, техника и технологии.* №5, 2016. - С.153-159.

112. Пулатов Х.Л., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Азимов Д.М., Мухамедова Н.К. Поликонденсацион турдаги катионитларнинг асосий хоссаларини тадқиқ қилиш //«Умидли кимёгарлар-2017» илмий техникавий анжуманининг мақолалар тўплами. - Тошкент, 2017. - С.168-169.

113. Игитов Ф.Б., Туробжонов С.М., Назирова Р.А., Турсунов Т.Т. Радиационная устойчивость сульфокатионита поликонденсационного типа // *Узбекский химический журнал*, 2017. - №3. – С.8-13.

114. Игитов Ф.Б., Туробжонов С.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Турсунов Д.К. Поликонденсационные катиониты на основе антрацено-фурфурольного полимера// *Universum. Технические науки.* Москва, 2017, №11. – С.21-25.

115. Пулатов Х.Л., Турабжанов С.М. Исследование возможности получения ионитов для очистки сточных вод на основе вторичных продуктов химических предприятий// *Химическая промышленность*, №5, 2017. – С.231-235.

116. Игитов Ф.Б., Туробжонов С.М., Назирова Р.А., Турсунов Т.Т. Радиационная устойчивость сульфокатионита поликонденсационного типа // *Узбекский химический журнал*, 2017. - №3. – С.8-13. (02.00.00, №6)

117. Игитов Ф.Б., Туробжонов С.М., Назирова Р.А., Турсунов Т.Т. Синтез и исследование поликонденсационного сульфокатионита // *Композиционные материалы.* Ташкент, 2017, №3. (02.00.00, №4)

118. Игитов Ф.Б., Муталов Ш.А., Назирова Р.А., Юлдашев А.А., Турсунов Т.Т. Исследование сорбции ионов некоторых металлов ионообменными полимерами // Композиционные материалы, Ташкент, 2018, №2. (02.00.00, №4)

119. Игитов Ф.Б., Туробжонов С.М., Турсунов Т.Т., Назирова Р.А., Турсунов Д.К. Поликонденсационные катиониты на основе антрацено-фурфурольного полимера// Universum. Технические науки. Москва, 2017, №11. (02.00.00, №2)

120. Игитов Ф.Б., Туробжонов С.М., Назирова Р.А., Турсунов Т.Т. Сорбционные свойства ионообменных смол поликонденсационного типа// Композиционные материалы. Ташкент, 2018, №1. (02.00.00, №4)

121. Игитов Ф.Б., Назирова Р. А, Туробжонов С, М, Турсунов Т.Т. Способ получения сульфокатионита // Патент РУз №IAP 05245. 2.05.2016.

122. Игитов Ф.Б., Туробжонов С.М., Назирова Р.А., Турсунов Т.Т. Способ получения фосфорнокислого катионита // Патент РУз №IAP 20160379. Ташкент 2018.

Кучли кислотали катионитлар

Гелли катионитлар

КУ-2-8. Полимеризацион турдаги катионит, таркибида фақат битта хил ионоген гуруҳи – сульфогуруҳи $-SO_3H$ мавжуд. Ишқорларга, кислоталарга ва оксидловчиларга нисбатан юқори кимёвий барқарорликка эга. Сувларни юмшатиш ва тузсизлантириш, оқова сувларни тозалаш, гидрометаллургияда рангли ва нодир металлларни ажратишда, гольванотехникада ва металлга ишлов беришда, чиқиндиларни регенерация қилишда, кимё саноатида турли моддаларни ажратиш ва тозалашда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт IR-120; диайон SK-1A; дауэкс 50; дуолайт С-20; имак С-12; кастель С-300; леватит S-100; варинон KS; вофатит KPS-200.

КУ-2-8ч. Катионит КУ-2-8 нинг модификацияси бўлиб, ундан фақатгина махсус даражада тозалиги билан ажралиб туради.

КУ-2-20. Полимеризацион турдаги катионит, КУ-2-8 дан фарқли равишда таркибида 20% дивинилбензол мавжуд. Антибиотиклар эритмаларини минерал тузлардан тозалашда ва гальваник ишлаб чиқариш эритмаларини тозалашда қўлланилади.

КУ-1. Икки функционал поликонденсацион турдаги катионит, таркибида икки хил ионоген гуруҳи: сульфогуруҳ $-SO_3H$ ва фенолли гидроксил гуруҳи $-OH$ мавжуд. Сувларни юмшатиш ва деминераллаштиришда, алкалоидларни ажратишда, шакарли сиропларни тиниқлаштиришда, целлюлоза-қоғоз ва текстиль саноатларида қўлланилади. Аналоглари: амберлайт IRA-100; ионак С-200; вофатит К.

Говакли катионитлар

КУ-23 (модификациялари: КУ-23 10/60, 12/80, 15/100С, 30/100, 30/00М). Полимеризацион турдаги макроговакли катионит, таркибида фақат битта ионоген гуруҳи— сульфогуруҳ $-SO_3H$ мавжуд. Турли саноат тармоқларида сувларни тайёрлашда, рангли ва нодир металлларни ажратишда, гальванотехникада ва металлларга ишлов беришда чиқиндиларни регенерация қилишда,

кимё саноатида катализатор сифатида қўлланилади. Аналоглари: амберлайт 200, 200С, 252; амберлист 15; дауэкс MSC; леватит SR-120; зеролит 625, 925.

15/100С, 30/100, 30/100М модификациялари КУ-23 дан тозалиши ва йирик гранулометриқ таркиби билан ажралиб туради; тиббиётда доривор препаратларни тозалашда, электронион-алмашинувчиларни олишда қўлланилади

КУ-2-16П. Макроғовакли полимеризацион турдаги катионит, таркибида фақат битта ионоген гуруҳи — сульфогуруҳ $-SO_3H$ мавжуд. Гальваниқ, металлга ишлов бериш саноатлари оқова сувларидан рангли ва нодир металлларни ажратиб олишда қўлланилади. Аналоглари: амберлист 15; зеролит 625.

Ўртача кислотали катионитлар

Гелли катионитлар

КФ-7. Бифункционал катионит, таркибида фосфор-кислотали ва гидроксил ионоен гуруҳлари мавжуд. Саноат эритмаларидан индий ва бошқа металлларни сорбциялашда қўлланилади.

КФ-1м. Монофункционал катионит, таркибида фосфор-кислотали ионоген гуруҳи мавжуд. Сарик фосфорни металлларнинг микроаралашмаларидан чуқур тозалашда, рух таркибли оқова сувларни тозалашда, азот-кислотали эритмалардан темир ва алюминийни танловчан ажратиб олишда қўлланилади.

Ғовакли катионитлар

КФ-11т. Макроғовакли катионит, таркибида фосфор-кислотали ионоген гуруҳи мавжуд. Қўшимча ишлов беришдан сўнг атом энергетикасида юқори ҳароратли тозалашда қўлланилиши мумкин.

КФ-11-15/100. Макроғовакли катионит, таркибида фосфор-кислотали ионоген гуруҳи мавжуд. Сувли ва органиқ муҳитлардан темирни ажратиб олишда, металл микрозаррачаларидан ортофосфат кислотасни чуқур тозалашда, уранил ва бошқа қимматбаҳо компонентларни эритмалардан сорбциялашда қўлланилади. Аналог — дуолайт С-63.

КМДФ. Ғовакли катионит, ионоген гуруҳлари сифатида фосфор-кислотали гуруҳлари мавжуд. Эритма ва пульпалардан нодир ва оғир металлларни сорбциялашда қўлланилади.

СФ-3. Макроғовакли катионит, ионоген гуруҳлари сифатида фосфор-кислотали гуруҳлари мавжуд. Биологик эритмаларни

ажратиш ва концентрлашда қўлланилади.

СФ-5. СФ-3 катионитини оксидлаш йўли билан олинади. Биологик эритмаларни ажратиш ва концентрлашда, индийни цинк эритмаларидан ажратишда қўлланилади. Аналоглари: дуолайт С-61, ES-463.

КФП-12. Макроғовакли катионит, ионоген гуруҳлари сифатида фосфор-кислотали гуруҳлари мавжуд. Камёб элементларни (скандий, иттрий, лантан) ушлаб олиш ва ажратиб олишда, эритмаларни мишьяк ва сурьмадан тозалашда ҳамда индийни ажратиб олишда қўлланилади. Аналоглари – дуолайт С-62; нолсайт Х-219.

СДФ-2. Макроғовакли катионит, ионоген гуруҳлари сифатида биофосфон гуруҳлари мавжуд. Биологик эритмаларни ажратиш ва концентрлашда қўлланилади.

КРФ-2п; -4п; -5п; -8п; -10п; -16п. Полимеризацион катионитлар, ғовакли тузилишга эга, фақатгина фосфоркислотали ионоген гуруҳлари мавжуд. Ўзининг бқори даражали тозалиги ва хоссаларини қайта тикланиши билан ажралиб туради. Ҳам аналитик, ҳам препаратив мақсадларда органик моддаларни, хусусан, темир бирикмаларини ажратиб олиш ва тозалашда кенг қўлланилади. Аналоглари — дуолайт С.

КРФ-3пТ40; -5пТ40; -20Т. Полимеризацион катионитлар, макроғовакли тузилишга эга, фақатгина фосфор-кислотали ионоген гуруҳлари мавжуд. Қўлланилиш соҳалари КРФ макроғовакли катионитларига ҳос

Кучсиз кислотали катионитлар

КБ-2. (КБ-2-4 модификацияси). Полимеризацион турдаги катионит, таркибида битта ионоген гуруҳи – карбоксил гуруҳи (-COOH) мавжуд. Кўп валентли металлларга нисбатан юқори танловчанликка эга ва кобальт, никель, хром ва бошқа металлларни саноат ва оқова сувлардан ажратиб олишда, тузлар номақобларини кальций ва магнийдан тозалашда антибиотикларни сорбциялаш ва амнокислоталарни ажратишда қўлланилади. Аналоглари: ионак С-270; пермутит Н-70-С; варион КС; вофатит СР.

КБ-2-4 модификацияси КБ-2 дан таркибидаи дивинилбензол мавжудлиги билан ажралиб туради. Тиббиёт, гидрометаллургияда, никелли ва кобальтли эритмаларни темирдан тозалашда

қўлланилади. Аналоглари: дуолайт Г-464; имақ Z-5; зеролит 226.

КБ-4 (КБ-4П-2 модификацияси). Полимеризацион турдаги катионит, таркибида бир хилдаги ионоген гуруҳлари — карбоксил гуруҳлари (-COOH) мавжуд. КБ-4П-2 нинг модификацияси КБ-4 дан таркибидаги дивинилбензол мавжудлиги билан ажралиб туради. Унинг икки валентли катионларга нисбатан юқори танловчанликка эга бўлганлиги сабабли бикарбонат қаттиқликни йўқотишда, номақобларни тозалашда. Таркибида сезиларли даражада бир валентли катионлар бўлганда эритмалардан кўп валентли катионларни тозалашда қўлланилади. Аналоглар: амберлайт IRC-50; дуолайт СС-3; варион СР; цеокарб 226; зеролит 226.

Ғовакли катионитлар

КБ-2-7П; -10П ва КБ-4-1-0П. Элементар звенонинг тузилишига кўра КБ-2 ва КБ-4 га ўхшаш. Охиргиларидан полимер қаркаси ғовақ ҳосил қилувчилар билан модификацияланганлиги билан ажралиб туради.

К-5. Ғовакли монофункционал катионит, ионоген гуруҳлари сифатида карбоксил гуруҳлар — (-COOH) мавжуд. Кучсиз кислотали, нейтрал ва ишқорий муҳитлардан металлларни сорбциялашда ҳамда тиббиётда қўлланилади. Аналоги — амберлайт IPS-50.

К-7. Макроғовакли монофункционал катионит, ионоген гуруҳлари сифатида карбоксил гуруҳлари мавжуд. Органик моддаларни ажратиш олишда қўлланилади.

КМД. Макроғовакли монофункционал катионит, ионоген гуруҳлари сифатида карбоксил гуруҳлари мавжуд. Поливалент металлларни таркибида кам миқдорда катионлар аралашмаси бўлган эритмалардан ажратиш олишда.

КМ-2п. Макроғовакли катионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида карбоксил гуруҳлари (асосан) ва амид гуруҳлари (кам миқдорда) мавжуд. Таркибида 10 дан 15%. Га дивинилбензол мавжуд. Хоссалари бўйича КБ-2-7П ва КБ-2-1 га ўхшаш. Эритмалар ва рудали пульпалардан металлларни сорбциялашда, электролитларни темирлан тозалашда, биологик эритмаларни тозалаш ва декарбонлашда қўлланилади. Аналоглари: дуолайт С-464; имақ Z-8; варион KSM.

СГ-1м (ёки К-6). Макротурли монофункционал катионит, иноген гуруҳлари сифатида карбоксил гуруҳи мавжуд. Сувларни тайёрлашда металлларни ажратиб олишда қўлланилади.

КРК-1; -1n- -2n; -5n; -8n; -12n; -16n; -20n; -24n. Полимеризацион катионитлар, ғовакли тузилишга эга, таркибида фақат карбоксил ионоген гуруҳлари мавжуд. Юқори даражада тозаланганлиги ва хоссаларининг қайта тикланиши билан ажралиб туради. Биокимёвий препаратларни ажратиб олиш ва тозалашда, поливалент металлларни сорбциялашда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт IRC, XB; биорекс; ионак С; кастель С; пермутит И; цеокарб.

Юқори асосли анионитлар

Гелли анионитлар

AB-17-8. Полимеризацион турдаги анионит, таркибида битта ионоген — бензилтриметиламмонийли гуруҳи мавжуд. Сувларни тайёрлашда кам диссоциаланадиган кислоталарни йўқотишда, гидрометаллургияда чиқиндиларни регенерация қилишда, қайтарма ва оқова сувларни тозалашда, кимё ва фармацевтика саноатларида турли моддаларни тозалаш ва ажратишда қўлланилади. КУ-2-8 катионити билан биргаликда сувни чуқур тузсизлантиришда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт IRA-400; дауэкс 1, 11; дуолайт А-101; диайон SA-10A; кастель А-500; леватит М-500; зеролит 1-Т; вофатит SBW.

AB-17-8чС. AB-17-8 нинг модификацияси, охиргисидан ўта тозалиги билан ажралиб туради. Сувни чуқур тузсизлантиришда, ҳамда озиқ-овқат саноатида ва тиббиётда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт IRN-78; дуолайт APA-366.

АМП. Монофункционал анионит, ионоген гуруҳлари сифатида бензилпиридин гуруҳлари мавжуд. Таркибида 3,5 дан 4 % гача дивинилбензол мавжуд. Хлорли муҳитлардан йодни ажратиб олишда ва никелли электролитларни руҳдан тозалашда қўлланилади. Аналоглари: пермутит SK; варион AP.

АМП-1. Монофункционал анионит, таркибида бензилпиридинли ионоген гуруҳлари мавжуд. Гидрометаллургияда, оқова сувларни тозалашда ва сув тозалаш жараёнларида қўлланилади.

А-6. Бифункционал, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида

учламчи ва тўртламчи гетероциклик азол турдаги азот гуруҳлари мавжуд. Нордон, нейтрал ва кучсиз шикорий муҳитлардан металлларни сорбциялашда қўлланилади.

Ғовакли анионитлар

АВ-17П (модификациялари: 17-10П/0,6; 17-10П/0,8; 17-12П/1,0). Полимеризацион турдаги макроғовакли анионит, кимёвий структурасига кўра АВ-17-8 га ўхшаш. Модификациялари АВ-17П дан таркибидаги дивинилбензол миқдори (10 дан 12 % гача) билан фарқланади. Кучсиз диссоциацияловчи кислотлар ионларини йўқотишда, шакар эритмаларини рангсизлантириш ва деионлашда, кимё саноатида катализатор сифатида қўлланилади. КУ-23 катионити билан биргаликда может быть использован для глубокого обессоливания воды. Аналоги: амберлайт 1РА-900; амберлист А-26, А-27; дауэкс МSA-1; дуолайт А-161; леватит МР-500; зеролит МРФ, КМР.

АВ-29-12П. Полимеризацион турдаги макроғовакли анионит, таркибида фақат бир турдаги — бензилдиметилэтаноламмонийли гуруҳлари мавжуд. Дивинилбензол таркиби 12 %. Сув тайёрлашда ва оқова сувларни тозалашда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт 1РА-910; амберлист А-29; диайон РА-404; дуолайт А-162; леватит МР-600; зеролит МР.

АМ-п. Полимеризацион турдаги ғовакли анионит. Ионоген гуруҳлари сифатида — бензилтриметиламмонийли гуруҳлари мавжуд. Гидрометаллургияда ҳамда биологик эритмаларни тозалашда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт УРА-900С; диайон РА; имак S5-40, S5-50; кастель А-500Р; варион АИМ; зеролит МРФ.

АМП-п. Макроғовакли анионит, элементар қаторларнинг кимёвий тузилиши бўйича АМН нинг аналогли ҳисобланади. Тантал ва ниобийни селектив ажратишда, никель, кобальт, руҳ ва қўрғошин бирикмаларини ажратиш жараёнларида қўлланилади.

АТ-1. Полимеризацион турдаги макроғовакли анионит. Эритмалар ва пульпалардан рангли металлларни ажратишда ҳамда оқова сувларни тозалашда қўлланилади.

ВП-1Ап. Макроғовакли комплекс ҳосил қилувчи виинилпиридинли анионит, ионоген гуруҳлари сифатида метилпиридинли ва пиридинли азот гуруҳлари мавжуд. Таркибида 10 % дивинилбензол мавжуд. Рангли, оғир ва нодир металллар гидрометаллургиясида ҳамда тиббиётда қўлланилади.

ВП-3An. Макроговакли комплекс ҳосил қилувчи винилпиридинли анионит, ионоген гуруҳлари метилпиридинли ва пиридинли азот гуруҳлари мавжуд. Таркибида 8 % дивинилбензол мавжуд. Қўлланилиш соҳаси ВП-1An га ўхшаш.

ИФО. Макроговакли анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида — фосфонли асосларнинг тўртламчи гуруҳлари мавжуд. Гидрометаллургияда, саноат ташлама сувларини ва биологик эритмаларни тозалашда қўлланилади.

APA-1n; -2n; -4n; -5n; -8n; -12n; -20n; -25n. Полимеризацион турдаги ғовакли анионитлар. Таркибида аммонийли асосларнинг тўртламчи ионоген гуруҳлари мавжуд. Таркибидаги дивинилбензол миқдори (1 дан 25 % гача) билан ажралиб туради. Юқори тозалик даражаси ва хоссаларини қайта тикланиши билан тавсифланади. Кимё ва фармацевтика саноатларида турли эритмаларни тозалаш ва ажратишда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт 1RA; биорэд AG; биорекс RG; диайон SA; дауэкс 1; дуолайт А; ионак А; кастель А; нолсайт SBP; пермутит S; зеролит FF.

APA-2nT40; -3nT40; -5nT40; -8nT40. Макроговакли анионитлар APA микроговакли анионитларининг аналогли ҳисобланади.

АСД-3-8n. Полимеризацион турдаги ғовакли анионитлар. Таркибида ионоген гуруҳи сифатида пиридинли гуруҳлари мавжуд. Юқори тозалик даражаси ва хоссаларини қайта тикланиши билан тавсифланади. Кимё ва фармацевтика саноатларида турли эритмаларни тозалаш ва ажратишда қўлланилади.

АСД-4-1n; -2n; -5n; -8n. Полимеризацион турдаги ғовакли анионитлар. Таркибида ионоген гуруҳи сифатида $-N^+(CH_2CH_2OH)_3$ кўринишдаги гуруҳлари мавжуд. Таркибида дивинилбензол миқдори 1 дан 8 % гача. Юқори тозалик даражаси ва хоссаларини қайта тикланиши билан тавсифланади. Кимё ва фармацевтика саноатларида турли эритмаларни тозалаш ва ажратишда қўлланилади.

Кучсиз асосли анионитлар

Гелли полимеризацион турдаги анионитлар

АН-18-8. Анионит, ионоген гуруҳлари сифатида бензилдиметиламин гуруҳлари мавжуд. Оқова сувларни тозалашда қўлланилади. Аналогли — варион ADA.

АН-21 (модификациялари АН-21-6-14). Полифункционал

анионит, ионоген гуруҳлари сифатида бирламчи ва иккиламчи аминогуруҳлари мавжуд. Модификациялари таркибидаги дивинилбензол миқдори билан ажралиб туради: мос равишда 6 ва 14 %. Гидрометаллургияда рангли ва нодир металлларни ажратиш олишда қўлланилади.

ЛН-22-8. Полифункционал анионит, ионоген гуруҳлари сифатида бирламчи ва иккиламчи аминогуруҳлари мавжуд. Сув тайёрлашда (биринчи босқич), оқова сувларни тозалашда, электрогальваник ва гидрометаллургия саноатларида қўлланилади. Аналоги — варион АЕД.

А-5. Монофункционал анионит, ионоген гуруҳлари сифатида учламчи гетероциклик азот гуруҳлари мавжуд. Агрессив муҳитлардан металлларни жратию олишда ва юқори ҳароат талаб қилувчи сув тайёрлаш жараёнларида қўлланилади.

А-7. Монофункционал анионит, ионоген гуруҳлари сифатида учламчи гетероциклик азот гуруҳлари мавжуд. Гидрометаллургия ва табиётда қўлланилади.

Говакли полимеризацион турдаги анионитлар

АН-18П (модификациялари: АН-18-10П, -12П). Макроговакли анионит, кимёвий структурасига кўра АН-18-8 га ўхшаш, охиригисидан таркибидаги дивинилбензол миқдори (10 ва 12 %) билан фарқланади. Оқова сувларни тозалаш, сувни тузсизлантириш, формалинни тозалаш, олтиннинг цианли комплексларини пульпалардан ажратишда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт IRA-93; амберлист А-21; леватит МР-60; варион АДАМ.

АНБ-1. Макроговакли анионит, таркибида фақат битта ионоген гуруҳи — иккиламчи мавжуд. Табиий сувлардан ва теҳнологик эритмалардан борат-ионларни селектив ажратиш олишда қўлланилади. Аналоги — амберлайт ХБ-243.

АН-80-7п. Макроговаклик полифункционал анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида бирламчи ва иккиламчи аминогуруҳлари мавжуд. Саноат эритмаларидан вольфрам ва молибденни ажратиш олишда қўлланилади. Аналоги — амберлайт IRA-900.

АМ-7. Макроговаклик полифункционал анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида алифатик қаторнинг бирламчи, иккиламчи ва учламчи аминогуруҳлари, амид гуруҳлари ва кам

миқдорда карбоксил гуруҳлари мавжуд. Гидрометаллургияда, сув тайёрлашда жараёнларида ва оқова сувларни тозалашда қўлланилади.

АМ-2Б. Аралаш асосли макроғовакли анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида бензилдиметиламинли ва дибензилдиметиламмонийли гуруҳлари мавжуд. Пульпалардан ажратиш, оқова сувларни тозалаш жараёнларида турли элементларни ажратиш ва концентрлашда ҳамда молибденни нордон пульпалардан селектив ажратиб олишда қўлланилади. Аналоглари: амберлайт ХЕ-124; дауэкс МВА-1; дуолайт А-36В, А-369; зеролит МРН.

Поликонденсацион турдаги анионитлар

АН-1. Полифункционал анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида иккиламчи ва триазинли ҳалқага боғланган учламчи аминогуруҳлари мавжуд. Гидрометаллургияда молибденни ажратиб олишда ҳамда гидролиз саноатида пентоз гидротизатини сульфат кислотаси ва бўёқловчи моддалардан тозалашда қўлланилади.

АН-31 (модификацилари: АН-31ч, -31Г). Полифункционал анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида алифатик қаторнинг иккиламчи ва учламчи аминогуруҳлари мавжуд. Сув тайёрлашда (биринчи босқич) ва тарқоқ металлarnи сорбциялашда қўлланилади.

АН-2ФН. Полифункционал анионит, таркибида алифатик қаторнинг иккилами ва учламчи аминогуруҳлари ва кам миқдорда фенол гуруҳлари мавжуд. Таркибида кам миқдорда гумус моддалар бўлган сувларни деминераллаштиришда, шавел кислотасини сорбциялашда, гидролиз ва целлюлоза-қоғоз саноатида қўлланилади.

СБ-1. Полифункционал анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида OH^- ва NO_2^- гуруҳлари мавжуд. Борни номакоб ва оқова сувлардан ажратиб олишда қўлланилади.

ЭДЭ-10П. аралаш асосли гелъ структурали полифункционал анионит, таркибида ионоген гуруҳлари сифатида алифатик қаторнинг иккиламчи ва учламчи аминогуруҳлари ва тўртламчи аммонийли асосли гуруҳлари мавжуд. Сувларни деминераллаштиришда, таркибида кам миқдорда органик моддалар бўлган сувларни тузсизлантиришда; гидролиз

эритмалари, тиббиётда глюкоза сироплари, озиқ-овқат саноатида сут зардобини, кимё саноатида этил спиртини кислота ва альдегидлар аралашмаларидан тозалашда қўлланилади. Аналоглари: дуолайт Л-30; кастель Л-100, вофатит L-600.

Фурфурол асосида синтез қилинган ионитлар

КУ-ФС. Фурфурол ва стирол асосида синтез қилинган поликонденсацион турдаги сульфатионит, таркибида фақат битта хил ионоген гуруҳи – сульфогуруҳи $-SO_3H$ мавжуд. Ишқорларга, кислоталарга ва оксидловчиларга нисбатан юқори кимёвий барқарорликка эга. Сувларни юмшатиш ва тузсизлантириш, оқова сувларни тозалаш, гидрометаллургияда рангли ва нодир металлларни ажратишда, гальванотехникада ва металлга ишлов беришда, кимё саноатида турли моддаларни ажратиш ва тозалашда қўлланилади.

КУ-ФФ. Фурфурол ва стирол асосида синтез қилинган поликонденсацион турдаги фосфор-таркибли катионит, таркибида фақат битта хил ионоген гуруҳи – фосфат гуруҳлар $PO(OH)_2$ мавжуд. Ишқорларга, кислоталарга ва оксидловчиларга нисбатан юқори кимёвий барқарорликка эга. Гидрометаллургияда раангли ва иодир металлларни ажратишда, гальванотехникада ва металлга ишлов беришда, оқова сувларни оғир металл ионларидан тозалашда қўлланилади.

ФБГ. Фурфурол, бензогуанидин ва полиэтиленполиамин асосида синтез қилинган кучсиз асосли анионит. Оқова сувларни оғир металл ионларидан тозалаш қўлланилади.

ФДГ. Фурфурол, дифенилгуанидин ва полнэтиленполиамин асосида синтез қилинган кучсиз асосли анионит. Гидрометаллургия саноати эритмаларини халақит қилувчи ионлардан тозалашда қўлланилади.

ФА-ББ. Фурфурол, бромли бензил ва полиэтиленполиамин асосида синтез қилинган поликонденсацион турдаги анионит. Баъзи металллар ионларига комплекс ҳосил қилиш хоссаларига эга.

ФА-БХ. Фурфурол, хлорли бензил ва полиэтиленполиамин асосида синтез қилинган поликонденсацион турдаги анионит. Баъзи металллар ионларига комплекс ҳосил қилиш хоссаларига эга.

Пулатов Х.Л., Игитов Ф.Б., Усмоинова А.Б., Юлдашев А.А.,
Собиров О.М.

МАҲАЛЛИЙ ХОМ-АШЁЛАР АСОСИДА ИОИ-АЛМАШИНУВЧИ ПОЛИМЕРЛАР ОЛИШ ТЕХНОЛОГИЯСИ

Монография

Редактор: Д.Эсанова
Карректор: С.Юлдашева
Технический редактор: А.Абдуллаев
Верска -дизайнер: Д.Равшанова

Тасдиқнома рақами. 5485./ 14.08.2020 й. Нашриётга топширилди 17.01.2025 йил.
Чоп этишга рухсат берилди 27.01.2025 йил. 120100 Гулистон ш. Ўзбекистон
кўчаси, 8-уй. Тел.: (97) 565-71-21

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 1/16. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табоғи: 9. Адади 100 дона. Буюртма № 5/25.

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

ISBN 978-9910-669-91-0

