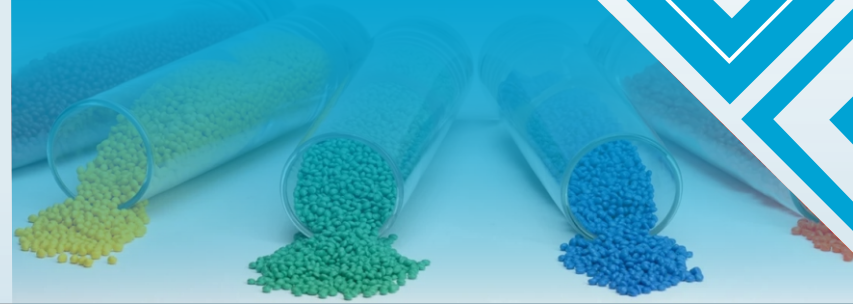


Жўраев М.М., Хушвақтов С.Ю.,
Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г.

ПОЛИВИНИЛХЛОРИД
ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ
ИОНИТЛАРНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ
ХОССАЛАРИ

5

монография



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУСТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ЧИРЧИК ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

*Жўраев М.М., Хушвақтов С.Ю.,
Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г.*

ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ
ИОНИТЛАРНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ

(монография)

“Lesson Press”
Тошкент- 2022

УЎК: 691.175.743(575.1)
КБК: 24.7

Жўраев М.М., Хушвақтов С.Ю., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г.
Поливинилхлорид пластикат асосидаги янги ионитларнинг физик-
кимёвий хоссалари // Монография. Т.: "Lesson Press" МЧЖ нашриёти. 2022 .
101 бет.

Тузувчи: М.М. Жўраев – ТВЧДПИ «Илмий ва методологик кимё»
кафедраси мудири, кимё фанлари бўйича фалсафа доктори
(PhD)
С.Ю. Хушвақтов – ТВЧДПИ «Илмий ва методологик кимё»
кафедраси кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
Д.Ж. Бекчанов - ЎзМУ Полимерлар кимёси кафедраси
доценти, кимё фанлар доктори
М.Г. Мухамедиев - ЎзМУ Полимерлар кимёси кафедраси
профессори, кимё фанлар доктори
Тақризчилар: М.А. Махкамов – ЎзМУ Полимерлар кимёси кафедраси
доценти, кимё фанлар доктори
Ж. Аллаев – Чирчиқ давлат педагогика институти кимё
фанлари номзоди

Мухаррири: Д.А.Шайзакова – ТВЧДПИ «Илмий ва методологик кимё»
кафедраси кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

*Ушбу монография Чирчиқ давлат педагогика институти илмий
кенгашининг "19" апрель 2022 йилдаги №9 сонли мажлисида муҳокама
қилинган, маъқулланган ва чоп этишга тавсия этилган.*

ҚИСҚАРТМАЛАР РЎЙХАТИ

ПВХ- поливинилхлорид
ЭДТА-этилендиаминтетраацетил
ЭА-этилацетат
TG- термोगравиметрик эгри
DTG - дифференциал термोगравиметрик анализ эгриси
ИК-инфракизилспектроскопия
САС-статик алмашинув сингими
ДАС-динамик алмашинув сингими
SEM-сканирли электрон микроскоп
ДФП-дифенилолпропан
ДОФ- диоктилфталат
ДОС- диоктилсебцинат
ЦГ- циклогексанон
ТХБ-1,2,4-трихлорбензол
ЭГ- этиленгикол

МУНДАРИЖА

Қисқартмалар	3
КИРИШ	4
І-БОБ. АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ	7
§1.1. Ионитлар ва уларнинг физик-кимёвий хоссалари	7
II-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ СУЛЬФОКАТИОНИТ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ	38
§2.1. Поливинилхлорид ва олтингугурт асосида олинган янги сульфокатионит тузилишини ўрганиш	39
§2.2. Поливинилхлорид асосида олинган сульфокатионитнинг термик ва кимёвий барқорорлиги	48
III-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ СУЛЬФОКАТИОНИТ СОРЕЦИОН ХУСУСИЯТЛАРИ ...	53
§3.1. Эритмалардан Ca(II) ва Mg(II) ионларининг сульфокатионитга сорбция кинетикаси	54
§3.2. Эритмалардан Ca(II) ва Mg(II) ионларининг сульфокатионитга сорбция изотермаси ва термодинамик параметрларининг ўзгариши	59
§3.3. Эритмалардан Ca(II) ва Mg(II) ионларининг сульфокатионитга динамика сорбция ва десорбцияси	64
§3.4. Олинган катионитга Cu (II) ионларининг статик шароитда сорбцияси	68
§3.5. ПВХ асосидаги сульфокатионитнинг қўлланилиши	69
IV- БОБ. ТАЖРИБА ҚИСМИ	73
§4.1. Фойдаланилган реактив ва материаллар	73
§4.2. Сульфокатионитга статик шароитда Ca (II) ва Mg (II) ионларининг сорбциясини комплексометрия усулидан	

фойдаланиб ўрганиш.

§4.3. Тадқиқ қилишнинг физик-кимёвий усуллари	74
§4.4. Сульфокатионитга металл ионларининг ютилиш қийматларини аниқлаш усуллари	76
ХУЛОСАЛАР	83
Фойдаланилган адабиётлар	84

ҚИСҚАРТМАЛАР РҰЙХАТИ

ПВХ- поливинилхлорид

ЭДТА-этилендиаминтетраацетил

ЭА-этилацетат

TG- термогравиметрик эгри

DTG - дифференциал термогравиметрик анализ эгриси

ИК-инфрақизилспектроскопия

САС-статик алмашинув сифими

ДАС-динамик алмашинув сифими

SEM-сканирли электрон микроскоп

ДФП-дифенилолпропан

ДОФ- диоктилфталат

ДОС- диоктилсебцинат

ЦГ- циклогексанон

ТХБ-1,2,4-трихлорбензол

ЭГ- этиленгликоль

КИРИШ

Бугунги кунда дунёда иқтисодиётнинг жадал ривожланиши натижасида саноат корхоналарининг кенгайиши, аҳоли сонининг ортиши ва уларнинг фаолияти натижасида оқова сувларни чиқиндилар ва захарли кимёвий моддалар билан ифлосланиши кузатилмоқда. Бу муаммони ечиш учун ионитлар қўллайдиган ионалмашинувчи технологиялардан кенг фойдаланилади ва улар ёрдамида ифлосланган оқова сувлар тозаланади, сувнинг каттиклиги юмшатилади, саноат корхоналари учун ишлатиладиган табиий сувлар тузсизлантирилади. Бундай технологиялар фақат сувни тайёрлашда эмас балки гидрометаллургияда қимматбаҳо ва бошқа рангли металлларни ажратишда ҳам аҳамиятлидир.

Жаҳон миқёсида ионалмашинувчи технологияларда қўлланадиган синтетик ионитларни ишлаб чиқариш ўтган ўн йилга нисбатан икки баробар ортган. Аммо саноат тармоқлари кенгайиб ва ривожланиб борган сари катионалмашинувчи ва анионалмашинувчи материалларга талаб ортиб бораверади. Шу кунгача республикаимиз саноат корхоналарининг эҳтиёжи учун юз тонналаб ионитлар валюта эвазига чет элдан олиб келинади. Шунининг олган ҳолда маҳаллий хомашёдан фойдаланиб ионитлар синтез қилишнинг физик-кимёвий жихатларини тадқиқ қилиш ва ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади.

Республикаимизда маҳаллий хомашёлар асосида ишлаб чиқариладиган полимер материалларининг ишлатилиш соҳаларини кенгайтириш, ионалмашинувчи материаллар олинишининг мақбул шароитлари аниқлаш ва уларнинг жорий этилиш бўйича бир қатор ишлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси¹да «маҳаллий хомашёларни чуқур қайта ишлашни ва улар асосида янги импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўзда

¹ 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасининг ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича ҳаракатлар стратегияси / Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли Фармони.

тутувчи саноатни янги сифат жиҳатдан юқорига кўтариш» га йўналтирилган вазифалар белгилаб берилган. Бу борада маҳаллий хом ашёлар асосида истиқболли сорбентларни яратишнинг инновацион ва иқтисодий жиҳатидан самарадор йўлларида бири бу саноатда ишлаб чиқариладиган кўп тоннажли полимерларни кимёвий ўзгартириш жараёнини тадқиқ қилиш муҳим аҳамият касб этади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 2 мартдаги ПФ-5953-сонли «Илм, маърифат ва рақамли иқтисодиётни ривожлантириш йили»да амалга оширишга оид Давлат дастури тўғрисида»ги Фармони ҳамда 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришни Ҳаракатлар стратегияси» ҳақидаги Фармони ва 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу иш муайян даражада хизмат қилади.

Бугунги кунгача поливинилхлоридни турли кимёвий моддалар билан модификациялаш реакцияларини тадқиқ қилиш орқали турли хил саноатни кўп жабҳаларида қўлланадиган материаллар яратилган. Хусусан бир қатор хориж олимлари N.S Shaglaeva, K. Toxomito, B. Bandbarum, R. Tataru-Farmus, R. P. Kusy, G. Martines, I.S. Ahmed, A.K. Ghoniam, A.A. Abdel., M. Аббас поливинилхлоридни модификациялаш орқали олинган материалларнинг физик-кимёвий хоссалари ва қўлланиш соҳаларини кенг қамровда ўрганишган. Мамлакатимизнинг бир қатор таниқли олимлари Мусаев У.Н., Аскарлов М.А., Рашидова С.Ш., Негматов С.С., Бабаев Т.М., Джалилов А.Т., Туробжонов С.М. ва бошқалар турли хил полимер материаллардан фойдаланиб, ионитлар олиниши ва хоссаларининг физик-кимёвий жиҳатларини тадқиқ қилиш орқали ионалмашув материалларни синтез қилиш ва қўллаш бўйича илмий изланишларга салмоқли улуш қўшганлар.

Поливинилхлорид пластикатни олтингугуртли бирикмалар билан модификациялаш ва хосил бўлган олтингугуртланган полимерни оксидлаш жараёнларини физик-кимёвий жиҳатларини тадқиқ қилиш, олинган сульфокатионитни кимёвий, термик барқарорликлари ва сорбцион хоссаларини текшириш кучли кислотали янги турдаги импорт ўрнини

Тадқиқотнинг мақсади поливинилхлорид асосида янги сульфокатионит олиниш жараёнини ва хоссаларини физик-кимёвий жиҳатларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

поливинилхлоридни олтингугурт ва кальций полисульфид иштирокида модификациялаш орқали олтингугурт тутган полимер материал олишнинг физик-кимёвий жиҳатларини ўрганиш ва мақбул шароитларини аниқлаш;

олтингугурт тутган полимерни оксидлаб сульфокатион олишнинг физик-кимёвий жараёнларини тадқиқ қилиш;

олинган сульфокатионитнинг физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш;

сульфокатионитни металл ионларига нисбатан сорбцион хоссаларини тадқиқ қилиш;

маҳаллий хомашё асосидаги янги сульфокатионитни қўлланиш соҳаларини аниқлаш.

I- БОБ. АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ

1. 1. ИОНИТЛАР ВА УЛАРНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ

Ҳозирги кунда аҳоли сони ортиши билан уларнинг эҳтиёжини қондириш учун турли саноат корхоналари тез ўсиб бормоқда. Саноат корхоналари ва аҳоли истеъмоли учун ишлатиладиган сувни тайёрлашда, саноат корхоналари чиқинди сувларини дарё ва сув ҳавзаларига чиқарилишида оқова сувнинг қаттиқлигини келтириб чиқарувчи ионлардан тозалаш талаб қилинади. Бунга сабаб сувнинг умумий қаттиқлиги келтириб чиқарувчи Ca^{2+} , Mg^{2+} ҳамда Fe^{2+} , Mn^{2+} каби ионларнинг умумий концентрацияси 500 мг/л дан юқори бўлган сув истеъмол учун қабул қилинмайди, 200 мг/л дан юқори бўлган сувни сув ресурслари танқис бўлган минтақаларда қабул қилиши мумкин. Сувнинг қаттиқлиги ҳисобига иситиш қозонлари ва сув қувурларида чўкма тушади, иссиқлик узатилиши пасаяди, сувнинг ювиш хусусияти камаяди[1, 114-120 б.; 2, 295-305 б.; 3, 1042-1044 б.]. Аҳоли сони ошиши билан глобал иқлим ўзгариши ва сувнинг ифлосланиши сув таъминотида хавф туғдирмоқда. Бу эса оғир металллар сақлаган оқова сувларни тозалаш муҳим масалага айланмоқда, чунки бундай токсик таъсирли сувлар атроф-муҳит ва санитария муаммоларини келтириб чиқаради. Оғир металл ионлари тирик организмга заҳарли таъсир кўрсатади [4, 1294-1298-б.; 5, 44-51-б.].

Кўплаб ривожланган ва ривожланаётган мамлакатларни модернизациялаштириш ва саноатлаштириш оқибатида атроф муҳитга оғир металл ионларининг таъсирида жиддий муаммолар юзага келмоқди. Айниқса кадмий, қўрғошин, рух, никел, мис, симоб ва хром каби металл ионлари ёки бирикмалари хавфли ифлослантирувчи моддалар сифатида тан олинган[6, 291–302 б.]. Шунингдек кўплаб соҳаларда: гидрометаллургия, тоғ-кончилик, тўқимачилик, ўғит, фармацевтика ва бошқа антропогенитик фаолиятлар туфайли сув ҳавзаларига турли металл ионлари тутган оқова сувларнинг куйилиши натижасида ифлосланган сувларнинг кўпайишига олиб келмоқда.

Ушбу муаммони самарали ҳал қилиш учун мауллифлар [7, 142-б.] томонидан таклиф қилинган сорбент иштирокида Pb(II), Cd(II), Zn(II) ва Cu(II) ионларини сувдаги концентрациясини рухсат этилган меъёргача пасайтиришга қаратилган.

Металлургия саноатида қимматбаҳо металлларни ажратиб олиш учун турли усуллардан фойдаланилади. Қимматбаҳо Au^{3+} , Pd^{2+} , Pt^{2+} , Pt^{4+} , Ir^{4+} , Rh^{3+} , Ru^{4+} каби металлларни таркибида азот ва олтингугурт саклаган адсорбент иштирокида ажратиб олиш бўйича тадқиқотлар олиб борилган[8, 118–128-б].

Оқова сувларни истеъмолга тайёрлаш ва чиқинди сувларни тозалаш учун кўплаб технологиялар ишлаб чиқилган бўлиб, улар орасида физик-кимёвий ишлов бериш асосидаги, дистиллаш, эритувчида ажратиш, оксидланиш-қайтарилиш, диализ, электродиализ, электролитик экстракция, тескари осмос, ион алмашиниш, буғлатиш, адсорбция, суюлтириш, флокуляция, чўктириш усуллардан фойдаланиш мумкин[9, 2304-2318-б.].

Ҳозирги кунда саноат корхоналарида ишлатиладиган сувни тузсизлантиришда ионитлардан кенг миқёсида фойдаланилади. Айниқса, табиий сув таркибидаги кальций ва магний ионлари ҳисобига ҳосил бўлган сувнинг қаттиқлигини юмшатиш усулларида энг кенг тарқалган усули ионитлар иштирокидаги ионалмашиниш ҳисобланади[10, 13-28-б.]. Ионитларнинг ва ион алмашиниш жараёнларининг қўлланиш соҳалари узлуксиз равишда кенгайиб бормоқда. Хусусан ҳозирги кунда синтетик, грануланган ион алмашинувчи материаллар кимё саноатида ишлатиладиган сувларни тузсизлантиришда, оқова сувларини турли зарарли ионлардан тозалашда ва гидрометаллургияда технологик эритмалар таркибидаги рангли, ноёб ва қимматбаҳо металл ионларини концентрлашда ишлатилади. Айниқса грануланган ион алмашинувчи сорбентлар таркибида азот ва олтингугурт тутган ионитлар қимматбаҳо, ноёб ва рангли металл ионларига селективлиги билан ажралиб туради [11, 1458-1461-б.].

Ионитлар ёрдамида қуйидаги амалий масалаларни самарали ҳал қилиш мумкин:

- Технологик жараёнларда сувни тузсизлантириш, сувни юмшатиш ёки тўлиқ деионлаштириш.

- Рангли ва нодир металллар гидрометаллургиясида ионлар ва органик моддаларни концентрлаш.

- Саноат ишлаб чиқариш газларида мавжуд бўлган кимёвий фаол аралашмаларни тутиб қолиш.

- Тупроқда ион алмашилини яхшилаш ва ўсимликларнинг ўсиши учун зарур бўладиган микроэлементлар ва ўғитларни киритиш [12, 32-35-б.; 13, 10-б.; 14, 354-б.].

- Маълум ион алмашинувчи полимерларнинг хоссалари кинетикаси, танланувчанлик, термо-кимёвий барқарорлик ва механик мустаҳкамлик каби муҳим кўрсаткичларнинг қуйи қийматлари туфайли, улар тадқиқотчиларни қониқтирмайди. Демак, органик моддалар аралашмаларини ва кўпгина металлларнинг ионларини ион алмашинув жараёнлари орқали ажратиш ва тозалашни, шунингдек, сувни деминераллаштиришни муваффақиятли амалга ошириш учун тегишли моддалар ва металлларнинг ионларига нисбатан яхши кинетик хоссаларга, юқори механик мустаҳкамликка, термо-кимёвий барқарорликка ва танлаш хусусиятига эга ионитларни саралаш муҳим ҳисобланади [15, 58-62-б.; 16, 337-360-б.].

Ионитлар ишлаб чиқариш ҳам ашёлар асосига кўра асосан қуйидаги йўналишларда синтез қилинади [17, 187-240-б.].



Ҳозирги кунда синтетик ионитларнинг олиниши ўз афзалликлари ва камчиликларига эга бўлган 3 асосий йўналишда олиб борилмоқда:

-Полимер аналог ўзгаришлар орқали полимер каркасига (скелетига) ионоген гуруҳларнинг киритилиши;

-Ионоген гуруҳларни тутувчи мономерларнинг полимерланиши ёки сополимерланиши;

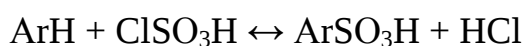
-Ионоген гуруҳларни тутувчи мономерларнинг поликонденсацияланиши;

Ионитлар олишнинг энг кўп тадқиқ қилинган ва кенг тарқалган усули полимер матрицаси олингунича моноолефинлар ва диолефинларнинг биргаликдаги полимеризацияси ва уларга кимёвий реакциялар орқали ионоген гуруҳларнинг киритилиши [18, 562-567-б.; 19, 216-222-б.]. Муаллифлар томонидан [20, 1970-1974-б.], 1:(1-7) нисбатда олинган желатина ва глицерин муҳитида стирол ва дивинилбензол изомерларининг эмульсион сополимерланиши асосида ва кейин олинган маҳсулотни сульфат кислота ва олеум иштирокида сульфоланиши орқали микросферик сульфокатионитлар олинишининг муқобил (оптимал) шароитлари топилган. Катионитнинг статик алмашинув сифими 5.3 мг-экв/г. Углеводлар ва органик кислоталарнинг ажратилишида уларнинг хроматографик хоссалари ўрганилган. Полипропилен толасига стирол (98%) ва дивинилбензолдан (2%) олинган сополимерни бириктириб ва кейин полистиролдивинбензол матрицани концентрланган сульфат кислота билан сульфолашдан олинган кучли кислотали, толасимон сульфокатионит ФИБАН К-1 ва КУ-2 нинг таққослаш тадқиқотлари модель эритмаларда сувни юмшатиш жараёнларида олиб борилди [21, 1820-1822 б.].

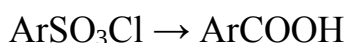
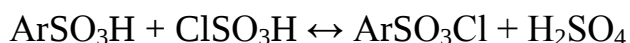
Шунингдек сувни юмшатиш мақсадида стирол ва иккита ўзаро бирига кирадиган полимер турли мета ва пара дивинилбензолларнинг тоза изомерлари асосида олиниб, унга концентрланган сульфат кислота ва 20% ли олеумни $\text{H}_2\text{SO}_4:\text{SO}_3$ 11.5:1 нисбатда қўйиб сульфолаш орқали олинган тикилган сульфокатионитлар бўкишининг мустаҳкамланиши ва камайиши

[22, 34-38-б.] муаллифлар томонидан ўрганилган. Олинган сульфокатионитнинг статик алмашинув сиғими 5.0 мг-экв/г га тенг.

Бу йўналишда бир қатор олимлар тадқиқотлар олиб боришган [23, 172-177-б.]. Бирикиш даражаси 8-80 % бўладиган стирол-дивинилбензол матричасини хлорсульфон кислота орқали сульфолаб, ион алмашилиш сиғими 0.19–1.04 мг-экв/г га тенг бўлган, бир қатор катионитлар олинган. Сорбентларнинг ион алмашинув сиғимларига сульфолаш реакциялари ва сульфолайдиган аралашма таркибининг таъсирлари ўрганилган. Стирол-дивинилбензол матрицаларининг сульфат кислота ва хлорсульфон кислота ёрдамида тўғридан-тўғри сульфолашнинг таққослаш учун тавсифлари келтирилган. Ароматик бирикмаларнинг хлорсульфон кислота ёрдамида сульфоланиши қуйидагича бўлади:



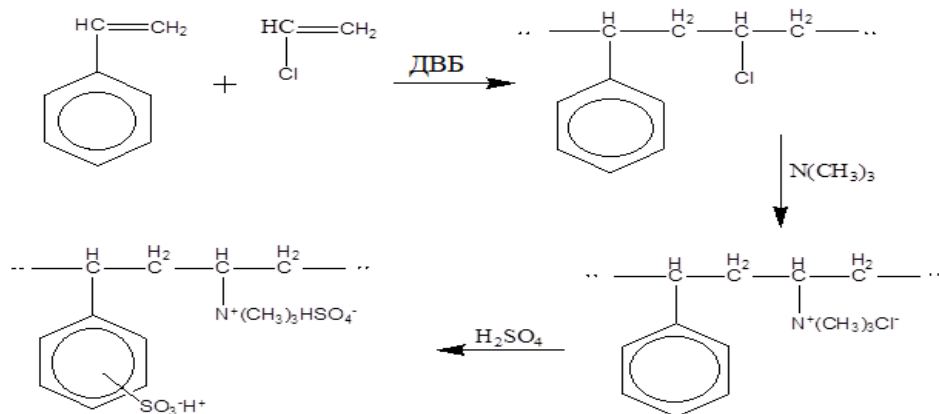
Маълум бир шароитларда ArSO_3H хлорсульфон кислота билан реакцияга киришиши мумкин, бунда реакция давомида карбон кислоталаргача оксидланиб кетиши мумкин бўлган сульфохлорид олинади [24, 1477-1480 б.].



Стирол ва N-винил-3(5)-метилпиразолнинг дивинилбензол ва этилстирол билан сополимерланиши ва 98 % ли сульфат кислота ёрдамида сульфоланиши асосида динамик алмашинув сиғимининг (ДАС) ва осмотик мустаҳкамликнинг юқори кўрсаткичларига эга сульфокатионит олинди. Сульфолаш 4 соат давомида 373 К да олиб борилди. Олинган сульфокатионитнинг 0.1 Н бўйича статик алмашинув сиғими 4.7-5.0 мг-экв/г га, динамик алмашинув сиғими 520-580 г-экв/м³ га тенг. АҚШлик муаллифлар томонидан олинган патентга кўра, стирол ва винилпиридинни сополимерлаб, бириктирувчи агент сифатида дивинилбензол қўлланилган ва

кейин 97.32% сульфат кислотада сульфолаш жараёни орқали сульфокатионит олиш мумкин [25, 71 б.].

Кейинчалик ўзида кучли кислотали ва кучли асосли гуруҳлар тутган ионитларга бўлган қизиқиш жуда ортади. У стирол, винилхлорид сополимерлаб ва уни кўприк ҳосил қилувчи тўртламчи амин асослари киритиш орқали олинган маҳсулотини сульфирланишидан олинади:



Ҳозиргача бундай смолаларнинг физик кимёвий хоссалари тўла-тўқис ўрганилмаган. Аморф смолалар соҳасидаги қизиқарли янгилик бу сополимерда полимерлар кўринишида полиэлектролитларнинг бўлиши ҳисобланади(образли қилиб айтганда “катакдаги илон”). Улар оддий катионитлар ёки анионитлар, уларга полимерлаш йўли билан поликатионлар ёки полианионлар киритилган [26, 490-б.].

Стирол ва дивинил мономерларидан олинган сополимерни 98 % ли сульфат кислота билан сульфолаш орқали япон муаллифлари томонидан ион алмашинувчи қатрон олинганлиги патентда келтирилган [27, 56-б.]. Бу ҳолатда, бифенил, дивинили ёки нафталин дивинили каби кўп цикли ароматик дивинил мономерларининг чокланганлик даражаси-2% моль нисбатда бўлади. Алмашинув сиғими 3,3 мг-экв/г тенг бўлган ва механик мустаҳкамлик даражаси 93-94 % га тенг, саноатда нефт газ соҳасининг арзон чиқиндиси ҳисобланган асфальт концентратидан Ю.В.Поконовой [28, 69-71-б.; 29, 490-б.] томонидан, радиацияга мустаҳкам сульфокатионит олинган.

Стирол ва дивинилбензол сополимерини сульфат кислота билан сульфолаш асосида синтез қилинган сульфокатионитларнинг синтези, хоссалари ва катализатор сифатидаги қўлланилишлари келтириб ўтилган. Техник, бўккан катионитга (КУ-2х8) динамик шароитларда минерал кислоталар ва ишқорларнинг сувли эритмалари ёрдамида ишлов бериб, сўнгра сув билан ювиш орқали ўта тоза сульфокатионит олиш усули ишлаб чиқилган [30, 74-76-б.]. Бу жараёнларда хлорид, нитрат ёки сульфат кислота минерал кислота сифатида қўлланилса, ишқорнинг сувли эритмаси билан ишлов беришни 18-80⁰С да олиб борилди. Мис-рух рудалари казилмаларидан олинган эритмаларни, КУ-2х8 ва Лёватите С-100 сульфокатионитларини ишлатган ҳолда, сорбцион тозалаш орқали мис, рух, темир, кальций ва магнийни ажратиб олишнинг мумкинлиги Паршина И.Н. ва Стряпков А.В. [31. 107-109-б.] ишларида кўрсатилган. Аниқландики, карьер сувларни аввал тайёрламасдан туриб, сульфокатионитларни ишлатган ҳолда металлларни юқори даражада ажратиб олиш имкониятини беради.

Бундай кучли кислота гуруҳ сақловчи ионитлардан яна бир қанчаси масалан: КУ-2, зеролит-225, Amberlit-IR, Lewatit-S, Purrolit-C, КБ-4-П2 кабилар олинган [32, 133-137-б; 33, 231-б; 34, 1525-1532-б.]. Муаллифлар томонидан [35, 36-43-б.] сув молекулаларини, стирол ва дивинилбензолни сополимерланиши ва олинган сополимерни ташқи электр майдони таъсирида сульфурлаш орқали олинган КУ-2 катионитининг ион шакллари (Na^+ , Ca^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+}) томонидан сорбцияланиш кинетикаси ўрганилди. Электр майдони адсорбирланган намликни миқдорини ва унинг ионалмашинувчи материалларда силжиш тезлигини ўзгартиради. Бу ўзгаришларнинг катталиги ва характерини майдон градиентлари, ионалмашинувчи ионларнинг турлари ва ҳарорат белгилаб беради. Барқарорлиги ва тозалиги юқори бўлган монодисперс гелсимон катионалмашинувчи олиш учун [36] винил мономерларининг (ўлчами 5-500 мкм бўлган монодисперс сферик заррачалар кўринишида, желатин билан капсулалаш мумкин) сувли-суспензион сополимер фаоллаштирилган мономерлар аралашмасида (ФМА)

бўктирилади, полимерланади, ҳосил бўлган полимер сульфурланади ва катионалмашинувчи олиш учун ишлатишади. Масалан, суспензион сополимер олиш учун стирол 97.9%, дивинилбензол 1%, этилстирол 0.6% ва трет-бутил-перокси-2-этилгексаноат 0.5%, ФМА сифатида – 71-95% ли винилароматик бирикмалар, 3-20% дибикилбензол, 1-6% метилакрилат ва 0.05-1 % радикал полимерланиш инициаторлари олинади. Муаллифлар томонидан [37, 153-165-б.] Indion-130, Amberlyst -36, Amberlyst-15, Amberlite-120, Dowex-50W, Filrol-44, K-10 (подложка сифатида ёки Filtrol-44 тупроқ олинади подложка ўрнига) гил тупроққа ётқизилган 20% ли додекавольфрамфосфат кислотада иборат гетероген катализатор таклиф қилинган. Бу ионалмашинувчилар ичида энг самарадорлари Amberlyst -36, Amberlyst-15 ва Indion-130 эканлиги аниқланди. Бу суспензион реакцияни баҳолаш учун назарий кинетик модель ишлаб чиқилган. Турли параметрларни реакция тезлигига таъсири ўрганилди. Реакция хусусий кинетика билан бошқарилиши ҳамда ички ва заррачалараро масса ўтиши билан боғлиқ реакция тезлигини чекловлари йўқлиги аниқланди. Муаллиф [38, 196-197-б.] томонидан капролактама ишлаб чиқаришдаги толуолни оксидланиш маҳсулотлари асосида яратилган сульфокатионитларни ва амфотер ионитларни термик барқарорлиги сувда, кислота ва ишқорларнинг сувли эритмаларида сульфокўмирга, КУ-2, АВ-17, ЭДЭ-10П каби саноатда кенг ишлатиладиган ионитларга таққослаб ўрганилди. Ионитларнинг термик барқарорлиги алмашилиш сифими ва масса йўқотилишига қараб баҳоланди. Олинган сульфокатионитлар ва амфотер ионитлар юқори термик барқарорлиги билан фарқ қилади. Бу полимернинг тартибли тузилиши, ионитларнинг макромолекулаларида ароматик халқаларнинг борлиги билан тушунтирилган. Тажриба натижалари олинган маҳсулотларнинг ҳаво-қуруқ намуналарини термогравиметрик тадқиқот натижаларига мос келади. Тадқиқот натижаларига кўра, 373-473Кда масса йўқотилишига ионалмашинувчи материалларнинг намлиги сабаб бўлади, бунда уларнинг тузилиши сақланиб қолади. Бу ионалмашинувчи материаллардаги

функционал гуруҳларнинг ажралиб чиқиши 573-623Кда бошланади. Ҳароратни ундан юқори қийматларга кўтарилиши билан ионитларнинг полимер занжири бузилади.

Бир қатор олимлар томонидан [39,1551-1560-б.] ионоген гуруҳларисиз ўтачокланган полистироллар ва улар асосидаги катионитларни (карбоксил ва сульфогуруҳ тутган) термик деструкция жараёнлари термогравиметрик ва дифференциал-термик анализ усулида ўрганилди. Таққослаш учун стандарт макроғовакли стирол-дивинилбензолли сульфокатионит, полидивинилбензол ва стиролни 105 дивинилбензол билан сополимерининг пиролизи ўрганилди. Пиролиз натижасида инерт муҳитда ўта чокланган сульфирланган полистироллар пиролизи натижасида мустаҳкамлиги юқори ва сорбцион хоссалари яхши бўлган сферик гранулаланган углеродли материаллар олиш мумкинлиги аниқланди. Пиролиз шароитларига қараб ва бошланғич полимернинг турига қараб янги углеродли сорбентларнинг ички солиштирма юзаси 200 дан 1500 м²/г гача бўлади. Эҳтимолий зичлиги 0,76 дан 1,2 г/см³, сиқилгандаги мустаҳкамлиги гранулага 1 дан 8 кггача, толуолни ютилиши 0.2 дан 1,0 мл/г ўртасида бўлади. Француз олимларининг ишларида [40, 3119-3134-б.] 11.5-16.5 мл-экв/л катионалмашинувчи сиғимга эга полимерлар олиш учун полистиролли чиқиндиларнинг геллари сульфонириланади.

Озарбайжон олимлари томонидан полистиролни бутилкаучук билан модификациялаш орқали сульфокатионитлар олинган. Модификацияланган зарбга бардошли полистиролни сульфирлаш, яъни тайёр полимер каркасидан фойдаланиш бундай сульфокатионитларни олиш жараёнини анча соддалаштиради. Олинган сульфокатионитлар саноатда ишлатиладиган КУ-2 га ўхшаш хоссаларга эга эканлиги, шунингдек механик мустаҳкамлиги юқори эканлиги аниқланди [41, 83-85-б.].

Муаллифлар томонидан [42] сульфирланган ғовакли органик материалларни олиш усули таклиф қилинган. Стирол ва дивинилбензолни эмульсияланган сополимерини сульфирлаш сульфат ангидридини сульфат кислотадаги эритмаси ёрдамида амалга оширилди. Масалан: масса

нисбатлари 12,5 стирол, 4,1 дивинилбензол, 1,1 сорбит моноолеат ва 0,24 азобисизобутиронитрил аралашмаси ҳарорат 278 К да реакция олиб борилди. Сув билан эмульсия ҳосил бўлгунича гомогенланади, аралашма 333 К да 24 соат давомида аралаштирилади, ҳосил бўлган сополимер Соксет аппаратида изопропанол билан 18 соат давомида ювилади. Олинган ғовакли сополимер 8%ли олеум билан 453 К да автоклавда 30 минут давомида сульфурланади ва натижада САС қиймати 2,7 мг-экв/г бўлган сульфогуруҳлари тутган сополимер олинган.

Турли маркадаги комплексли амин гуруҳлари тутган реагентларни катионитларга таъсири ўрганилган [43, 131 б.]. Баъзиларини таркибига фақат нейтралловчи ва пленка ҳосил қилувчи аминлар кирган ҳамда дисперсант қўшилган. Комплекс хоссали амин гуруҳлари тутган реагентлар сифатида Helamin ва Cetamine савдо маркаларидаги реагентлар олинган. Комплекс реагентларни таъсирини ўрганиш учун DOWEX Monosphere 650 C, КУ-2х8 сульфокатионитларидан фойдаланилди.

О.Г.Альтшулер ва б. томонидан [44, 907-312-б.] кучли кислотали катионитларда кучсиз электролитлар иштирокида ион алмашиниш жараёни кинетикаси назарияси кўриб чиқилди. Тажрибаларда анестезинни протонланган ва молекуляр шаклларида кучли кислотали катионитлардан: сульфурланган поликаликсарен ва сульфокатионит КУ-23 30/100 десорбцияланиш кинетикаси ўрганилди.

Келтирилган қуйидаги ишда Mn^{2+} ионларини хлорид тузларининг сувли эритмаларидан кучсиз кислотали КБ-4 катионитга ва кучли кислотали КУ-1, КУ-2, КУ-2х8 катионитларга сорбцияланиш жараёнлари, кинетикаси, ҳароратга боғлиқлиги ўрганилди, сорбция жараёнларини фаолланиш энергиялари ҳисоблаб топилди. Mn^{2+} ионларини адсорбцияланиш константалари ҳисобланди, сорбция жараёнларида Гиббс энергиясининг ўзгариш қийматлари топилди [45, 5-7-б.].

Монографияда минерал сувларни тузсизлантиришни турли усуллари бўйича олиб борилган тадқиқотларни шарҳи ва таҳлили келтирилган [46].

Ион алмашилишнинг мувозанатсиз ва ностационар динамикасининг дифференциал тенгламаларини умумий тизими тузилди ва таҳлил қилинди, уни мувоффақиятли амалга ошириш бўйича хулосалар қилинган.

Минераллашган сувларни ионалмашинувли юмшатишнинг ностационар ва мувозанатсиз жараёнлари динамикасининг назарияси ишлаб чиқилди, КУ-2 катионитнинг донасимон қатламини геометрияси ўрганилди, ионли динамика тенгламалари тизими ионларнинг ўлчамсиз нисбий концентрацияларига ўтказилди. Муаллиф томонидан [47] тенгламаларнинг бу тизимини якуний-фарқли схемалардан фойдаланиб ишлаш усули ишлаб чиқилди ва таклиф қилинди. Автоматлаштирилган ечим учун махсус дастурий комплекс ишлаб чиқилди. Ташқи масса ўтиш коэффициентини ва ионит донасининг ичидаги ички ионалмашинув диффузияси коэффициентини аниқлаш учун ҳисоблаш тенгламалари тузилган. Катионитли филтрларни динамик характеристикаларини аниқлаш бўйича муҳандислик-техник ишчилар учун соддалаштирилган тенгламалари яратилди. Урanni эритмалардан ажратиб олиш учун кўпинча анионитлар, фосфор тутган катионитлар (АМ, АМП, хорижий Purolite, Lewatit) ишлатилади. Нурлантирилган ядро ёқилғисини қайта ишлашдан қолган эритмаларидан Cs ни ажратиб олиш учун сорбция-десорбция такрорланадиган цикларида ФС-10 (мис-калий ферроцианиди) сорбент ишлатилади. Радиоактив нодир ва трансплутонийли элементларни сиқиб чиқарадиган комплекс ҳосил қилувчи хроматография усулида бўлиш ва ажратиб олиш учун КУ-2х8 сульфокатионитлари ёки унинг хорижий аналоглари ишлатилади. Дончаларининг ўлчами тор тақсимотга эга монодисперс сорбентлар энг юқори самарадорликни намоён қилади.

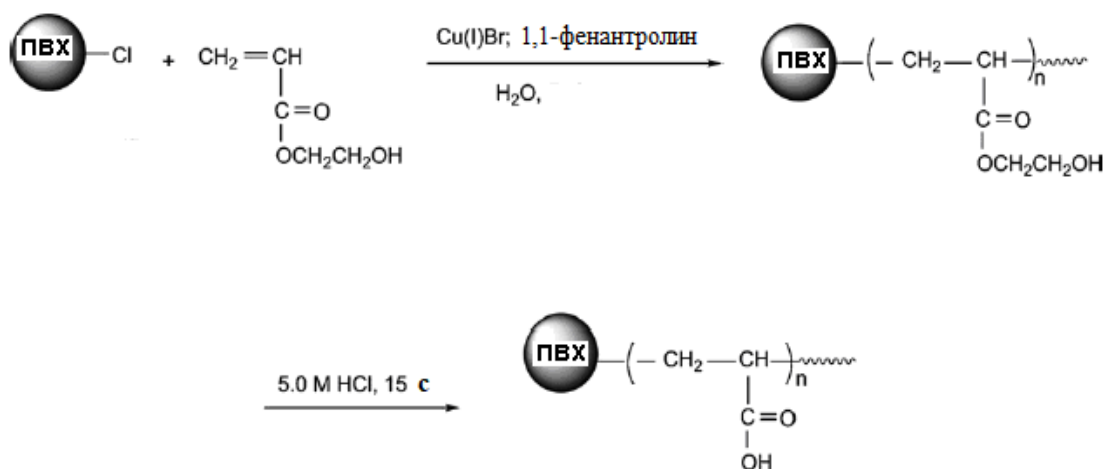
Муаллифлар томонидан кўрсатиб берилганки [48, 153-б.], оғир нефт смолалари ва асфальтенлар сорбентлар олиш учун энг яхши хом ашё ҳисобланади. Ушбу хом ашёлардан олинган полимерларни сульфолаш орқали олинган сульфокатионитларни сорбцион характеристикаларини ошириш учун муаллифлар томонидан уларни синтез қилиш бўйича янги

усуллар ишлаб чиқилган, натижада статик алмашинув сифими 3.39 мг-экв/г гача бўлган маҳсулотлар олинган. Олинган сульфокатионитлар сорбцион сифимига кўра анъанавий ионалмашинувчи материаллардан қолишмайди. Олинган сульфокатионитларни сорбцион характеристикаларини экспресс баҳолаш учун ИК-Фурье спектроскопия усулидан фойдаланиш имкониятлари кўрсатиб берилган. Ундан ташқари, асфальтенларни ва оғир нефт смолаларини натрий перкарбонатнинг сувли эритмаси ёрдамида оксидланишли термодеструкцияси ёрдамида сувни органик моддалардан тозалаш учун оксидатлар олинган. Сувли эритмалардан фенолларни ажратиб олиш даражасига қараб олинган оксидатлар фаоллаштирилган кўмирга яқинлиги кўрсатиб берилди. Шундай қилиб, оғир нефтларни асфальто-смолали концентратлари асосида самарадорлиги юқори бўлган, сувни тозалаш ва тайёрлаш жараёнида ишлатиладиган сульфокатионитлар ва сорбентлар олиш мумкин.

Турли йўналишларда олинган полимерларни физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш орқали уларнинг қўллаш соҳалари аниқланади. Полимер гелларни сувдан сувли эритмаларга олиб ўтиш вақтида бўкиш кинетикасини таърифлаб берадиган физико-математик модели таклиф қилинди ва тажриба ёрдамида текширилди. КУ-2х4 ва КУ-2х8 катионитларни К-шаклида ва АВ-17х8 анионитни СІ-шаклида турли концентрациядаги КСІ эритмаларида, чокланган поливинил спиртини (ПВС-20) сахароза эритмасида бўкиш кинетикаси ўрганилди. Алоҳида полимер доначаларини ўлчамларини бўкиш шароитига таъсири ўрганилди [49, 795-812-б.].

Турли физик кимёвий хоссаларни намоён қилувчи ион алмашинувчи ионитлар олинмишида фойдаланиладиган хом ашёлар арзон, кўп ишлаб чиқарилиши ва ионит олинмишга кимёвий жиҳатдан мойил бўлиши керак. Муаллифлар ишида [50, 1900-1907-б.] ПВХни гидроксиэтилакрилат (PHEA) билан модификациялаш учун мис билан комплекс ҳосил қилган SI-ATRP системасидан фойдаланди. Реакция сувли муҳитда 10 соатда энг юқори унумга эришилган. Олинган PHEA-ПВХ сополимерини гидролизлаш

натижасида қуйидаги тузилишли РАА-ПВХ деб аталувчи пайванд сополимер ҳосил бўлган



РНЕА-ПВХ ва РАА-ПВХ сополимерларини физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш мақсадида Cu(II), Hg(II), Zn(II) ва Cd(II) каби оғир металл ионлари кучсиз кислотали муҳитда сорбцияси ўрганилди. Олинган натижалга кўра юқори сорбцион хоссали Hg(II) ионларига селектив катионит ҳосил бўлган. Катионитнинг сорбцион хоссаси 10 марта регенерация қилинганда ҳам сақланиб қолган.

Сульфокатионитнинг хоссаларига оид юқорида кўрсатилган адабиёт шарҳидан келиб чиқиб шуни айтиш мумкунки, ушбу катионитларни олишда хом ашё сифатида арзон ва қулай материалларни қўллаш ва оддий технология орқали синтез қилишга қаратилмаган. Келтирилган адабиётларда сульфокатионитларнинг синтезига тўлиқ тавсиф берилмаган. Қўйилган вазифалар туфайли, кенг миқёсида қўлланиладиган сульфокатионитнинг олиниши ва тадқиқ қилинишининг асосий технологик таснифлари кўриб чиқилган. Кўриб чиқилган тадқиқотларнинг натижалари шуни кўрсатадики, кимёвий, гидрометаллургия ва бошқа саноат соҳаларига, шунингдек, иссиқлик энергетикаси ва саноат сув тайёрланиши соҳаларига ион алмашинув технологияларининг киритилиши, юқори бўлмаган алмашинув сифими, механик мустаҳкамликнинг, термо-кимёвий мустаҳкамликнинг қуйи кўрсаткичлари туфайли унчалик ҳам эффектив эмас.

Юқорида келтирилган ишларда ион алмашинувчи материаллар олишнинг турли усуллари келтирилди. Юқори физик-кимёвий хусусиятга эга бўлган полимер ва сополимер материаллар синтез қилиш учун учун анъанавий усуллар фойдаланиш сезиларли даражада пасаймоқда. Ҳозирги вақтда турли хоссали полимер материаллар ишлаб чиқаришнинг кенг ривожланаётган йўналишлардан бири бу мавжуд полимерларни модификациялашдир. [51, 63-68-б.; 52, 339-371-б.; 53, 428-б.; 54, 1946-1958 б.]. Ушбу йўналишда саноатда кенг қўлланиладиган, турли физик-кимёвий хусусиятларга эга бўлган полимер материаллар олиш имконини беради. Шундай хоссали полимерлар олишда поливинилхлорид (ПВХ) катта қизиқиш уйғотади, чунки ПВХ кўптоннажли полимер бўлиб у асосида 3000 дан ортиқ турдаги полимер материаллар ишлаб чиқарилади. Булар орасида ион алмашинувчи ионитлар ишлаб чиқариш учун ПВХ дан фойдалиниланган ишлар ҳозиргача маълум. Шунини инобатга олиб, ПВХни модификациялаш реакцияларини ўрганиш орқали таркибида сульфогрухлари тутган кучли кислотали катионитлар олиш усуллари ҳақида фикр юритиш мумкин. Бунинг учун ПВХни олтингугуртлаш реакцияларини ўрганиш талаб қилинади.

Поливинилхлорид билан олтингугурт реакцияси. Қуйи молекуляр алканлар билан олтингугуртнинг реакцияси етарлича ўрганилган [55, 1979-1984 б.]. Реакция сульфидлар ва полисульфидларнинг ҳосил бўлиши билан кечади, улар эса ўз навбатида тўйинмаган бирикмаларга, водород сульфидларга, углерод, олтингугуртга ва ароматик олтингугуртли гетероҳалқаларга парачаланади. Ушбу реакция (олтингугуртнинг парафинлар ва нефт мойлари билан таъсирлашиши) водород сульфидни олишда кенг қўлланилади.

Ўзининг ёнаки алифатик занжирида галоген сақловчи алкил ва алкенилбензоллар билан олтингугуртнинг таъсирлашиши тифоен, бензотиофен, 1,2-дитиолентион-3 каби ҳосилаларнинг ҳосил бўлишига олиб келади (Воронков реакцияси) [56, 56 б.]. Полиэтиленга, полистиролга ва поли(5-винил-2-метилпиридин)га олтингугуртнинг таъсири Б.А.Трофимов ва

унинг ходимлари томонидан чуқур ўрганилган [57, 283-305 б.]. Олтингугуртлашда ушбу полимердаги олтингугуртнинг максимал миқдори 80% (полиэтилен) ва 67% (полистирол) ташкил қилади. Олтингугуртланган полиэтилен конденсацияланган полиэтиленотиофенли ва полинафтотиенотиофенли блокларни сақлайди. Полистирол билан олтингугуртнинг таъсирлашишида асосан поли (4,5,6,7-тетратионо-4,5,6,7-тетрагидробензотиофен-2,3-диил) фрагментларни сақловчи тикилган олтингугуртли полимер ҳосил бўлади. Натижада шу нарса аниқландики, токнинг литийли манбаларининг фаол катодли материали сифатида олтингугуртланган полиэтилен ва полистиролни қўллаш 320-340 мА/соат гача солиштира разрядли сифимга эга элементларнинг кўп марта циклланишини таъминлайди.

Бу реакциялар саноатнинг турли мақсадлари учун олиб борилган. Юқоридаги полимерлар ва олтингугуртнинг реакциялари билан бир қаторда саноатнинг кўп соҳасида қўлланиладиган поливинилхлорид ва олтингугуртнинг реакциялари бир гуруҳ олимлар томонидан ўрганилган [58, 1286–1293 б. 59, 629–633 б.].

Адабиётларда олтингугурт атомлари тутадиган термостабилизаторлар диалкилқалай ҳосилалари ва термооксидланиб парчаланиш ингибиторлари – диалкил сульфидлардан ташқари, олтингугурт тутувчи бирикмаларни поливинилхлоридни стабилизаторлари сифатида қўлланилиши ҳақида маълумотлар йўқ эди [60, 81-85-б.]. Бундай ҳолатда, элементар олтингугуртнинг поливинилхлорид деструкциясига таъсирини ўрганиш фойдали ҳисобланади.

Муаллифлар [61, 279 б.] барботаж типдаги реакторда 448 К да ПВХ ёки пластификаторли ПВХ нинг олтингугурт билан термик ва термооксидланишли дегидрохлорланиш реакциялари олиб борилди. Реакция зонасидан, ажралиб чиқаётган HCl ни азот ёки ҳаво оқими ёрдамида олиб чиқилади. Қаттиқ ва мураккаб эфирлар билан пластификацияланган ПВХ дан

HCl нинг термик ва термооксидланиб чиқиши жараёнига элементар олтингугуртнинг таъсири ўрганилган.

Пластикат ПВХга олтингугуртнинг киритилиши полимернинг термик дегидрохлорланиш тезлигини пасайтиради, бунда HCl ажралиб чиқиши жараёнининг кинетик ифодаси чизиқли кўринишга эга бўлади. ПВХ да олтингугуртнинг миқдори 20 ммоль/моль бўлганида ПВХ нинг дегидрохлорланиши тезлиги максимал пасайиши кузатилади ва полимерда олтингугуртнинг миқдори яна ортиши тезликка бошқа таъсир қилмаган. Конго-рот индикатори усули бўйича кўрсатилганки, ПВХнинг деструкциясида олтингугурт HCl ни акцепторламайди. ПВХ нинг термооксидланиб деструкциясида олтингугуртнинг мустаҳкамлаш эффективлиги сезиларли ортади, бунда анъанавий антиоксидант – дифенилолпропаннинг (ДФП) эффективлигидан ҳам ортиқ бўлади. Олтингугурт билан ПВХ нинг термооксидлаб дегидрохлорланиши тезлигининг ифодаси чизиқлилигича қолади. ПВХ ни термооксидлаб дегидрохлорланиши тезлигининг олтингугурт миқдorigа боғлиқлиги, ДФП ишлатилганидаги каби, ўзига хос экстремал кўринишга эга. Олтингугуртнинг миқдори 0,05-2 ммоль/моль бўлганида энг яхши натижалар олинган. Олтингугурт бўлганида ПВХ нинг термооксидлаб дегидрохлорланиш тезлигининг пасайиши, ПВХ нинг термик парчаланишининг тегишли тезликларигача давом этади, бу эса стабилизатор-антиоксидантларга хос ҳисобланади[62, 629–633 б.].

Мураккаб эфир пластификаторлар (диоктилфталат ДОФ, диоктилсебцинат ДОС) билан пластификацияланган ПВХ нинг элементар олтингугурт билан бирикиши, полимернинг термооксидлаб дегидрохлорланиши тезлигини пасайтиради. Пластикацияланган ПВХ нинг дегидрохлорланиши тезлигининг олтингугурт миқдorigа боғлиқлиги экстремал кўринишга эга, бунда диоктилфталат ва диоктилсебцинат билан пластикацияланган ПВХ даги олтингугуртнинг миқдори 1-2 ммоль/моль бўлганида, полимернинг дегидрохлорланиш тезлиги максимал тушиб кетади.

Олтингугурт ва дифенилолпропаннинг антиоксидант сифатидаги эффективлиги ПВХ-пластикатларда деярли бир хил. Қайд этиш жоизки, анъанавий органик антиоксидантларга караганда, олтингугурт нисбатан енгил массага эга бўлгани учун полимер композицияга киритиладиган олтингугуртнинг оптимал миқдори 0,02-0,05 масс. с./100 масс. с. ПВХ атрофида бўлади (ПВХ учун маълум бўлган органик стабилизатор-антиоксидантларга караганда бир неча марта кам), бунда олтингугуртнинг келиб чиқиши (нефткимёвий ёки табиий) унинг мустақамлаш эффективлигига таъсир қилмайди [63, 641–645 б.].

Элементар олтингугурт бўлганида ПВХ нинг термооксидланиш тезлигининг пасайиши пластификацияланмаган ПВХ нинг термик деструкциясининг тегишли тезлигига давом этади. Аниқки, элементар олтингугурт пластификаторни оксидланишдан мукамал ҳимоя қилади (стабилизатор- антиоксидант), у эса ўз навбатида сольватли мустақамлаш орқали ПВХ нинг термостабиллигини кўпайтиради (“эхо мустақамлаш” номи билан маълум эффект). Стабилизатор-элементар олтингугуртнинг критик концентрацияси борлигидан далолат беради, бу анъанавий антиоксидантларга, хусусан, феноллар ва аминлар синфларига кирувчи моддаларга хос ҳисобаланади [64, 107–112 б.].

Шундай қилиб, элементар олтингугурт қаттиқ ва пластификацияланган ПВХ нинг термооксидланиб дегидрохлорланиш жараёнига нисбатан юқори ингибирлаш хоссасига эга ва амалиётда қўллаш бобида катта қизиқиш уйғотади.

Поливинилхлориднинг олтингугурт билан таъсирини муаллифлар [65, 865 б.] ишда юқори сифатли плёнкалар олиш мақсадида олиб боришган. Реакцияда Усолъе-Сибирда жойлашган “Химпром” комплексида эмульсион полимерлаш орқали олинган саноатда қўлланилувчи ПВХ дан фойдаланилди. Ушбу ПВХ – ДМФА да, ДМСО да, циклогексанонда (ЦГ), 1,2,4-трихлорбензолда (ТХБ) яхши эрийди ва у қуйидаги хоссаларни намоён этади: Фикентчер константаси $K_f=62-63$; $T_{\text{парчал}}=393 \text{ К}$, солиштирма сирт $1,81 \text{ см}^2/\text{г}$.

ПВХ билан олтингугуртнинг таъсирланишини [66. 69-75 б.] ТХБ муҳитида ва эритувчи иштирокисиз амалга оширилди. Эритувчидаги жараёни 490 К ҳароратда 3 ёки 6 соат давомида жадаллик билан аралаштириш орқали турли моль нисбатларда $PBX:S = 1:1, 2:1$ ва $3:1$ да ўтказилди. Ушбу ҳароратда олтингугурт ва ПВХ тўлиқ эритмага ўтади. Олтингугурт ва ПВХ нинг эритувчи иштирокисиз кукунсимон аралашмаси реакциясини 573 К ҳароратда $PBX: S 2.3:1$: ёки $10:1$ моль нисбатларда амалга оширилди. Икки ҳолатда ҳам дастлабки соат мобайнида водород сульфидининг ва водород хлоридининг жадаллик билан ажралиб чиқиши кузатилади. Шундан сўнг газ ҳосил бўлиши яқунланади. S ва Cl сақловчи якуний маҳсулот (полимер) унуми ва реакция шароити қуйидаги 1.1.1-жадвалда келтирилган.

Реакция ҳароратлари: 490 К (1-5- тажрибалар), 483-503 К (6- тажриба) ва 573 К (7 -тажриба); давомийлиги: 3 соат (1,2- тажрибалар) ва 6 соат (3-7 - тажрибалар). Олтингугуртланиш маҳсулотлари ўзи билан бирга органик эритувчиларда эримайдиган қора рангли кукунларни намоён қилишади.

Реакция киришмаган олтингугуртни полимердан Сокслет экстракторида қайноқ бензол билан ювилди. Шундан сўнг тозаланган полимерда C, H, S ва Cl миқдорлари аниқланди (қуйидаги 1.2.1-жадвал).

1.1.1-жадвал

ТХБ муҳитида олтингугуртнинг ПВХ билан (1-5- тажрибалар) ва эритувчи иштирокисиз (6,7-тажрибалар) таъсирланиши

Тажриба, №	ПВХ:S моль нисбати	Реакцияда массасининг камайиши	Аниқланди, %			
			C	H	S	Cl
1	1:1	68	45,0	5,13	3,77	44,71
2	2:1	40	44,0	4,90	2,32	49,56
3	1:1	52	52,93	3,48	21,08	16,31
4	2:1	74	46,45	5,57	7,82	40,36
5	3:1	86	46,79	4,62	7,0	35,16
6	2.3:1	91	35,85	1,23	57,64	1,86
7	10:1	93	42,73	1,17	47,99	0,62

Олтингугуртни ПВХ билан 1:1 ва 1:2 моль нисбатларда қайноқ ТХБ да (490 К) 3 соат давомида реакциясини ўтказишда ҳосил бўлган полимерда кимёвий боғланган олтингугурт миқдори 3,8 ва 2,3% (юқоридаги жадвал, 1 ва 2- тажрибалар) ташкил қилди. Ҳудди шу жараёни олтингугурт ва ПВХ нинг тенг моль нисбатларида 6 соат давомида ўтказишда олтингугуртланган полимерда кимёвий боғланган олтингугуртнинг миқдори максимал 21,1% қийматни намоён этди (юқоридаги 1.1.1-жадвал, 3- тажриба). Бунда унинг таркибида 16,3% хлор бор эди, дастлабки ПВХ да эса хлор миқдори 56,8% ташкил этган.

Ушбу шароитларда ПВХ:S нисбатини 2:1 ва 3:1 гача (юқоридаги жадвал, 4 ва 5- тажрибалар) ошириш, ҳосил бўлган полимерда олтингугурт миқдорини 7,8 дан 7,0% гача пасайишига олиб келади.

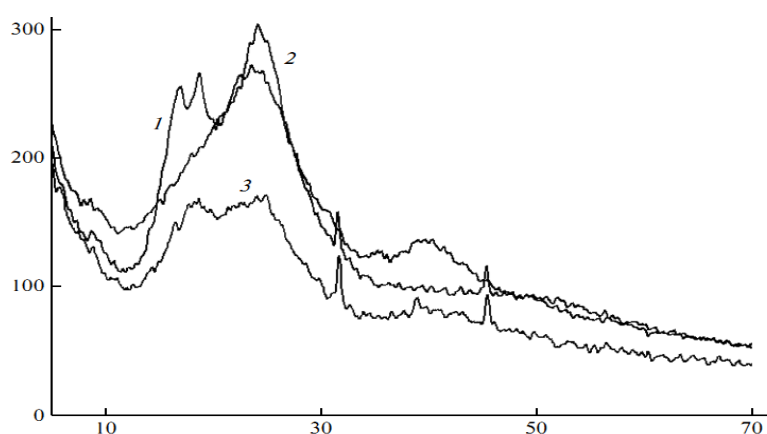
Олтингугуртни ПВХ билан эритувчи иштирокисиз 6 соат давомида реагентларнинг 1:2.3 (490 К) ва 1:10 (573) моль нисбатида таъсирланишида олтингугуртланиш жараёни жадаллик билан содир бўлади (юқоридаги жадвал, 6 ва 7- тажрибалар). Ҳосил бўлган полимерларда кимёвий боғланган олтингугуртнинг миқдори 57,6 ва 48,0%, хлор миқдори эса 1,9 ва 0,6% тегишлича ташкил этади.

Шундай қилиб, олинган экспериментал маълумотлар шуни кўрсатадики, олтингугуртнинг кукунсимон аралашмасининг ПВХ билан таъсирланиши 50-60% кимёвий боғланган олтингугуртни ва 0,5-2% хлорни сақловчи полимерни олиш имконини беради.

Ҳосил бўлган полимерларнинг ИК-спектрларида $1630-1650\text{ см}^{-1}$ доираларда ютилиш чизиқлари кузатилди, ушбу ютилишлар $>C=C<$ боғларнинг валент тебранишларига хосдир. Ушбу чизиқларнинг пайдо бўлиши винилхлоридли поғоналарнинг дегидрохлорланиши билан боғлиқдир. 1093 см^{-1} даги чизиқ тион (максимал $963, 1259$ ва 1427 см^{-1}) гуруҳининг ($C=S$) валент тебранишига хос. Барча ўрганилган намуналар учун $2966, 2922$ ва 2862 см^{-1} соҳаларда ютилиш чизиқлари кузатилиб, улар скелетли C-C, деформацион C-H ва деформацион CH_2 тебранишларига

хосдир. Намуналарнинг ИК-спектрларида (юқоридаги жадвал, 1-5-тажрибалар) 693 ва 635 см⁻¹ доираларда жадал ютилиш чизиклари аниқланиб, улар ўз навбатида C-Cl валент тебранишлари учун хосдир ва улар макромолекуланинг тескари изомер структурасига сезувчандир. 6- ва 7-тажрибалардаги шароитларда олинган полимерларнинг ИК-спектрларида 693 ва 635 см⁻¹ доирасида ютилиш чизиклари кузатилмади. D_{635}/D_{693} чизиклари жадаллигининг нисбати (синдиотактиклик индекси) полимерлар тузилишининг тартибланиш меъёри ва кристалланиш даражаси бўлиб хизмат қилади [67, 283-305. 68, 26-32 б. 69, 1877-1879 б.]. Олтингугуртлашган реакция маҳсулотларининг термик барқарорлиги эмульсион ПВХ никига караганда юқоридир. Бу олтингугуртланган ПВХ нинг бошланғич парчаланиши (603-613 К да) ва тўлиқ парчаланиши (973-1073 К гача) хароратининг ортиши сингари тўлиқ парчаланишдаги деструкция тезлигининг пасайишини кўрсатади. Ўрганилаётган намуна асосий массасининг йўқолиши босқичида парчаланиш тезлиги ПВХ ҳолатига нисбатан анча камроқдир.

Дастлабки ПВХ нинг дифракцион эгри чизик 24°30' ва 39°30' сочилиш бурчакларида иккита аморф галога ва улар устидаги кристалл пиклар гуруҳига эга (1.2.1-расм).

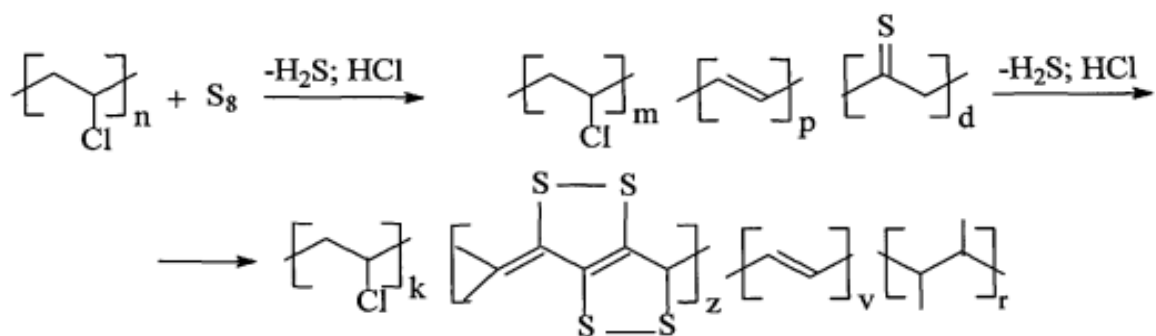


1.2.1- расм. ПВХ намуналарининг дифрактограммаси (1) ва уни 57,64 (2) ва 7,82% S (3) сақловчи олтингугурт билан таъсирланиш маҳсулотлари (2,3).

Рентгенограммалардаги аниқланган рефлексларни полимер занжиридаги синдиотактик қисмларнинг мавжудлиги билан тушунтириш мумкин: Ўрганилаётган ПВХ нинг синдиотактик индекси 1.3 га тенг. Ўрганилаётган намунанинг (юқоридаги жадвал, 4-тажриба) ва дастлабки ПВХ нинг дифрактограммалари амалий жиҳатдан ўхшашдир (1.2.1-расм, 1 ва 3- эгри чизиклар). Бу ПВХнинг сульфурланиш жараёнидаги структуравий хоссалари ўзгармаганлигини англатади. Маълумки, кристалл ПВХ юқори даражадаги синдиотактикликка эгадир, бу тўғрисида 635 см^{-1} доирадаги жадал чизикларнинг ва -690 см^{-1} доирадаги кучсиз чизикларнинг мавжудлиги далолат беради, бунда 1,2 мономер поғоналарни сақловчи ПВХ нинг синдиотактик қисмлари бор бўлган макромолекулаларигина кристалланиши мумкин. Полимернинг кристалланиш даражаси полимерланиш ҳароратининг пасайиши билан кузатилади. Масалан, 323 К ҳароратда ПВХ нинг кристалланиш даражаси 13%, 333 К ҳароратда эса 24% ташкил этади [70, 131–134 б.].

Олтингугурт билан ПВХ реакцияси маҳсулотларидан (юқоридаги жадвал, 1,2,4 ва 5 тажрибалар) вальцлаш (жўвалаш) усули орқали диоктилфталат иштирокида 433-463 К да қора мустаҳкам плёнкалар олинди. 57,64% олтингугурт сақловчи намунанинг диоктилфталат ёки дибутилфталат билан аралашishi бир турдаги аралашманинг ҳосил бўлишига олиб келмайди. Эритувчисиз реакцияни ўтказиш (6 ва 7 тажрибалар) ПВХ нинг чуқур сульфурланиши билан олиб борилади: хлор миқдори атига 1,86 ёки 0,62% ташкил этади. Реакциянинг бундай маҳсулоти вальцлашга (жўвалашга) муносиб эмас.

Юқоридаги адабиёт [67, 283-305. 68, 26-32 б. 69, 1877-1879 б.] маълумотлари ва элемент анализи ҳамда ИК-спектроскопия натижалари асосида ПВХ кимёвий ўзгаришининг қуйидагича гипотетик йўлларини келтириш мумкин. Полимерни олтингугурт билан реакциясининг биринчи босқичларида (масалан, 4 - тажриба, бу ерда олтингугуртнинг ҳисобланган ва аниқланган миқдори 7,61 ва 7,82% тегишлича):



бу ерда, $\kappa=5$, $z=1$, $v=1$.

Чуқур сульфурланиш ҳолатида полимер занжири асосан поликонденсацияланган тиено[3, 2-б]тиофен блокларидан ташкил топган (масалан, 6- тажриба, бу ерда олтингугуртнинг ҳисобланган ва аниқланган миқдори 57,1 ва 57,64% тегишлича):

Шундай қилиб, олтингугуртнинг ПВХ билан таъсирланиш реакциясини ўрганиш натижалари хлор сақловчи полимернинг термик барқарорлиги ортишидан далолат беради. Бунда шу нарса аниқландики, 3,77-7,82% олтингугурт сақловчи ПВХ вальцлашга (жўвалашга) нисбатан ўзининг барқарорлигини йўқотмайди. Жипслашган иккита боғларга ва гетероҳалқаларга эга синтез қилинган ҳамда олтингугурт даражаси юқори бўлган полимерлар янги кимёвий ток манбаларини яратиш учун истиқболли материаллар ҳисобланади[71, 7-11-б.].

ПВХга олтингугуртни модификациялаш учун натрий трисульфид билан реакциялари ўрганилганда этиленгликолдаги эритмада, ҳарорат 463 К ва реакция давомийлиги 48 соат бўлган вақтда олиб борилган. Бунда олтингугурт ион радикалининг ҳужумида элиминланиш ва ўрин алмашилиш реакция орқали 88,7% гача $[\text{Na}_2\text{S}_3/\text{Cl}]$ хлор билан натрий трисульфид алмашинган маҳсулот ҳосил бўлган[72, 88-93 б.]. Демак бошқа металлларнинг сульфид ёки полисульфидлар билан поливинилхлоридни модификациялаш истиқболли сорбентлар синтезининг бир йўналиши бўлиши мумкин. Бундай олтингугурт модификацияланган ПВХ ни ионитлар синтези соҳасига

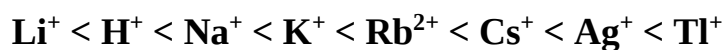
фойдаланиш истиқболли сорбентлар синтези учун жуда муҳим бўлиши мумкин.

Ионитларнинг металл ионларини сорбцияси. Ҳозирги кунда рангли металларни олиш учун технологик жараёнларга катта миқдорда қолдиқларни берувчи қаровсиз рудаларнинг катта ҳажми жалб этилмоқда, қисман оқова сувлар ҳам шулар жумласидандир. Рангли металлургия катта миқдорда сувни сарфлайди [73, 223 – 228 б.]. Унинг умумий сувни сарфлаш улуши 10% ни ташкил қилади, бунда гидрометаллургия жараёнига ҳар йили 10 млрд.м³ сув сарфланади. Ушбу миқдордан 8% қишлоқ хўжалигига ва 92% саноат аҳамиятига сарфланади, унинг 50% янги сув билан қолган 50% эса қайтар сув таъминотининг системасидаги тозаланган оқова сувлар билан таъминланади. Бунда сувни Ca²⁺ ва Mg²⁺ ионлардан тозалаш асосий муаммо бўлиб, бу муаммони ионитлар ёрдамида ажратиб олиниб ҳал қилинади [74. 206-214 б.].

Полистирол ва дивинилбензол чокланишидан олинган сульфокислотали қатронлар хоссаларини синтез вақтида назорат қилиш мумкин бўлган биринчи юқори сифатли арзон қатронлардан бири ҳисобланган.

Улар устида муҳим тажриба ишлари олиб борилган [75, 361 – 370 б.]. Улар шунингдек, назарий жиҳатдан ҳам ўрганилган, улар учун алмашилиш қонуниятлари ва таъсир қиливчи факторлар аниқланган – чокланиш даражаси, алмашилиш сиғими, бўкиш ва ҳ.к. Ушбу қатронлар назария учун жуда қизиқ ҳисобланиши аниқланди. Сульфокатионлар бошқа кўпчилик катионларга нисбатан кам спетсификага эга. Бу ерда асосий ролни ионалмашинувчи моддаларга тааллуқли, бошқа қатронларда ионитлар билан кимёвий таъсирлашув орқали маскировка бўладиган носпетсифик эффектлар ўйнайди. Ушбу қатронларда органик матритса нисбатан содда ва кимёвий инерт. Демак, биз содда органик полимер-ионитлар билан иш олиб борамиз, уларда уларни бошқа чокланмаган полимерлар ва концентрланган эритмалардан фарқлайдиган афзалликлари яхши аниқланади. Биз шунингдек, ушбу ионитларнинг алмашилиш бўйича назарияларига тўхталамиз. Бу ерда уларнинг селективлиги бўйича сифат хоссаларини қатор кўринишида

келтирамиз. Бир зарядли ионларнинг алмашинуви учун қуйидаги селективлик қатори келтирилган:



Қатордаги ҳар бир кейинги ион ундан олдингисига қараганда селективроқ сорбцияланади. Фақатгина ишқорий металллар ионларини қатор кўринишида ўрганишни ўзи селективлик ортишини кўрсатмоқда.

-гидратланмаган ионнинг радиуси ортганида (энг кичиги литийда ва энг каттаси сезийда);

-гидратланган ионнинг радиуси камайишида (энг каттаси литийда ва ками сезийда);

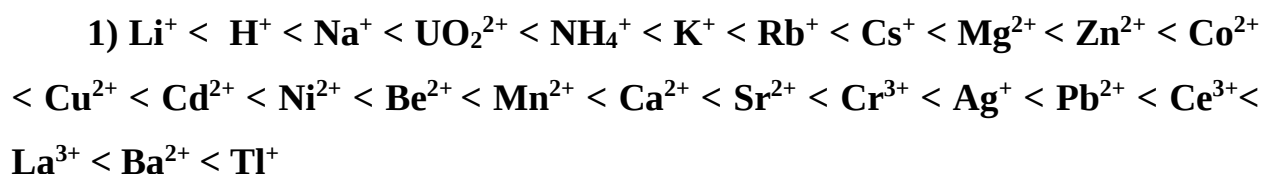
-ионларнинг гидратланиш энергиялари камайишида (литийда энг каттаси ва сезийда энг ками);

- тегишли ионитлар моношакллариинг гидратланиш даражаси камайишида (энг каттаси литийда ва энг ками сезийда).

Бўкишни камайтирувчи чокланиш даражаси ортганида селективлик ортади. Икки зарядли ионларнинг ион алмашинуви қуйидаги қаторда келтирилган:



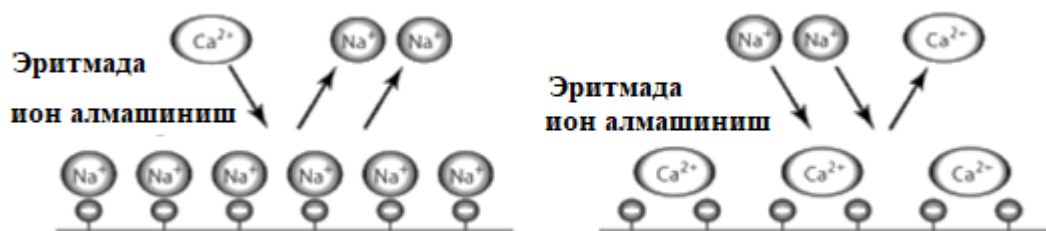
Ишқорий ионлар қаторига ўхшайди ва улар каби тушунтирилади. Турли зарядли ионларнинг селективлигни қаторларда ўзаро жойлашувини кўриб чиқамиз. Адабиётларда [76, 43-46 - б.; 77, 55-58 - б.; 78, 201-214 - б.]: турли қаторлар келтирилади, масалан қуйидагилар:



Бошқа сульфокислотали ионитлардаги алмашинувнинг афзалликларини кўриб чиқамиз. Поликонденсацияланган катионитлар полимерланганларидан фарқи, бу матрица табиати ва унинг тузилишидаги бир маромдамасликдир. Биринчи навбатда булар - фенолформалдегидли ионит КУ-1,

нафталинформалдегидли катионит КУ-5 ва атсенафтен-формалдегидли катионит КУ-6. КУ-1 ва КУ-6 катионитлар икки функционалдор. Сульфогуруҳдан ташқари фенол (КУ-1) ва карбоксил (КУ-6) гуруҳлар тутати. Аниқландики, ушбу катионитларда, полимерланганларига қараганда икки валентли ионлар кучсиз сорбцияланади. Тузилишнинг бир маромда эмаслиги туфайли ионнинг координациялайдиган хусусияти минимал даражада деб қаралади. Бошқа томондан, ишқорий муҳитдаги бир валентли ионлар алмашинувида, сульфофенол ионитда K^+ , Pb^{2+} ва Cs^+ ионларига селективлик сезиларли даражада ортади, бунинг сабаби ушбу ионлар ионланган фенол билан спетсифик таъсирлашувидадир. [79, 815-819 - б.; 80, 84-90 - б.]

Ҳозирда ишлатиладиган кўплаб катронлар стирол ва дивинилбензолнинг сополимеризациясига асосланган ва сульфо ($-SO_3H$) гуруҳлари томонидан киритилган узун занжирда эримайдиган полимерлардир. Одатда катионитни бир неча бор сувни тозалаш учун хлорид кислота ва натрий гидроксидлардан ёки 5% NaCl эритмасидан фойдаланилади [81. 67 б.]. Одатда, сувни юмшатишда ишлатиладиган кучли кислотали ион алмашинувчилари натрий тузлари ($R-SO_3Na$) шаклида қўлланилади, чунки Na^+ ионлари фаол ва Ca^{2+} ва Mg^{2+} билан осонликча сувда алмашинади [82. 147 б. 83. 234 б.].



Сувда эриган кальций ва магний ионлари катронлардан сувга чиқариладиган натрий ионларининг тенг миқдорини алмаштириш орқали боғланади, шунда сувда эриган қаттиқ моддаларнинг умумий миқдори pH ва анион таркиби каби ўзгармайди. Ушбу алмашинувлар катронлар учун ҳеч қандай физикавий

ўзгаришсиз амалга оширилади. Кучли кислота катионлари алмашинувчилари жуда кенг рН оралиғида ишлайди, чунки кучли кислотали сульфонат гуруҳи ($-\text{SO}_3^{2-}$) 1 дан 14 гача рН оралиғида ионланади. Сувни юмшатиш учун ишлатиладиган КУ-2, Амберлит-ИР, Лёватит-С, Пуrolит-С катионлари алмашинуви жаҳон бозорида учрайди. Ушбу катронларнинг баъзилари учун физик-кимёвий хусусиятлар ва ишлаш принципи, эритмадаги мувозанат жараёни, мувозанат жараёнларининг термодинамикаси ва кинетикаси бўйича экспериментал тадқиқотлар ўтказилди [84, 295-301 - б.; 85, 569-573 - б.].

Ҳозирги кунда рангли металлларни олиш учун технологик жараёнларга катта миқдорда қолдиқларни берувчи қаровсиз рудаларнинг катта ҳажми жалб этилмоқда, қисман оқова сувлар ҳам шулар жумласидандир. Рангли металлургия катта миқдорда сувни сарфлайди [86, 196–202-б.; 87, 721–727 б. 88.; 2387–2392 б.].

Турли хил металл ионларининг катионитларга ютилиш кинетикасини таҳлил қилишда бир қанча моделлар мавжуд бўлиб кенг доирада ўрганилган.

1.1.2-жадвал.

Сорбция жараёнлари учун кинетик моделлар

Кинетик модель	Тенгламалари	Боғлиқлиги
Псевдо-биринчи тартиб [89, 470–480 б.]	$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \left(\frac{k_1}{2.303}\right)t$	$\log(q_e - q_t)$ ва t
Псевдо иккинчи тартиб [89, 475–483 б.]	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$	$\frac{t}{q_t}$ ва t
Элович[90, 265 б.]	$q_t = \beta \ln(\alpha\beta) - \ln t$	q_t ва $\ln t$
Intraparticle-diffusion[91, 31-59 б.]	$q_t = K_p t^{1/2} + C$	q_t ва $t^{1/2}$
Бойд [92, 35-42 б.]	$B_t = -0.4977 - \ln\left(1 - \frac{q_t}{q_0}\right)$	B_t ва t
Бангхамъс модел[93, 721–727 б.]	$\log\left(\log \frac{C_t}{C_0} - q_t m\right) = \log k_0 + q_t \log t$	$\log\left(\log \frac{C_t}{C_0} - q_t m\right)$ ва $\log t$

Кўплаб илмий ишларда адсорбция жараёнларининг кинетикаси псевдо-биринчи тартиб ва псевдо-иккинчи тартибли моделлар орқали ўрганилган. Хусусан пемза асосидаги адсорбентга сунъий эритмалардан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг адсорбцияси псевдо-иккинчи тартибли кинетик модел асосида кинетик параметрлар ҳисоблаб топилган[2, 295-305 - б.; 94, 263-272 - б.].

Турли эритмаларда сорбентларга ионларнинг сорбция жараёнларни таҳлил қилишда сорбция изотермаси тузиш ва системанинг мувозанат ҳолатини ўрганиш асосий тадқиқот натижаси бўлиб хизмат қилади. Сорбция жараёнлари кўплаб изотерма моделларидан фойдалинилади [95, 1–24 - б.].

1.1.3-жадвал.

Сорбция жараёнлари учун изотерма моделлари.

Ленгмюр	$q_e = \frac{q_0 b C_e}{1 + b C_e}$	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b Q_0} + \frac{C_e}{Q_0}$ $\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{b Q_0 C_e}$ $q_e = Q_0 - \frac{q_e}{b C_e}$ $\frac{q_e}{C_e} = b Q_0 - b q_e$	$\frac{C_e}{q_e} \text{ ба } C_e$ $\frac{1}{q_e} \text{ ба } \frac{1}{C_e}$ $q_e \text{ ба } \frac{q_e}{b C_e}$ $\frac{q_e}{C_e} \text{ ба } q_e$
Френдлх	$q_e = K_f C_e^{1/n}$	$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$	$\log q_e \text{ ба } \log C_e$
Дубинин-Радускевич	$q_e = (q_s) \exp(-k_{ad} \varepsilon^2)$	$\ln q_e = \ln(q_s) - k_{ad} \varepsilon^2$	$\ln q_e \text{ ба } \varepsilon^2$
Темпкин	$q_e = \frac{RT}{b_T} \ln A_T C_e$	$q_e = \frac{RT}{b_T} \ln A_T + \frac{RT}{b_T} \ln C_e$	$q_e \text{ ба } \ln C_e$
Флори-Хаггинс	$\frac{\theta}{q_0} = K_{FH} (1 - \theta)^n F_N$	$\log \frac{\theta}{C_0} = \log K_{FH} + n_{FH} \log (1 - \theta)$	$\log \frac{\theta}{C_0} \text{ ба } \log (1 - \theta)$
Хилл	$q_e = \frac{q_{sH} C_e^n H}{K_D + C_e^n H}$	$\log \left(\frac{q_e}{q_{sH} - q_e} \right) = nH \log(C_e) - \log K_D$	$\log \left(\frac{q_e}{q_{sH} - q_e} \right) \text{ ба } \log(C_e)$
Редлик-Петерсон	$q_e = \frac{K_g C_e}{1 + a_5 C_e^g}$	$\ln \left(K_R \frac{C_e}{Q_e} - 1 \right) = g \ln(C_e) + \ln(a_g)$	$\ln \left(K_R \frac{C_e}{Q_e} - 1 \right) \text{ ба } \ln(a_g)$
Сипс	$q_e = \frac{K_s C_e^{\beta_s}}{1 + a_5 C_e^{\beta_s}}$	$\beta_s \ln C_e = -\ln \left(\frac{K_s}{q_e} \right) + \ln[a_5]$	$\ln \left(\frac{K_s}{q_e} \right) \text{ ба } \ln(C_e)$

Юқоридаги 1.1.3-жадвалда келтирилган изотермалардан энг кенг қўлланиладиган ва қулай бўлганлари Ленгмюр ва Фреундлик изотермаларидир. Муаллифлар томонидан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг сорбциясини турли хил ионитларга, активланган углерод асосидаги адсорбентга, поливинилхлорид асосидаги, пемза асосидаги адсорбентга ютилиш изотермалари ва кинетикаси кенг доирада ўрганилган [96, 406-412 - б.; 97, 3395-3401 - б.; 98, 202-208 - б.].

Ионалмашинувчи полимерлардан оқова ва саноат сувларини тозалаш жараёнларида фойдаланиш. Ион алмашинув жараёни суюқлик (эритма) билан каттик фаза (ионалмашинувчи смола) ўртасида борадиган компонентларни таъсирлашиш жараёнидир. Ионларни фазалараро ўтиши каттик фаза юзасида содир бўлганлиги сабабли, ион алмашинуви сорбцион жараён деб ҳисобланади ва адсорбция билан бир хил қонуниятларга эга, бироқ унинг механизми электростатик кучлар билан аниқланади. Электростатик кучлар зарядланган функционал гуруҳларнинг ионларини ионит юзасида тутиб туради.

Ион алмашинувининг асосий характеристикаларига ионитларнинг тўлиқ алмашинув сиғими (ТАС) ва динамик алмашинув сиғими (ДАС) киради. ТАС – бу ионитни тўлиқ тўйиниши учун ютилган модда миқдори. ДАС – тозалаш жараёнида аниқланадиган, ионларни филтратга ўтиш нуқтасигача ютилган модда миқдори. Ион алмашинув жараёни оқова ва табиий сувларни тозалаш ва тайёрлаш жараёнида кенг қўлланилади. Ион алмашинув жараёни оқова сувларни оғир ва рангли металл ионларидан нафис тозалашда, тозаланган оқова сувларни минерал таркибини бошқаришда (юмшатиш, умумий туз миқдорини камайтириш) самарали қўлланилади. Ионалмашиниш технологияси қимматбаҳо металлларни оқова сувлардан жоиз концентрация миқдорларигача ажратиб олиш, сўнг саноат корхоналарида ёки сув таъминоти тизимларида фойдаланиш имконини беради (99, 327-357 - б.; 100, 356-367 - б.; 101, 71-84 - б.; 102, 299-307 - б.).

Илмий тадқиқот ишида (103, 388-390-б.) қиёслана оладиган шароитларда CuCl_2 ва AlCl_3 эритмалар аралашмаси Н-шаклдаги Леватит S 100 сульфокатионит (стирол-дивинилбензол сополимерини Na-шакли асосида олинган) тутган колонкадан фильтрация қилиниши вақтида Cu^{2+} ва Al^{3+} ионларнинг ютилиши ўрганилди. Cu^{2+} ва Al^{3+} ионларнинг Леватит S 100 сульфокатионитга ютилиш характери турлича эканлиги кўрсатиб берилди. Сорбция механизмида мавжуд бўлган фарқга асосланган таъриф таклиф этилди: Na-шаклдаги карбоксилли катионитда ион алмашинуви гидролиз жараёнлари билан мураккаблашади. CuCl_2 эритмаси бўйича динамик алмашинув сиғими 1,05 мг-экв/г га ва AlCl_3 эритмаси бўйича 1,76 мг-экв/г га тенг. Сульфокатионит КУ-2х8 ёрдамида ион алмашинув жараёнидан фойдаланган ҳолда аммоний ионларини шаҳар оқова сувларидан концентрлашга бағишланган илмий тадқиқот ишлари маълум (104, 23-27-б.).

Реал шаҳар оқова сувларида олиб борилган тажрибалар кўрсатишича, концентрацияси 30 г/дм³ бўлган NaCl эритмасидан регенерация учун фойдаланилганда, аммоний ионларини 27 дан 566 мг $\text{NH}_4\text{-N}$ /дм³ гача, эритма концентрацияси 10 г/дм³ бўлганда - 22-40 дан 188-367 мг $\text{NH}_4\text{-N}$ /дм³ концентрлаш мумкин. Муаллифлар томонидан (105, 33-37 б.) натрий-катионитли филтранинг регенерация жараёнини математик модели ишлаб чиқилди, у КУ-2х8 сульфокатионитда натрий-катионитли сувни юмшатишда регенерация босқичини ҳисоблаш ва оптималлаштириш имконини беради.

Сульфат кислотали эритмалардан нодир элементларини сорбцион ажратиш олиш, сульфокатионитдан уларни десорбциялаш, нодир элементлар концентратларини эдьюатдан чўктириб олишга бағишланган илмий тадқиқот иши маълум (106, 749-753 б.). Ишлаб чиқилган усуллар фосфогипсни сульфат кислотали ишқорсизлантириш эритмаларидан нодир элементларини самарали ажратиш олишда истиқболли ҳисобланади.

КУ-2х8 сульфокатионити ва Lewatite СТ ёрдамида мис-рухли конлардаги карьерли эритмаларни мис, рух, темир, кальций, магнийдан сорбцион тозалаш имконияти кўрсатиб берилди (107, 107-109-б.).

Сульфокатионитлардан фойдаланиш барча металлларни юқори даражада ажратиб олиш имконини бериши аниқланган. Мис, рух, темир, кальций, магнийни карьерли эритмалардан сульфокатионитлар ёрдамида статик ва динамик шароитларда сорбциялаш қонуниятлари ўрганилди.

Натрий-катионитли юмшатиш жараёни учун характерли бўлган Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} учўлчамли тизимда ионалмашиниш мувозанатини усуллари ва натижаларини ҳисоблари келтирилган (108, 84-90-б.). Ҳисоблаш моделининг эҳтимолликлари ва соддалаштиришларининг назарий асослари келтирилган. Ҳисоблаш негизига: жуфт ион алмашинувининг иккита боғлиқ бўлмаган тенгламалари, эквивалентлик ва эритмадаги ҳамда катионитдаги ион алмашинувининг электронейтраллик тенгламалари олинган. Муаллифлар томонидан (109, 52-58-б.) КУ-2х8 катионитда ион алмашинувининг статик мувозанатини ўрганиш натижалари таърифланган, улар асосида мувозанат изотермасини таърифловчи дастурлар ишлаб чиқилган. Минераллашган сувларнинг натрий-катионитли юмшатиш кўрсаткичларини ҳисоблаш усуллари келтирилган, у ионалмашинувчи колоннанинг ишини самарадорлигини баҳолаш имконини беради.

Никеллаштириш тизимида оқова сувларни тозалашнинг технологик схемасида сульфокатионитларни водородли шаклда ишлатишнинг самарадорлиги асослаб берилган (110, 43-46-б.). Никель ионларини КУ-2 катионитга ионалмашинувли сорбцияси динамикасининг математик модели курилди. Тозаланадиган сувни сифатини динамик жараённинг асосий параметрларига боғлиқлигини ҳисоблаш учун формулалар келтирилган. Якуний-фарқли схема ёрдамида масалаларни ечиш таклиф қилинган. На-шаклдаги КУ-2х8 ионитга никель катионларини сорбцияланиш изотермасини таҳлили ва диффузиянинг самарали коэффицентларини ҳисоблаш орқали, кимёвий металлалаштиришдан кейин чиққан никель тутган қуйи концентрланган эритмалардан металл ионларини ионалмашинув усулида ажратиб олиш жараёни аралаш-диффузион кинетика шароитларида содир бўлади. Ионитнинг тўйиниш даражаси паст бўлганда ташқи диффузия

якунловчи босқич ҳисобланади, тўйиниш даражаси юқори бўлганда жараён катионит ҳажмидаги металл ионларининг диффузияси билан бошқарилади. Тадқиқотнинг статик ва динамик усуллари биргаликда қўллаш натижасида, никель ионларини кимёвий металлластиришдан кейин қолган эритмалардан ионалмашинувли ажратиб олишнинг оптимал шароитлари аниқланди: ювиш сувларини ўтказиш тезлиги $1,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, улардаги никель ионларини концентрациялари $0,75 \text{ г/л}$; $100 \text{ г/л Na}_2\text{SO}_4$ эритмаси ёрдамида $0.25 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ўтказиш тезлиги билан регенерация даражаси 90% гача ювиш, 6.0 г/л Ni^{2+} ва 85.0 г/л натрий сульфат тутган элюатлар олиш (111, 214 б.).

Мис-рухли ишлаб чиқаришнинг технологик эритмаларидан рух, мис, темир ионларини Purolite International Limited компаниясида ишлаб чиқарилган бир қатор ионитлар ёрдамида ажратиб олиш имкониятлари ўрганилди. Юқори асосли анионитлар PFA460/4783 PFA600/4740 рух ионларини мис-никелли ишлаб чиқаришнинг газларни тозалаш эритмаларидан рухни самарали сорбциялаши мумкинлиги аниқланди. Мисли ишлаб чиқариш эритмаларини уч валентли темир катионларидан тозалаш учун хелатли комплекс ҳосил қилувчи катионит S957 таклиф қилинган[112].

Юқорида адабиётлар таҳлили натижаларига кўришиб турибдики, синтетик полимерларни кимёвий модификациялаш асосида олинган катион алмашинувчи хусусиятли ион алмашинувчи материаллар саноатнинг кўплаб тармоқларида металл ионларини ажратиб олишда кенг қўлланилади. Бироқ бизнинг мамлакатимизда бундай ионитлар ишлаб чиқарилмайди. Шунинг учун маҳаллий хом ашёлар асосида ионитлар ишлаб чиқариш ва саноат корхоналар эҳтиёжини қондириш долзарб муаммодир.

II-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ СУЛЬФОКАТИОНИТ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ

Адабиётлар шарҳида такидланганидек ҳозирги кунда синтетик ионитларнинг кўплаб турлари олинган ва улар физик-кимёвий хоссаларига кўра саноатнинг турли тармоқларида кенг кўламда қўлланилмоқда. Полимерлар орасида ион алмашинувчи материаллар гидрометаллургияда рангли, камёб, оғир ва нодир металлларни ажратиб олиш ва технологик эритмаларни концентрлашда, иссиқлик электростансиялари ва кимё ишлаб чиқариш заводларида сувни тайёрлашда, сувни юмшатишда оқова сувларни тозалашда кўп миқдорда ишлатилади. Шунинг учун маҳаллий хом ашёлардан янги ион алмашинувчи материалларни синтез қилиш ва уларнинг физик-кимёвий ва сорбцион хоссаларини ўрганиш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади. Ион алмаштирувчи моддалар олиш асосан полимерланиш, сополимерланиш, мавжуд полимерларни кимёвий модификациялаш усулларида фойдаланилади.

Бугунги кунда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети Полимерлар кимёси кафедрасининг илмий ходимлари томонидан маҳаллий хом ашёлардан бир қатор янги ПАН асосидаги толасимон, нанотолали, ПАА асосидаги гелсимон ва ПВХ асосидаги гранулаланган ионалмашинувчи ионитлар асосан тайёр полимерларни ён гуруҳларини ўзгартириш орқали синтез қилинган ҳамда уларнинг физик-кимёвий хоссалари ўрганилган.

Шулар қаторида пластикат поливинилхлорид олтингугурт билан модификациялаб янги сульфаткатионит олиш мақсадида тадқиқот ишлари олиб борилди. Бунинг учун саноат корхоналарида қўлланиладиган ионитларга қўйиладиган талаблардан келиб чиқиб донатор поливинилхлоридни олтингугуртлаш реакциялари кукунсимон олтингугурт, кальций полисульфид ва натрий сульфидлар иштирокида амалга оширилди. Модификациялаш учун олинган пластификат поливинилхлорид (И-40-13А маркали) дастлаб пластификатордан экстракцияланади, чунки

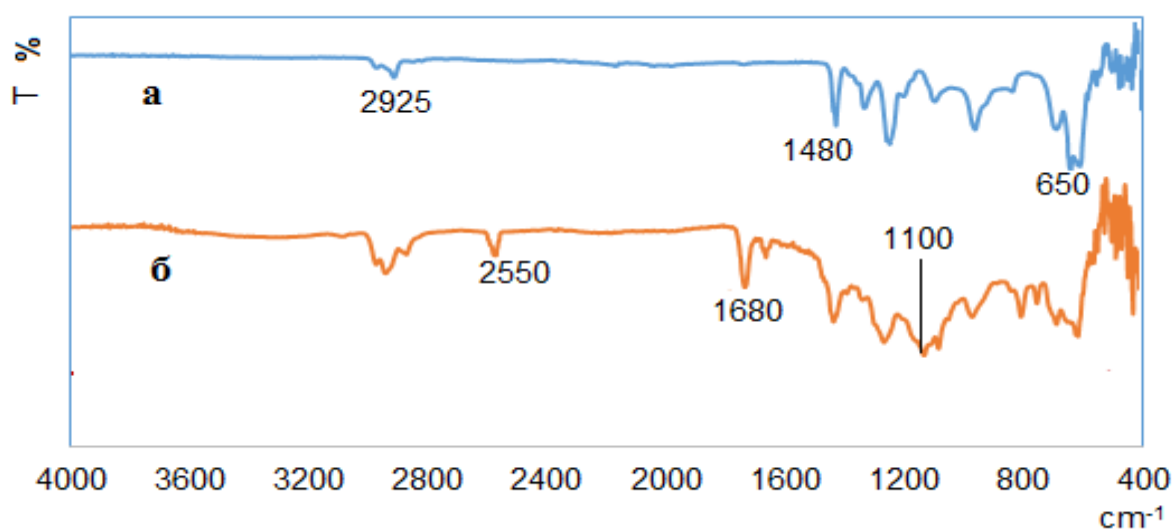
пластификаторлар ПВХ таркибида HCl ажралиб чиқиши ва олтингугуртнинг бирикишига маълум даражада тўсқинлик қилади. Экстракциялашдан сўнг донатор полимер шишиб, ғовоклиги ортади бу эса олтингугуртнинг поливинилхлориднинг ғовакларигача кириб боришига имкон беради. Тадқиқ қилинадиган реагентлар ПВХ ва S нинг ўзаро турли мол нисбатларида модификациялаш реакциялари олиб борилди. Бунда ПВХ ни CaS_n , Na_2S ва S орқали олтингугуртлашни модификациялаш жараёнларининг физик-кимёвий хусусиятлари ўрганилди. Олиб борилган реакцияларнинг боришига турли омилларнинг таъсирини тадқиқ қилиш орқали олинган натижалар характерининг ўхшаш бўлиши аниқланди. Шунинг учун қуйида ПВХ ва кукунсимон олтингугуртдан олинган сульфокатионитнинг физик-кимёвий хусусиятлари таҳлили келтирилган.

Олтингугуртланган поливинилхлорид таркибидаги олтингугуртни оксидлаб сульфокатионит олишнинг физик-кимёвий қонуниятларини ўрганиш орқали ушбу жараённинг муқобил шароитлари топилди.

2.1. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ВА ОЛТИНГУГУРТ АСОСИДА ОЛИНГАН ЯНГИ СУЛЬФОКАТИОНИТ ТУЗИЛИШНИНГ ҲАМДА ОЛИНГАН

ПВХ асосидаги сульфокатионитнинг ИҚ спектроскопия таҳлили

ПВХ ва олтингугурт реакцияси маҳсулотини идентификациялаш учун ИҚ спектроскопик таҳлили ўтказилди. Бунда поливинилхлорид ва олтингугуртланган ПВХнинг ИҚ спектрлари қуйидаги 2.1.1-расмда келтирилган.

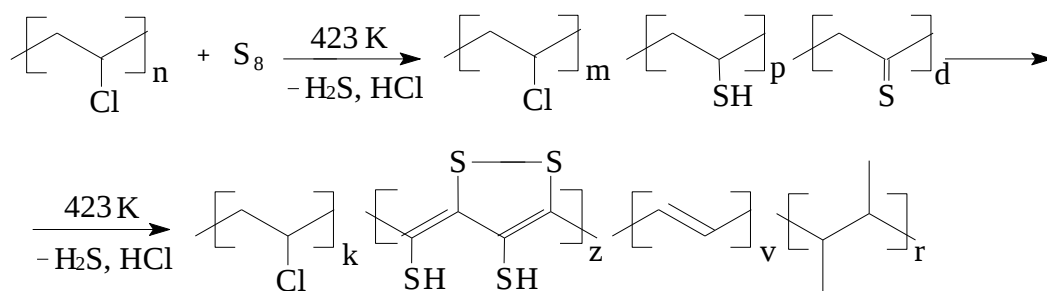


2.1.1-расм. а-ПВХ, б- олтингугурт модификацияланган ПВХ ИҚ спектрлари.

Юқоридаги 2.1.1-расм қуйидагича таҳлил қилинди. Олтингугурт модификацияланган полимерларнинг (2.1.1-б расмга қаранг) ИҚ-спектрларида 1630-1680 см⁻¹ доираларда ютилиш чизиқлари кузатилди, ушбу ютилишлар $>C=C<$ боғларнинг валент тебранишларига хосдир. Ушбу чизиқларнинг пайдо бўлиши винилхлоридли занжирларнинг дегидрохлорланиши билан боғлиқдир. 1100 см⁻¹ даги чизиқ тион гуруҳига $C=S$, 2550 см⁻¹ ютилиш соҳаси сульфид $-S-H$ валент тебранишига ҳос бўлиб, реакцияда ажралган H_2S полимер занжирида ҳосил бўлган қўшбоғларга бириккан бўлиши мумкин. Модификацияланган ПВХ ИҚ-спектрларида 470—503 см⁻¹ чўққиларнинг пайдо бўлиши $-S-S-$ валент тебранишлари учун

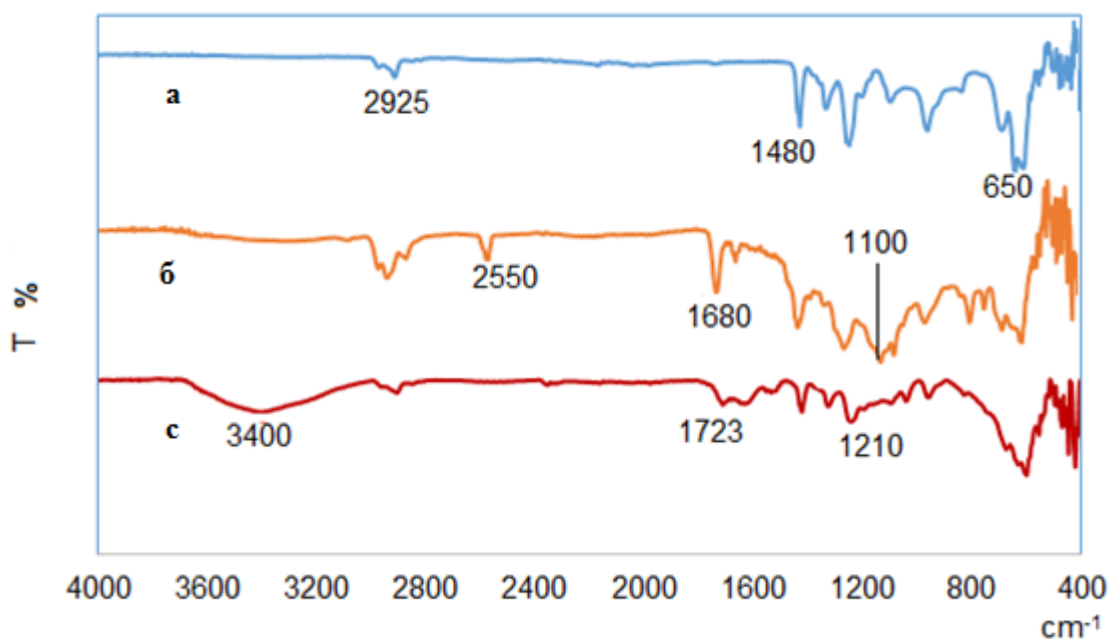
тегишли эканлиги адабиётлардан маълум.[113, 776-779 - б]. ПВХнинг (2.1.2-а расм) ИК-спектрларида 693 ва 635 см⁻¹ соҳаларда жадал ютилиш чизиқлари аниқланиб, улар ўз навбатида C-Cl валент тебранишлари учун хосдир. Тажрибалардаги шароитларда олинган полимерларнинг ИК-спектрларида 693 ва 635 см⁻¹ доирасида ютилиш чизиқлари пасайганлиги кузатилади. Барча ўрганилган намуналар учун (2.1.1-а,б расм) 2966, 2922 ва 2862 см⁻¹ доираларда ютилиш чизиқлари кузатилиб, улар полимер занжир таркибида C-C, C-H ва CH₂ деформацион тебранишларига хосдир [114, 37-40 - б.].

Олинган ИК спектр таҳлилларига асосида ПВХга олтингурут модификациялаш реакция тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин:



Реакциядан кўриниб турибдики поливинилхлориддаги маълум миқдордаги хлор атомлари олтингурутга алмашинади. Реакция давомида ҳарорат ортиши билан дигидрохлорланиш реакцияси ортиб борганлиги ва ҳосил бўлган қўшбоғларга маълум даражада гидросульфид гуруҳлари бирикиши кузатилди.

Олтингурут тутган поливинилхлоридни сульфогуруҳларгача оксидлаш учун оксидловчилар иштирокида реакциялар олиб борилди. Олинган сульфокатионитни идентификациялаш учун ИК-спектр таҳлили ўтказилди.

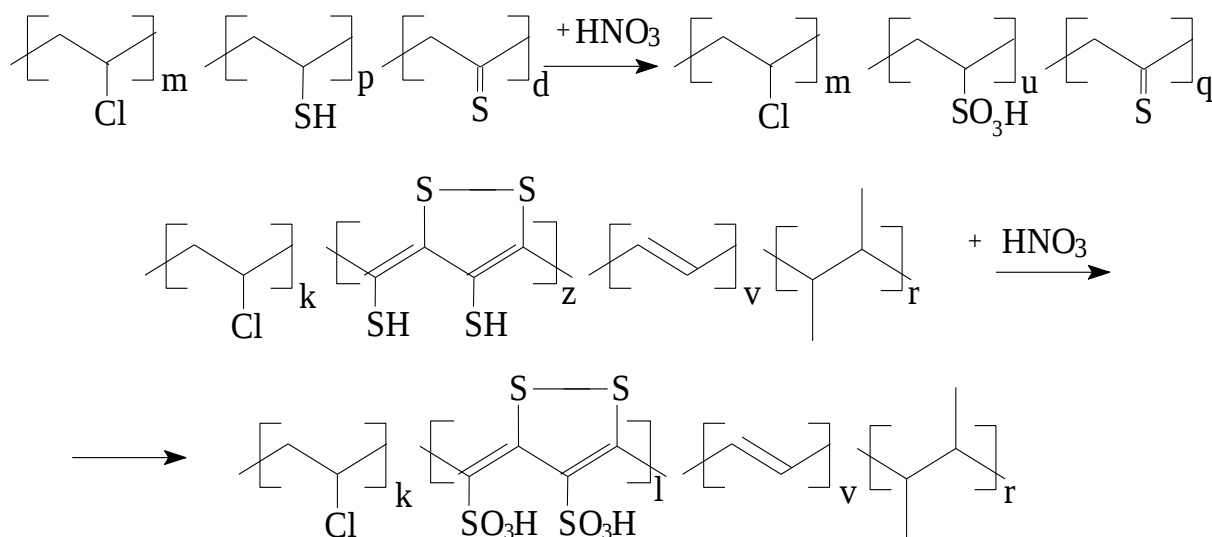


2.1.2-расм. (а)ПВХ, (б) олтингуртланган ПВХ ва (с) сульфокатионитнинг ИҚ-спектрлари

Инфрақизил-спектроскопия тадқиқот маълумотлари қиёсий анализи катионит таркибида сульфогуруҳ борлигини кўрсатади. Юқоридаги (2.1.2-(с)расмга қаранг) инфрақизил спектрда 1723 ва 1210 см^{-1} соҳаларда бир валентли $-\text{SO}_3\text{H}$ боғланишларни характерлайдиган интенсив ютилиш соҳалари ва шунингдек 1220-1080 см^{-1} соҳада $\text{S}=\text{O}$ боғланишнинг валент тебранишларини, $-\text{OH}$ гуруҳларини характерлайдиган 3400 см^{-1} атрофида кенг ютилиш соҳалари пайдо бўлган. Олтингугурт модификацияланган полимерларнинг (2.1.2-(б) расмга қаранг) ИҚ-спектрларида 1630-1680 см^{-1} доираларда ютилиш чизиклари кузатилди, ушбу ютилишлар $>\text{C}=\text{C}<$ боғларнинг валент тебранишларига хосдир. Ушбу чизикларнинг пайдо бўлиши винилхлоридли занжирларнинг дегидрохлорланиши билан боғлиқдир. 1100 см^{-1} даги чизик тион гуруҳига $\text{C}=\text{S}$, 2550 см^{-1} ютилиш соҳаси сульфид $-\text{S}-\text{H}$ валент тебранишига хос бўлиб, оксидланиш реакциясидан кейин(2.4.2-(с) расмга қаранг) ушбу чўққилар йўқолганини кўриш мумкин[115. 31-34 б.]. Бунинг сабаби ушбу гуруҳлар оксидловчи таъсирида оксидланиб, сульфогуруҳларга ўзгарганлигидан далолат беради.

Намуналарнинг (2.4.2-(а, б, с) расмга қаранг) ИҚ-спектрларида 693 ва 635 см⁻¹ соҳаларда жадал ютилиш чизиклари аниқланиб, улар ўз навбатида С-Cl валент тебранишлари учун хосдир. Барча ўрганилган намуналар учун (2.1.2-(а, б, с) расмга қаранг) 2966, 2922 ва 2862 2933 см⁻¹ доираларда ютилиш чизиклари кузатилиб, улар полимер занжир таркибида С-С, С-Н ва СН₂ деформацион тебранишларига хосдир.

Олтингугуртланган ПВХ таркибидаги олтингугуртни нитрат кислота эритмаси билан оксидланиш реакция тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин:



Реакция тенгламасидан шуни айтиш мумкинки поливинилхлорид таркибидаги маълум миқдордаги хлор атомлари ўрнига янги сульфо гуруҳлар киритилган. Демак, бу маълумотлар полимер таркибида янги сульфогуруҳ ҳосил бўлганлигидан далолат беради ва ионалмашинувчи катионит сифатида қўллаш мумкин.

ПВХ асосида олинган сульфокатионит турли эритмалардан металл ионларини сорбциялаш хусусиятига эга бўлиб, NaOH бўйича САС 3,6 мг-

экв/г га тенглиги аниқланди. Олинган сульфокатионитнинг таркиби ва тузилиши замонавий физик-кимёвий усуллар билан ўрганилди.

Олинган моддаларнинг элемент анализи

Олтингугуртланган ПВХ таркибидаги элементларини миқдори аниқлаш учун EuroEA Elemental Analyser аппаратида элемент таҳлили ўтказилди. Бунда кукунсимон олтингугурт ва кальций полисульфиди иштирокида олтингугуртланган ПВХ ҳамда олинган сульфокатионитдаги олтингугурт миқдори топилди. Олтингугуртлаш ва оксидлаш жараёнларидан кейин ҳар бир намуналар қўшимча моддалардан ювилди ва қуритилгандан сўнг таркибидаги элементлар миқдори аниқланди. Олинган натижалар қуйидаги 2.1.1- жадвалда келтирилган.

2.1.1- жадвал.

Дастлабки ва модификацияланган ПВХ ни элемент таҳлили

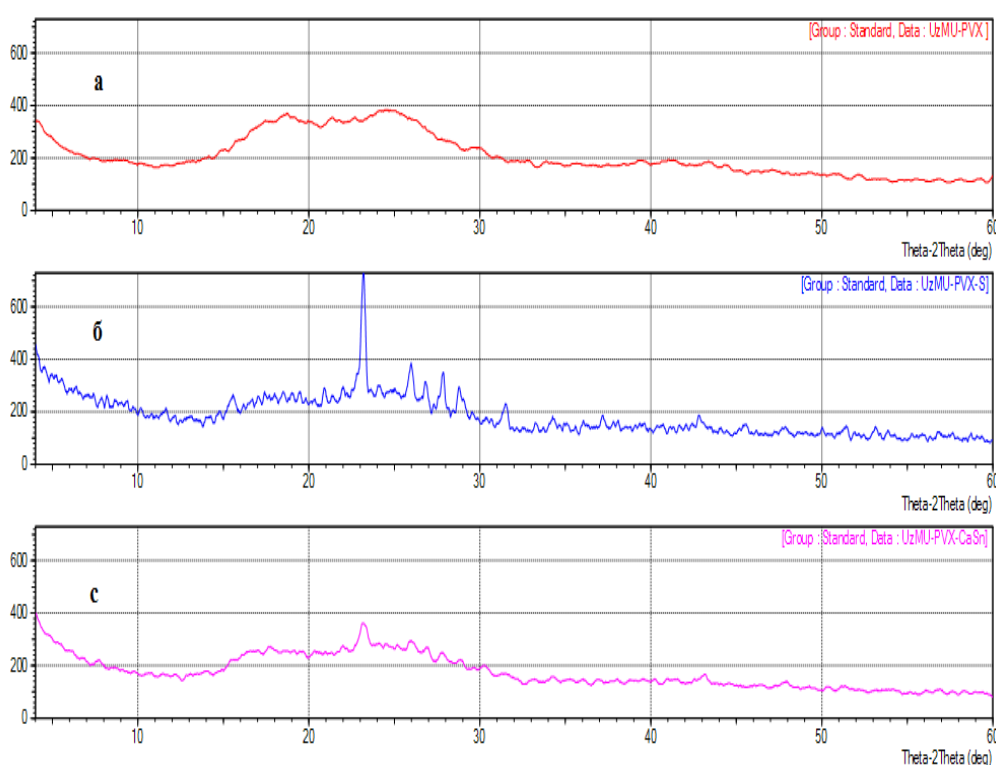
Намуна	С %	Н %	S %
ПВХ	36,4	5,2	0
ПВХ-S	30,7	4,3	18,1
ПВХ-SO ₃	24,8	4,0	11,6
ПВХ-CaS _n	28,2	4,2	14,3
ПВХ-SO ₃	22,4	4,1	10,4

Келтирилган 2.1.1-жадвалда ПВХга олтингугурт модификациялаш олтингугурт кукуни билан олиб борилганда полимер таркибида олтингугурт миқдори CaS_n иштирокида олиб борилган молимердагига қараганда кўпроқ кириши кузатилди. Оксидланиш босқичидан сўнг сульфокатионит таркибида кислород миқдори ортгани ҳисобига олтингугурт миқдори тегишли равишда 11,6 % ва 10,4 %га тенглиги кузатилди.

Олинган элемент анализ таҳлиллари ПВХ асосида олтингугурт тутган сульфокатионит ҳосил бўлганлигидан далолат беради.

Олинган моддаларнинг миқдорий ва сифат рентгенографик таҳлил усулида текшириш.

Бунда дастлабки пластикат ПВХ, элементар олтингугурт орқали модификацияланган ПВХ ва кальций полисульфид орқали олтингугурт модификацияланган ПВХларнинг рентгенографик таҳлили ўрганилди. Рентгенографик таҳлил натижалари қуйидаги 2.1.3-расмда келтирилган.



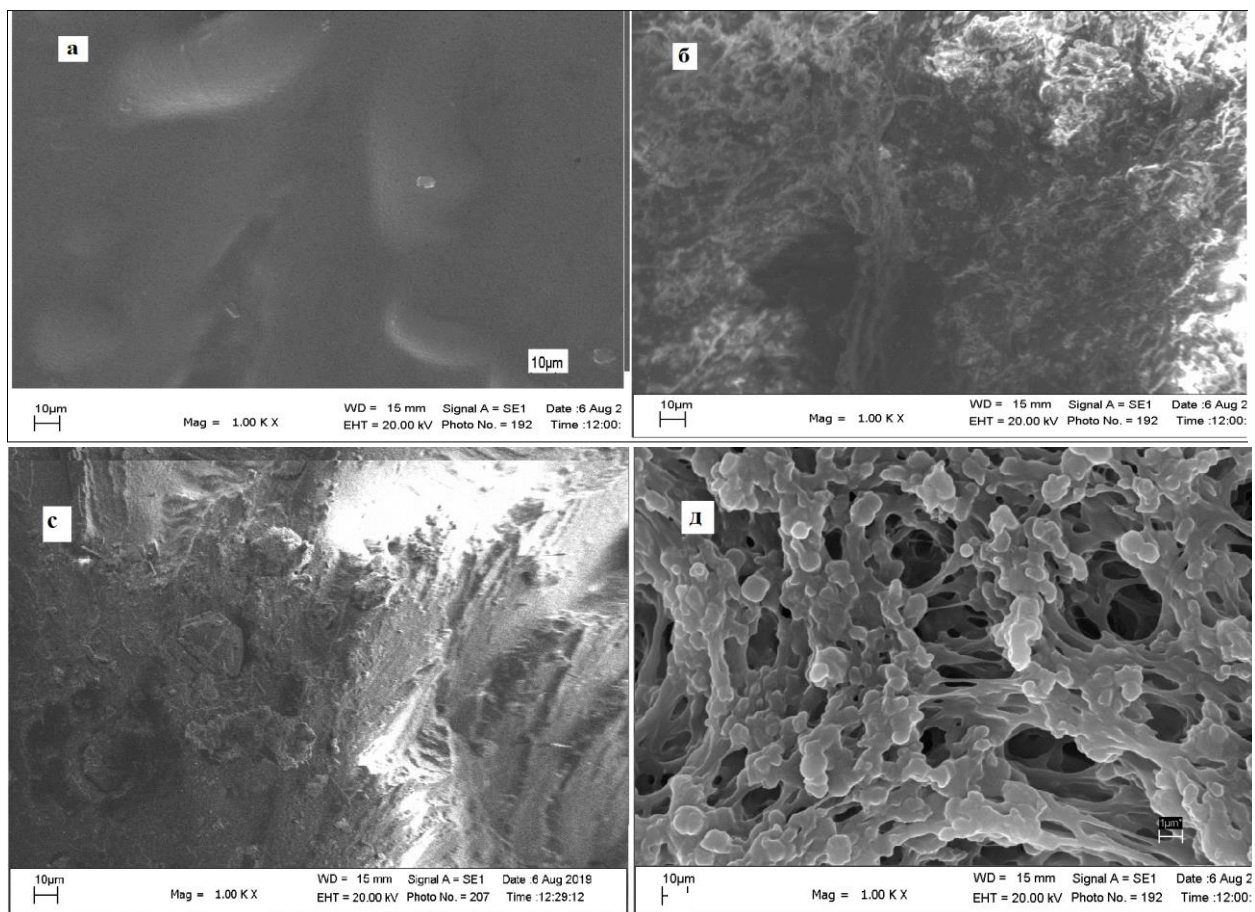
2.1.3 - расм. (а) ПВХ, (б) ПВХга олтингугурт ва (с) кальций полисульфид билан модификациялаб олинган полимернинг рентгенографик таҳлили

Юқоридаги (2.1.3 – (а) расм) рентгенограммалардаги аниқланган рефлексларни поливинилхлорид занжиридаги синдиотактик қисмларнинг мавжудлиги билан тушунтириш мумкин. Ўрганилаётган намуналарнинг дифрактограммалари амалий жиҳатдан ўхшашдир (2.1.3-расм, а, б ва с- эгри чизиқлар). Бу ПВХнинг олтингугуртланиш жараёнида структуравий

хоссалари ўзгармаганлигини англатади. Адабиётлардан маълумки, кристалл ПВХ юқори даражадаги синдиотактикликка эгадир, бу тўғрисида 635 см^{-1} доирадаги жадал чизикларнинг ва -690 см^{-1} доирадаги кучсиз чизикларнинг мавжудлиги далолат беради. Юқоридаги 2.1.3-б расмда 23° соҳада пикларда юқори чўққилар пайдо бўлганлиги кристалл олтингугуртга тегишли бўлиб, ПВХ таркибидаги ёки боғланмаган олтингугурт қолган бўлиши мумкин[116. 62-71 б.]. Келтирилган 2.1.3-с расмда ҳам айнан шу соҳада кучсизроқ чўққи пайдо бўлганлигини кўриш мумкин. Дастлабки ПВХ да кристаллик соҳаларни ифодаловчи чўққиларнинг олтингугуртланган ПВХ таркибида йўқолиб олтингугуртли қисмларга тегишли бўлган янги пиклар ҳосил бўлган. Олинган рентгенографик таҳлилиларга асосланиб ПВХга олтингугурт модификацияланганлиги ва аморф соҳаларининг ортиши ($18^\circ, 19^\circ$ соҳада пасайиш) оксидловчи молекулаларининг таъсирланишини оширишига олиб келиши мумкин.

Полимер материалларнинг сканерловчи электрон микроскопик таҳлили

Кўплаб тадқиқотлада адсорбент материалларнинг морфологик ва сирт тузилишини аниқлашда СЭМ усулидан кенг фойдаланилади. Чунки сорбентларнинг морфологик тузилиши уларнинг физик-кимёвий хоссаларига кенг таъсир кўрсатади. ПВХ ва унинг модификацияланган шакллари морфологик ва сирт тузилиши ўрганилди. Бунда дастлабки пластикат ПВХ, экстракцияланган ПВХ, элементар олтингугурт орқали модификацияланган ПВХ, ва сульфогуруҳлари тутган полимерларнинг микрофотографиялари 2.1.4-расмларда келтирилган. Юқорида келтирилган СЭМ морфологик анализ натижалари (2.1.4- -а расмга қаранг) поливинилхлорид юзаси бир текис, ғоваклари йўқ. Пластификаторлар чиқарилиб олтингугурт гранула ичига киришини таъминлаш мақсадида экстракцияланган ПВХга (2.1.4- б расмга қаранг) олтингугурт модификациялангандан сўнг (2.1.4-с расмга қаранг) олтингугурт октаэдр кристаллар шаклида мавжуд бўлиб, полимер морфологик тузилиши ўзгарганлигини кўриш мумкин.



2.1.4-расм. Полимер материалларнинг СЕМ микрофотографиялари
(а) ПВХ, (б) экстракцияланган ПВХ, (с) олтингугурт
модификацияланган ПВХ, (д) - SO_3H гуруҳ тутган ПВХ асосидаги
сульфокатионит.

ПВХга модификацияланган олтингугуртни оксидлаш натижасида олинган сульфогуруҳ тутган намунанинг микрографик тузилишидан (2.1.4-расмга қаранг) кўриш мумкинки, сорбент юзасининг барча жойлари бир хил тузилишли ғоваклардан иборат. Бундай тузилиш сорбент юзасига металл ионларининг адсорбциясини яхшилайдди.

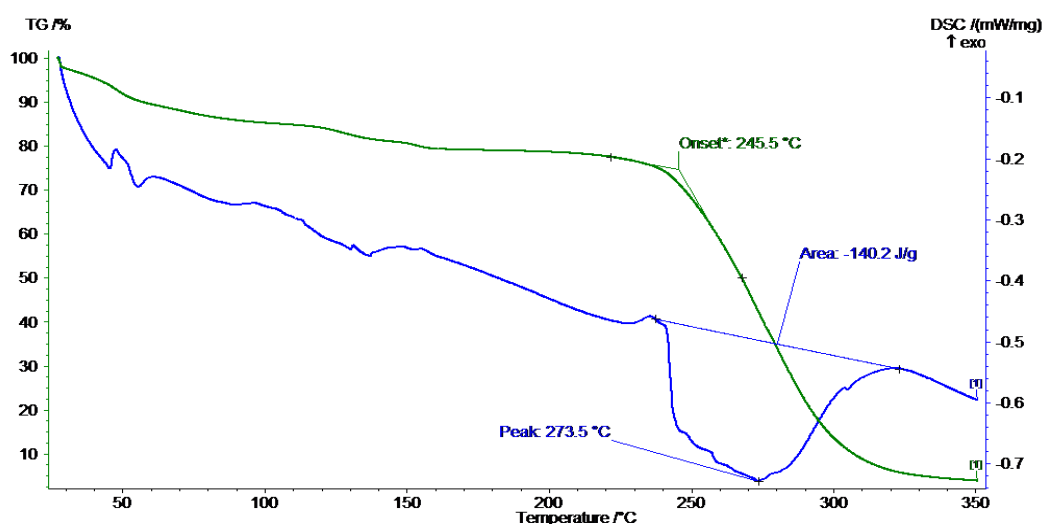
Саноатнинг турли соҳаларида қўлланувчи сорбентлар қатор талабларга жавоб бериши керак, хусусан турли металлларга нисбатан юқори сорбцион сиғимига эга бўлиши, сувда эримаслиги, кимёвий барқарор бўлиши, ҳароратнинг ўзгаришига барқарор бўлиши ва арзон бўлиши билан биргаликда кўп марта қайта ишлатиш хусусиятига, сувни тозалаш жараёнида технологик, экологик ва иқтисодий талабларга мос келиши керак. Шунинг

учун агрессив физик-кимёвий таъсирларга барқарор бўлган, янги ион алмашинувчи ионитлар синтез қилиш долзарб масалаларидан биридир. Шунинг учун олинган ионитнинг таркиби ва тузилиши замонавий усуллар ёрдамида ўрганилди. Саноатда қўлланувчи ионитларга турли хил талаблар қўйилади шу талаблардан энг асосийларидан бири бу термик ва кимёвий барқарорлик ҳисобланади.

2.2. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДА ОЛИНГАН СУЛЬФО-КАТИОНИТНИНГ ТЕРМИК ВА КИМЁВИЙ БАРҚОРОРЛИГИ

Полимерларнинг ҳароратбардошлилиги термик ва термооксидланиш деструкцияси бошланадиган, қуйи молекуляр бирикмалар ажралиб чиқадиган ҳарорат чегараларида аниқланади. Полимерларнинг ҳароратбардошлилигини ўрганишда ҳарорат таъсирида масса йўқотишига асосланган термогравиметрик (ТГ) анализидан кенг фойдаланилади.

Бошланғич маҳсулот ПВХ ва уни олтингугурт модификацияланган маҳсулотининг ТГ ва дифференциал термогравиметрик анализ (ДТГ) эгрилири 2.2.1- ва 2.2.2- расмларда келтирилган.

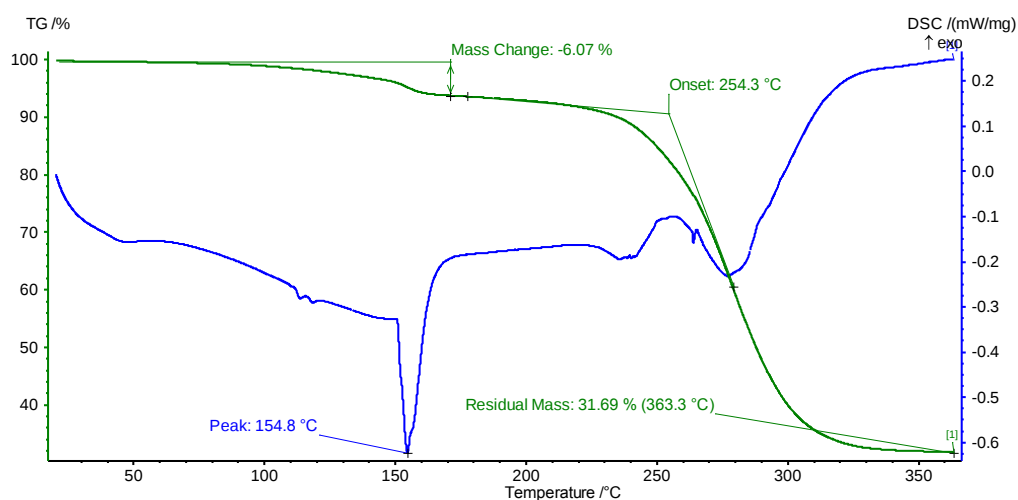


2.2.1- расм. ПВХни термик анализи.

TG- термогравиметрик эгри; DSC - дифференциал сканерловчи калорометрик анализ эгриси.

. Термик анализ бўйича қуйида келтирилган 2.2.1-расмга кўра ПВХ таркиби 518 К (245°C) гача ўзгармайди (термик барқарор), 519 К (246°C) дан кейин тезлик билан парчаланишни бошлайди (деструкция тезлиги 7% дақиқа). 636 К (363°C) да намунанинг қолган массаси 34,8% ни ташкил этади. Деструкция энергияси (экзотермик жараён) 113,2 Дж/г.

Қуйидаги 2.2.2-расмда ПВХ асосида олинган сульфокатионитни дерватограммаси келтирилган.



2.2.2- расм. ПВХ асосида олинган сульфокатионитни термик анализи.

TG- термогравиметрик эгри; DSC - дифференциал сканерловчи калорометрик анализ эгриси.

Олинган натижалар намунанинг таркибида кристалл структураси борлигини тасвирлайди, 296-643 К (23-370°C) ҳарорат интервалида массанинг йўқотилиши иккита босқичда содир бўлади, биринчиси 403-433 К (130-160°C) интервалда бўлиб, ушбу интервалда -6,07% массанинг йўқотилиши билан намунанинг таркибидаги кристалл тизимларнинг суюқланиши содир бўлади. Кейинги босқичларда ҳарорат ортиши билан масса ўзгариши кичик даражада камайиб бориб 527 К (254°C) да кескин камайиши кузатилди. Бу эса, дастлабки ПВХга нисбатан термик барқарорлиги 10^0 ортганлигини кўрсатди. ДСК нинг эгри чизиқларида -28,13 Дж/г энергиянинг ютилиши билан эндотермик чўққи кузатилади - $T_{\text{мак}}=427$ К (154,8°C). Саноат миқёсида кенг қўлланиладиган КУ-2-8 катионитида эса термик барқарорлиги 373-403 К (100-130°C)да қўллаш мумкинлиги

адабиётларда келтирилган. Бу эса, саноатда қўлланиладиган катионитлардан термик барқарорлиги бўйича рақобатлаша олишини кўрсатади. ПВХ асосидаги сульфокатионит 403-528 К (130-255⁰С) ҳароратларда деярли массаси камаймасдан ўзининг таркибий тузилишини сақлаб қолиши кузатилди. Олинган ионит юқори термик барқарорликка эга эканлиги аниқланди.

ПВХ асосида олинган катионит кимёвий барқарорлиги.

2.2.1-жадвал.

Поливинилхлоридга олтингузурт модификациялаб олинган катионит ва КУ-2 катионитининг турли реагентларга нисбатан барқарорлиги

Муҳит	Таъқиқот жараёни		САС,(NaOH) мг·экв/г		%	Масса камаиши - %
	Т, К	Соат	Бошлан ғич	охирги.		
Катионит КУ-2-8						
1%HNO ₃	298	48	4,62	4,47	96,9	2,3
5%HNO ₃	298	48	4,62	4,15	89,2	3,2
1%HCIO ₄	298	48	4,62	3,34	72,3	7,2
5%HCIO ₄	298	48	4,62	2,21	47,8	17,4
5%NaOH	373	10	4,62	2,00	43,3	40,7
ПВХ асосидаги катионит						
1%HNO ₃	298	48	3,43	3,26	95,1	1,0
5%HNO ₃	298	48	3,43	3,17	92,4	4,5
1%HCIO ₄	298	48	3,43	2,45	71,4	13,6
5%HCIO ₄	298	48	3,43	2,28	66,5	14,5
5%NaOH	373	10	3,43	2,85	83,0	11,5

Саноатда ишлатиладиган ионитлар мураккаб технологик эритмаларда ишлатилишини инобатга олиб ПВХ асосидаги янги сульфокатионитнинг кучли кислота, кучли ишқор ва кучли оксидловчиларга нисбатан кимёвий барқарорлиги тадқиқ қилинди. Бунда катионит саноат миқёсида кенг ишлатиладиган КУ-2-8 катионити билан солиштирилди. Бунинг учун ўрганилаётган ионитлар турли агрессив таъсир этувчи реагентларда 10-48 соат вақт оралиғида қолдирилди. Турли таъсирлардан сўнг ионитлар филтрланди, нейтрал ҳолга келгунча ювилди ва масса ўзгармай қолгунча қуритилди. Ионитларнинг САС қиймати ўзгаришига кўра кимёвий барқарорлиги баҳоланди. ПВХ ва олтингугурт асосида олинган ионит ва таркибида сульфогуруҳ тутган ионит КУ-2-8 билан агрессив муҳитлар ва САС ўзгариши юқоридаги 2.2.1-жадвалда келтирилган. Келтирилган 2.2.1-жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики, ПВХ асосида олинган сульфокатионитнинг кучли кимёвий реагентларга барқарорлик жиҳатдан чет элда ишлаб чиқарилган КУ-2-8 катионити билан рақобатлаша олади. Олинган маълумотлар ПВХ асосида олинган ионит турли реагентларга кимёвий барқарорлик талабларига жавоб беради ва санаот корхоналарида қўллаш мумкинлигини кўрсатади.

Синтез қилинган сульфокатионитнинг саноатда қўлланилишига оид баъзи кўрсаткичлар қўйидаги 2.2.2-жадвалда келтирилган. Юқорида келтирилган 2.2.2-жадвалдан кўриниб турибдики, ПВХ асосида олинган сульфокатионитнинг физик-кимёвий кўрсаткичлари саноатда қўллаш мумкин бўлган талабларга жавоб бера олади. Айтиб ўтиш керакки, юқорида сульфокатионитнинг келтирилган хоссалари бўйича O'ZSTANDART AGENTLIGI Standartlar Instituti томонидан Ts 02072392-001:2020 рақамли рўйхатдан ўтказилган ва керакли хулосалар олинган.

ПВХ асосидаги сульфокатионитнинг бази кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар номи		Меъёрлар		Меъёрлар		Текшириш усуллари	
		Катионит ПВХ-СК		Катионит КУ-2-8			
		Н - шакл	Na - шакл	Н - шакл	Na - шакл		
Ташқи кўриниши, ранги		Оч жигаррангли, донатор		Оч қизғиш-сарик, донатор		Визуал равишда	
Ҳиди		Ҳидсиз		Ҳидсиз		Визуал равишда	
Гранулаларнинг ўлчами: - ҳажми, мм, катта эмас; -ишлашга яроқли қисми, %, кам эмас.		0,310-1,875 95		0,315-1,250 95		ГОСТ 10900	
Нам ҳолдаги катионитнинг солиштирма ҳажми, см³/г, катта эмас		2,4	2,4	2,8	2,8	ГОСТ 10898.4	
Статик алмашинув сиғими 0,1 Н эритмалар учун, ммоль-экв/г, кам эмас	NaOH	3,5	-	4,3	-	ГОСТ 20255.1	
	CaCl₂	1,9	2,2	2,8	2,9		
	MgCl₂	1,9	2,1	2,2	2,4		
Умумий динамик алмашинув сиғими г-экв/м³	NaOH	1400		1600		ГОСТ 20255.2	
	CaCl₂		1170		1350		
	MgCl₂		1250		1310		
Намлик, %		28-32		48-58		ГОСТ 10898.1	
Механик барқарорлик,%		99		99			

Ушбу бобда янги усулда олинган сульфокатионитнинг тузилиши ва таркибини идентификациялаш учун замонавий физик-кимёвий усуллардан фойдаланиб ўрганилди. Тадқиқотлар натижасида ПВХ асосида олинган маҳсулотнинг таркибида олтингугурт тутганлиги, ғовак тузилишли ва

таркибида катион алмашилиш хусусиятига эга бўлган сульфо гуруҳлари тутганлиги исботланди. Ушбу катионитнинг қўллаш мумкин бўлган соҳаларини аниқлаш учун, кейинги бобда унинг ўрганилган сорбцион хоссалари келтирилди.

ПВХ асосида синтез қилинган сульфокатионитнинг энг муҳим хоссаси бўлган металл ионларини сорбцияси ўрганиш орқали ионит қўлланиш соҳалари аниқланади.

III-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ СУЛЬФОКАТИОНИТ СОРБЦИОН ХУСУСИЯТЛАРИ

ПВХ асосида олинган термик ва кимёвий барқарор сульфокатионитни қўллаш соҳаларини аниқлаш учун сорбцион хусусиятларини ўрганилди.

Олинган ионитларнинг Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари сақлаган эритмалар таркибидан металл ионларини сорбциялаш аниқланган.

Сувдаги кальций ва магний ионлари ҳисобига ҳосил бўлган сувнинг каттикчилигини юмшатишнинг қулай ва арзон усулларида бири ионитларда ионалмашиниш усулидир. Кальций ва магний ионларини тозалаш учун ишлатиладиган катионитлар сифатида синтетик органик ионитлардан фойдаланилади. Дивинилбензол ва стирол асосида олинган органик матритца таркибига $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{PO}_3\text{H}_2$ гуруҳлар киритилиб ион алмашинувчи катион хоссасига эга бўлган гранулалар синтез қилинган. Таркибида кучли кислоталик хоссага эга бўлган КУ-2, зериолит 225 ва КБ-4-П2 каби ионитлар технологик сувли эритмасини, каттик сувларни юмшатиш жараёнларида қўлланилади. Бундай ионитлар водород формада натрийли формага ўтказилган ҳолатда Олинган катионитнинг САС қиймати NaOH бўйича 3,5 мг-экв/г га тенг. Олинган ионитнинг кальций хлорид ва магний хлорид тузларида тайёрланган эритмалар таркибидаги металлларни сорбциялаш хоссалари тадқиқ қилинди.

Эритмалардан металл ионларининг сорбцияси

Сульфокатионитга сунъий эритмалардан металлларнинг сорбцияси 12 соатгача бўлган вақт оралиқларида, CaCl_2 дан фойдаланиб Ca^{2+} ионларининг концентрациялари 1000; 2000; 3000; 4000 мг/л дан бўлган ва $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ дан фойдаланиб Mg^{2+} ионларининг концентрациялари 600; 1200; 1800; 2400 мг/л дан бўлган сунъий эритмаларида 293, 303 ва 313 К ҳароратларда ўрганилди. Дастлабки ва сорбциядан кейинги эритма концентрациялари ЕДТА усулида аниқланди[117, 28-30-б.].

Сорбентга ютилган металл иони миқдори қуйидаги тенглама орқали ҳисоблаб чиқилган.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V$$

Бунда: q_e -ионитга ютилган металл иони миқдори мг/г, C_0 -металл ионларининг дастлабки концентрация мг/л, C_e –металл ионларининг мувозанат концентрацияси мг/л; V – эритма ҳажми л; m - куруқ сорбент массаси(г).

3.1. ЭРИТМАЛАРДАН СА(II) ВА МГ(II) ИОНЛАРИНИНГ СУЛЬФОКАТИОНИТГА СОРБЦИЯ КИНЕТИКАСИ

Сорбция жараёнининг механизмини (масалан кимёвий реакция тезлиги, диффузияни бошқариш ва масса узатилишини) аниқлашда кинетик моделлардан фойдаланилади. Сўнгги йилларда турли хил кинетик моделлар псевдо биринчи тартибли, псевдо иккинчи тартибли ва бошқа бир қанча усуллардан фойдаланилмоқди. Бунинг учун натрий гидроксид бўйича САС қиймати 3,5 мг-экв/г ва гранулалар ўлчами 0,315-1,875 мм бўлган пластикат ПВХ асосида олинган сульфокатионит ишлатилди.

Ушбу ишда қуйидаги кинетик моделлардан фойдаланилди.

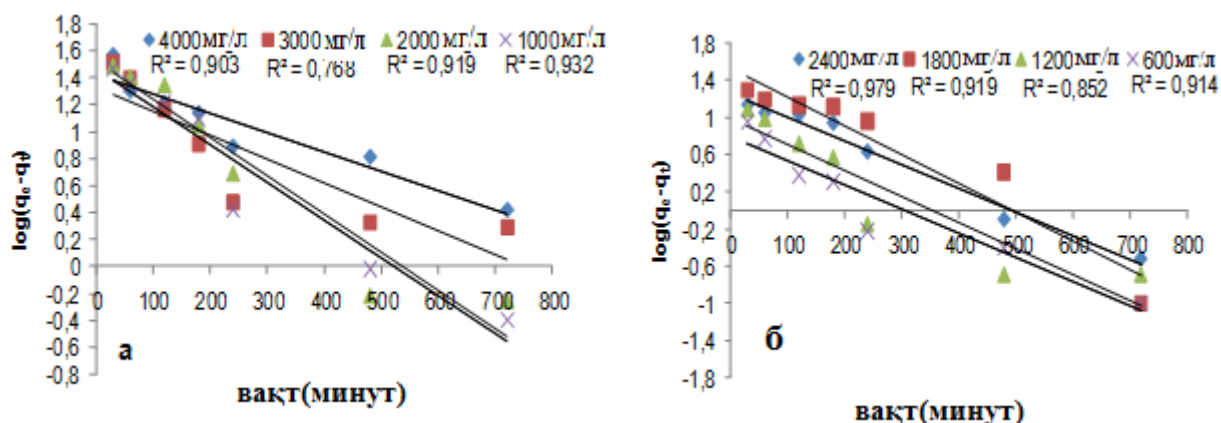
Псевдо-биринчи тартибли кинетик модель.

Псевдо-биринчи тартибли кинетик модел қуйидаги Лагергрэн тенгламаси билан ифодаланади:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t$$

Бу тенгламада: q_t ва q_e маълум вақтдаги ва мувозанатдаги сорбентнинг металлари сорбциялаган миқдори (мг/г). k_1 -биринчи тартибли сорбция жараёни тезлик константаси (мин^{-1}) бўлиб, $\log(q_e - q_t)$ ва t вақтга нисбатан тузилган чизиқли графигида кесишиш қиялигининг бурчак қиймати - $k_1/2,303$ га тенг.

Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги сульфокатионитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси 3.1.1-расмда, $\log(q_e - q_t)$ ва t вақтга нисбатан тузилган графикдан псевдо биринчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.



3.1.1-расм. ПВХ асосидаги сульфокатионитга (а) Ca^{2+} ва (б) Mg^{2+} ионлари сорбциясининг псевдо биринчи тартибли кинетик модели

Шунингдек Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги сульфокатионитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси псевдо иккинчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.

Псевдо-иккинчи тартибли кинетик модель

Псевдо-иккинчи тартибли кинетик моделл қуйидаги тенглама билан ифодаланади.

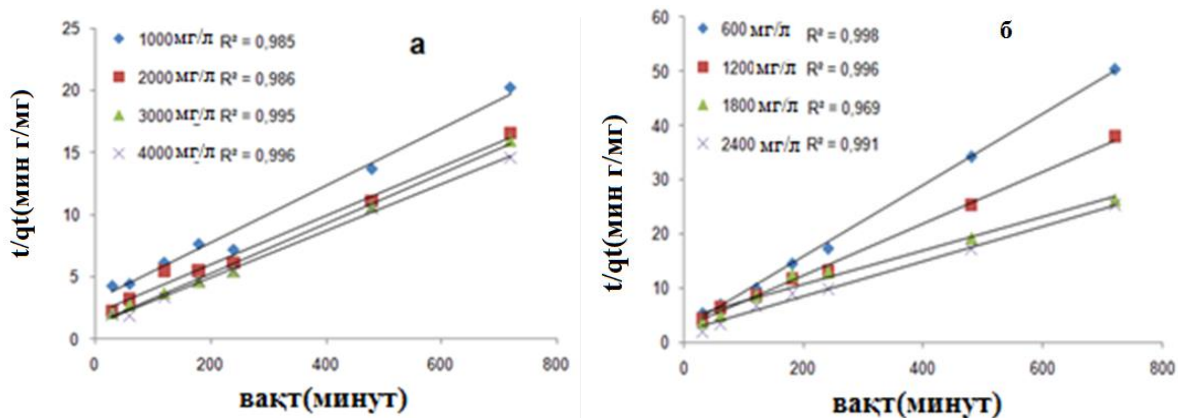
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e}\right)t$$

Дастлабки сорбция даражаси ($t=0$) қуйидагича топилади.

$$h = k_2 q_e^2$$

Келтирилган тенгламаларда k_2 тезлик константаси, q_e – маълум массали сорбентга ютилган металл ионларининг миқдори (мг/г), t -вақт (минут).

Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги сульфокатионитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси 3.1.2-расмда t/q_e ва t вақтга нисбатан тузилган графикдан псевдо иккинчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.



3.1.2-расм. ПВХ асосидаги сульфокатионитга (a) Ca^{2+} ва (b) Mg^{2+} ионлари сорбциясининг псевдо-иккинчи тартибли кинетик модели.

ПВХ асосидаги сульфокатионитга Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг сорбцияланиш жараёни кинетикаси юқорида келтирилган 3.1.1 ва 3.1.2 расмлардан фойдаланиб топилган тезлик константалари (k_1 ва k_2) ва корреляция коефициентлари (R^2) 3.1.1- жадвалда келтирилган.

Сорбция жараёнида активланиш энергияси

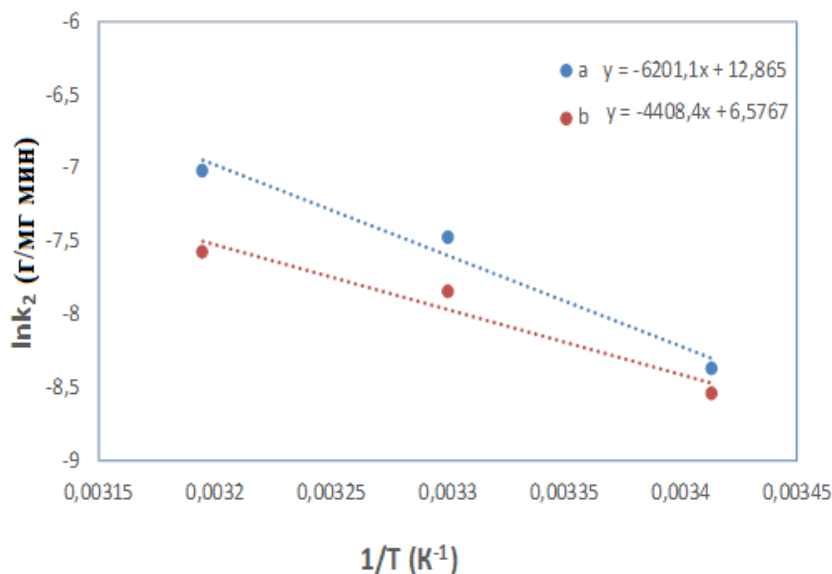
Эритмалардаги адсорбция канстантаси қийматининг ҳарорат таъсирида ўзгаришини Аррениус қўйидаги тенглама орқали ифодалади[118, 3395-3401].

$$\ln k_2 = \ln A_0 - E_a / RT$$

Бу ерда: A_0 экспонентал фактор, E_a - активланиш энергияси ва k_2 (г/мг мин) турли ҳароратлардаги псевдо-иккинчи тартибли кинетик константа. E_a

активланиш энергиясини топиш учун $\ln k_2$ ва $1/T$ боғлиқлик графиги тузилади.

Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги сульфокатионитга адсорбцияланиши 293-313 К ораликда ҳароратга мос равишда ортиб борган. Сорбция жараёнида активланиш энергиясини топиш учун $\ln k_2$ ва $1/T$ боғлиқлик графиги тузилди (3.1.3-расм).



3.1.3-расм. Адсорбция активлик энергиясини учун $\ln k_2$ ва $1/T$ боғлиқлик графиги. (a- Ca^{2+} , b- Mg^{2+}).

Келтирилган 3.1.3-расмда Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги катионитга ҳисоблаб топилган сорбция активланиш энергияси қийматлари 3.1.1-жадвалда келтирилган.

Қуйида келтирилдган 3.1.1- жадвалдаги маълумотлар Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ПВХ асосидаги сульфокатионитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси биринчи тартибли моделга нисбатан иккинчи тартибли модел маълумотлари яхлитликка яқинлигини кўриш мумкин. Биринчи тартибли модел параметрлар натижалари сульфокатионитга дастлабки вақтларда Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ютилиши тез суръатларда борганлигини ва сўнг сорбция тезлиги секинлашганлиги кузатилди. Бунга сабаб адсорбент юзасида металл ионлари миқдори тўпланиши ва ионлар ўртасидаги мувозанат юзага

келганлиги билан тушунтириш мумкин. Иккинчи тартибли сорбция жараёни графигида (3.1.3- а, в расмларда) корреляция коэффициенти биринчи тартибли адсорбция корреляция коэффициенти (R^2) нисбатан бирга яқин чиққан ва жадвалдаги кинетик параметрлар қийматлари Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларинг ПВХ асосида олинган сульфокатионитга ютилиши иккинчи тартибли адсорбция кинетикасига буйсунганлигидан далолат беради. Бу эса сорбция жараёнига ионлар табиати билан бирга ионит таркибидаги сульфогурухлар ҳам таъсир кўрсатганлигини билдиради.

3.1.1- жадвал.

ПВХ асосидаги сульфокатионитга Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари сорбциясининг кинетик кўрсаткичлари ва активланиш энергияси.

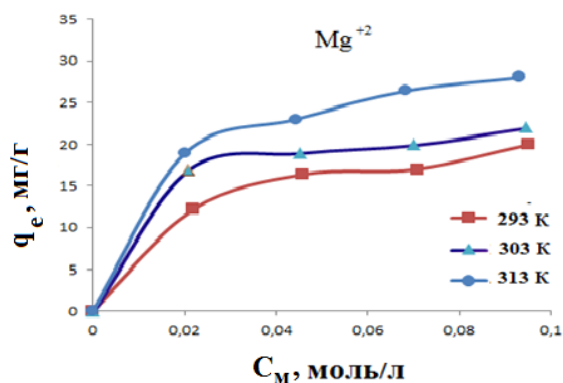
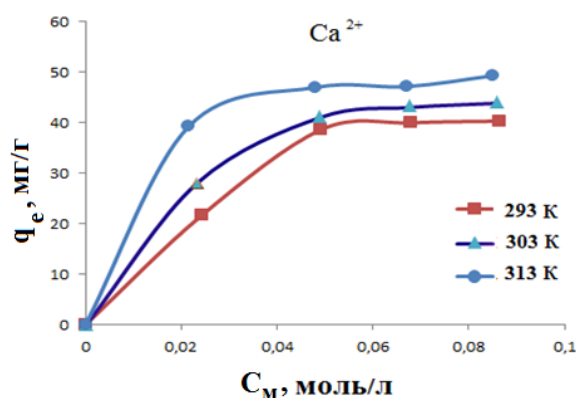
Псевдо иккинчи тартибли						псевдо биринчи тартибли			E _a
C ₀ мг/л	q _{ex} мг/г	q _{cal} мг/г	R ²	k ₂ г/мг·мин	h г/мг·мин	q _{cal} мг/г	R ²	k ₁ мин ⁻¹	кДж/ моль
Ca ²⁺									
1000	36,34	43,47	0,996	0,000900	0,8904	36,1	0,986	0,006636	51,723
2000	44,44	52,63	0,995	0,000331	0,8500	44,0	0,853	0,006607	
3000	46,36	50,00	0,986	0,000184	0,5083	46,2	0,817	0,004009	
4000	52,02	55,55	0,985	0,000172	0,3252	52,4	0,903	0,003378	
Mg ²⁺									
600	14,41	15,38	0,998	0,001569	0,3713	14,4	0,852	0,006125	36,661
1200	19,20	20,83	0,996	0,000844	0,3664	19,2	0,914	0,006509	
1800	27,64	32,25	0,996	0,000217	0,2256	27,6	0,919	0,007115	
2400	28,82	31,25	0,991	0,000513	0,5005	28,8	0,979	0,005809	

Мазкур олиб борилган кинетик тадқиқотларда пластикат ПВХ асосида таркибида сульфогурух сақловчи янги сульфокатионитга кальций(II) ва магний(II) ионлари сақлаган сунъий эритмаларда сорбцияси турли бошланғич концентрация ва ҳароратларда ўрганиш ушбу жараён кинетик параметрлар қийматлари Ca^{2+} ($R^2=0,985-0,996$) ва Mg^{2+} ($R^2=0,991-0,998$) ионларинг сульфокатионитга ютилиши иккинчи тартибли адсорбция

кинетикасига қонуниятлари асосида боришини кўрсатади. Бу эса Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларинг ПВХ асосида олинган катионитга сорбцияланишида металл ионлари билан бир қаторда сорбент таркибидаги сульфогуруҳлар ҳам таъсир кўрсатганлигидан далолат беради. Сорбция жараёнида металл ионларининг активланиш энергияси кальций иони учун 51,723 кДж/моль ва магний иони учун 36,661 кДж/моль, бу қийматлар асосида жараён сорбция Mg^{2+} ионларининг Ca^{2+} ионларига нисбатан кам активланиш энергия ҳисобига сорбция бориши аниқланди. Металл ионларининг сорбцияси металл катионлари ва ионит юзасидаги $-\text{SO}_3^-$ гуруҳлари орасидаги электростатик таъсир асосида боради. Метал ионларини сақлаган эритмаларда Ca^{2+} ионларининг гидратланган радиусидан Mg^{2+} ионларининг гидратланаган радиуси юқори бўлади. Шунинг учун металл ионлари ва ионит юзасидаги $-\text{SO}_3^-$ гуруҳлари ўртасида кучли электростатик тортишиш юзага келиши натижасида Mg^{2+} ионлари Ca^{2+} ионларига нисбатан ионитга кўпроқ ютилади.

3.2. ЭРИТМАЛАРДАН Ca(II) ВА Mg(II) ИОНЛАРИНИНГ СУЛЬФОКАТИОНИТГА СОРБЦИЯ ИЗОТЕРМАСИ ВА ТЕРМОДИНАМИК ПАРАМЕТРЛАРНИНГ ЎЗГАРИШИ

Олинган сульфокатионитнинг эритмаларда Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг сорбциясининг мувозанат ҳолатлари ўрганилди. ПВХ асосида олинган сульфокатионитнинг адсорбциялаши мумкин бўлган Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг миқдори турли ҳароратларда (293, 303 ва 313 К) олиб борилди. Олинган натижалар асосида сорбция жараёнининг изотермаси тузилди.



3.2.1-расм. ПВХ асосидаги катионитга кальций (II) ва магний (II) ионларини ютилиш изотермаси.

Юқоридаги 3.2.1-расмда катионитга ютилган ион миқдорининг эритма мувозанат концентрациясига боғлиқлик графиги келтирилган. Бундан кўринадик, ҳарорат ортиши билан ионитга ютилган кальций(II) ва магний(II) ионларининг миқдори ошиб борган. Чунки ҳарорат ортиши, катионит ва мусбат металл ионлари ўртасида ионлар ҳаракати тезлашиши ҳисобига ион алмашиш жараёни яхшиланади.

Мувозанат жараёнларини таҳлил қилиш учун адсорбция изотермалари энг муҳим восита ҳисобланади. Суюқ ва қаттиқ системаларда мувозанат жараёнларини ифодалаш учун энг кенг қўлланилган ва қулай бўлганлари Ленгмюр ва Фрейндлих моделларидир.

Ленгмюр изотерма модели

Қуйидаги тенглама билан ифодаланади.

$$q_e = q_{\max} \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Бунда: q_e –маълум массали сорбентга ютилган метал миқдори (мг/г), C_e - эритманинг мувозанат концентрацияси (мг/л), $q_{\max}$ – маълум массали сорбентга ютилган металнинг максимал миқдори (мг/г).

Ленгмюр изотерма параметрларининг муҳим хусусияти бўлган ажратиш коэффициенти “ R_L ” ёрдамида адсорбент ва адсорбат ўртасидаги муносабат ҳақида хулоса чиқариш мумкин.

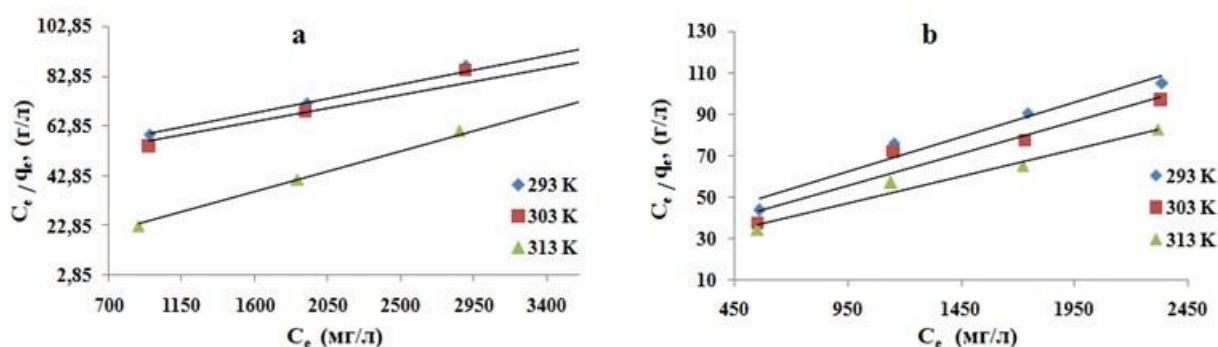
$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_0}$$

Бу тенгламага кўра $0 < R_L < 1$ адсорбция жараёни қулай, $R_L > 1$ ноқулай, $R_L = 1$ адсорбция изотермаси чизиқли кўринишда деб ҳисобланади ва $R_L = 0$ эса адсорбцияни қайтмас бўлишини ифодалайди.

Ленгмюр константасини (K_L) топиш учун Ленгмюр тенгламасини қуйида келтирилган чизикли кўринишидан фойдаланилади.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} K_L} + \frac{1}{q_{\max}} \cdot C_e$$

$q_{\max}$ ва K_L қийматларини C_e/q_e нинг C_e боғлиқлик графигидан аниқланади.



3.2.2-расм. Ленгмюр изотермаси. (а) Ca^{2+} ва (б) Mg^{2+} ионлари учун

Юқорида келтирилган 3.2.2- расмлардан ПВХ асосидаги катионитга 293К дан 313К ҳароратларда эритмалардан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларини сорбция жараёнилари учун Ленгмюр константалари ҳисобланди. Экстраполяция чизиғининг ордина ўқидан кесишишган қисми қуйидагига тенг:

$$\frac{1}{q_{\max} K_L}$$

Тўғри чизикнинг тангенс бурча қиймати қуйидагига тенг:

$$tg\alpha = \frac{1}{q_{\max}} \quad \text{ёки} \quad ctg\alpha = q_{\max}.$$

Ҳароратларга мос равишда ҳисобланган натижалар 3.2.1-жадвалда келтирилган.

Фрейндлих изотерма модели

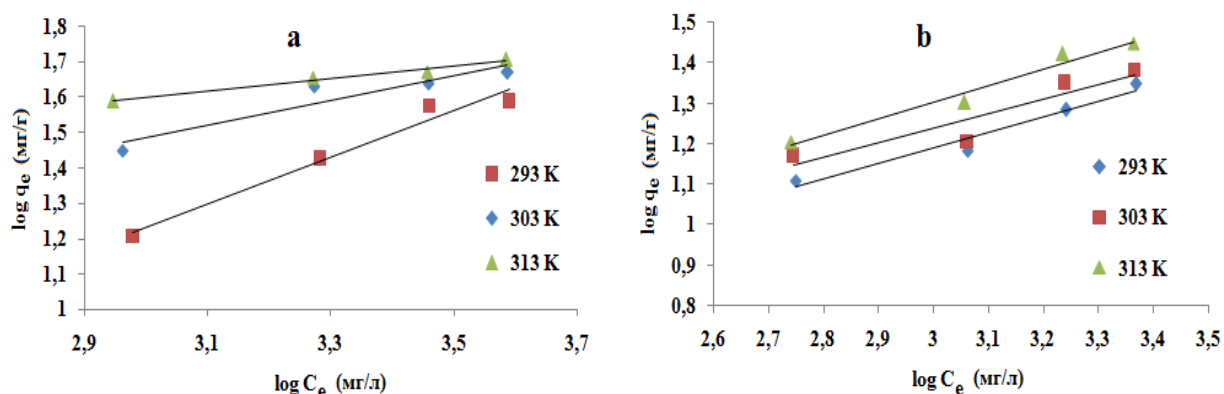
Қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$q_e = K_F C_e^{1/n}$$

Фрейндлих изотерма тенгламаси ёрдамида турли – (идеал бўлмаган) эритмаларда борадиган сорбция жараёнларини ўрганиш мумкин. Ушбу моделнинг чизиқли тенгламасини қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин:

$$\log q_e = \log K_F + \left(\frac{1}{n}\right) \log C_e$$

Бу тенгламада: q_e – маълум массали сорбентга ютилган металл ионларининг миқдори (мг/г), K_F - Фрейндлих константаси, C_e - эритманинг мувозанат концентрацияси (мг/л), $1/n$ - сорбция интенсивлиги. Фрейндлих константалари K_F ва n ($n \approx 1-10$) қийматларини $\log q_e$ билан $\log C_e$ чизиқли графигида кесишиш қиялигининг бурчак қиймати орқали топилади.



3.2.3-расм. Френдлих изотермаси. (а) Ca^{2+} ва (b) Mg^{2+} ионлари учун

Юқорида келтирилган 3.2.3- расмдан ПВХ асосидаги катионитга 293 дан 313К ҳароратларда эритмалардан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларини сорбция жараёнлари учун Френдлих константалари ҳисобланди. Ҳисоблаб топилган натижалар 3.2.1-жадвалда келтирилган.

3.2.1-жадвал

ПВХ асосидаги сульфокатионитга (а) Ca^{2+} ва (b) Mg^{2+} ионлари сорбциясида Ленгмюр ва Фрейндлих константа қийматлари

Ионлар	Ленгмюр константалари				Фрейндлих константалари		
	$q_{\max}$	K_L	R_L	R^2	n	K_F	R^2
Ca(II)	55,5	0,00085	0,225	0,997	5,68	11,72	0,982

Mg(II)	38,5	0,00074	0,359	0,972	2,44	1,18	0,968
--------	------	---------	-------	-------	------	------	-------

Келтирилган 3.2.1-жадвалда сорбция изотермасининг Ленгмюр ва Френдлих тенгламалари бўйича барча ҳисобланган натижалари келтирилган. Френдлих параметрлари қийматларига кўра мос равишда Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари $n=5,68$ ва $2,44$ га тенг бу эса сульфокатионитга метал ионларининг сорбцияси юқори даражада борганлигидан далолат беради. Корреляцион коэффициентлари R^2 қийматлари Ca^{2+} учун $0,998$ ва Mg^{2+} учун $0,997$ га тенг ва концентрация ўзгариши адсорбция жараёни Ленгмюр мономолекуляр адсорбциясига назариясига бўйсунлигини (R_L -қулай бўлиши) кўрсатади.

Адсорбция термодинамикаси

Юқоридаги 3.2.1-расмдан кўришимиз мумкинки ҳарорат 293 дан 313 К гача ошиб бориши билан эритмалардан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг сульфокатионитга сорбцияланиши ортган. Сорбциянинг дастлабки ҳолатдан мувозанат ҳолатга келишида сорбент юзасидаги ва эритма таркибидаги ион алмашилиш жараёнлари натижасида системанинг эркин энергияси ўзгаради.

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

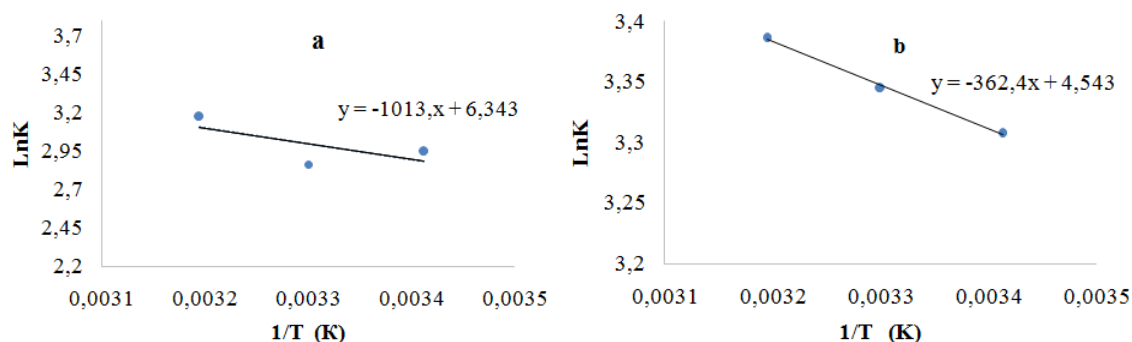
ΔG^0 нинг қиймати икки асосий термодинамик параметрларга боғлиқ, улар сорбент юзаси билан эритма таркибидаги ионларнинг таъсирланиш энергияси ифодаловчи – энтальпия (ΔH^0) ва суюқ фаза ва сорбент сиртида заррачаларнинг ҳаракати ва жойлашилиши ифодаловчи – энтропия (ΔS^0). Ушбу термодинамик параметрлар $\Delta G^0, \Delta H^0, \Delta S^0$ нинг қиймати қуйидагича ифодалаш мумкин.

$$\Delta G^0 = -RT \ln K$$

Бу ерда: K мувозанат константаси. Турли ҳароратларда сорбция жараёни учун $\Delta H^0, \Delta S^0$ қийматларини қуйидаги тенгламадан ҳисобланади

$$\ln K = -\frac{\Delta H^0}{RT} + \frac{\Delta S^0}{R}$$

Бунда ΔH^0 ва ΔS^0 қийматлари $\ln K$ ва $1/T$ боғлиқлик графигининг кесишган нуқталардаги чизикнинг бурчак қийматига тенг



3.2.4-расм. $\ln K$ нинг $1/T$ га боғлиқлиги (a) Ca^{2+} ва (b) Mg^{2+} ионлари

ПВХ асосида олинган сульфокатионитга 293 дан 313K ҳароратлар оралиқларида эритмалардан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг сорбция жараёнларида термодинамик параметрларнинг ўзгариши 3.3.2-жадвалда келтирилган.

3.2.2-жадвал.

Сорбция жараёнида термодинамик параметрларнинг ўзгариши

Металл ионлари	ΔH^0 (кЖ/моль)	ΔS^0 (Ж/моль·К)	ΔG^0 (кЖ/моль)		
			293 К	303 К	313 К
Ca^{2+}	8,44	52,72	-6,99	-7,52	-8,05
Mg^{2+}	3,01	37,84	-8,06	-8,44	-8,82

Келтирилган 3.2.2-жадвалвалда кўринадикки, Ленгмюр мувозанат константаси асосида ҳисоблаб топилган $q_{\max}$ қиймати 293, 303 ва 313 К ҳароратларда ошиб борган. 3.2.2-жадвалда келтирилган ΔH мусбат қийматга эга ва адсорбция жараёни эндотермиклиги аниқланди. Шунингдек система энтропиясининг ортиши сорбент юзасидаги Na^+ ионлар билан эритма таркибидаги Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари ўртасида ионалмашиниш реакцияси борганлигидан далолат беради. Эркин энергиянинг камайиши Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг сульфокатионитга сорбцияси ўз-ўзича борганлигини кўрсатади.

Ўтказилган тадқиқотлар ва олинган натижалар асосида илк бор поливинилхлорид асосида синтез қилинган сульфокатионитни технологик

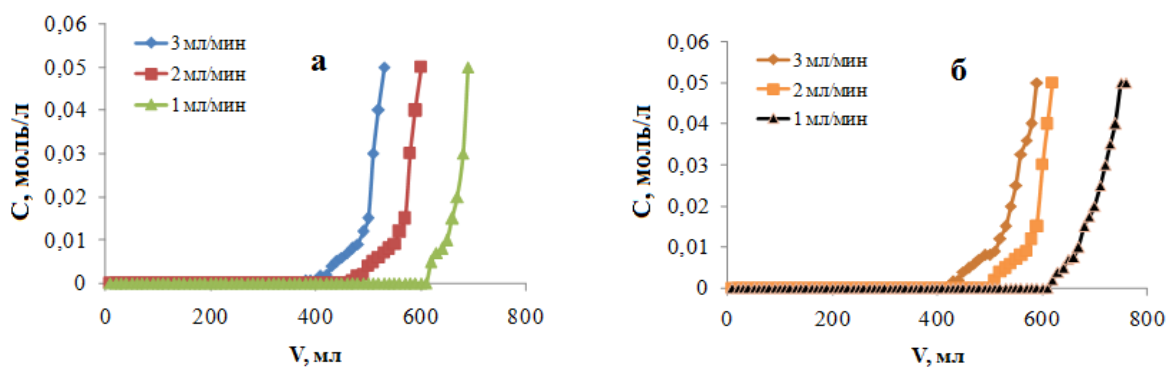
сувларни тайёрлашда Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларини ажратиб олиш учун тавсия этиш мумкин.

3.3. ОҚАР СУВДАГИ Ca(II) ВА Mg(II) ИОНЛАРИНИНГ СУЛЬФОКАТИОНИТГА ДИНАМИК СОРБЦИЯ ВА ДЕСОРБЦИЯСИ

Республикамиз ва жаҳон миқёсида саноат корхоналари кўпайиб бормоқда. Саноат корхоналари ва аҳоли истеъмоли учун ишлатиладиган сувни тайёрлашда сувнинг қаттиқлигини келтириб чиқарувчи ионлардан тозалаш талаб қилинади. Сувнинг қаттиқлиги сабабли иситиш қозонлари ва сув қувурларида чўкма тушиши, ёрилиши, иссиқлик узатилишининг пасайиши, ювиш хусусиятини камайиши каби салбий оқибатларга олиб келиши мумкин. Табiiй ва оқова сув таркибидаги кальций ва магний ионлари ҳисобига ҳосил бўлган сувнинг қаттиқлигини юмшатишнинг бир қанча усуллари бўлиб улардан энг кенг тарқалган ва қулай усул ионитлар иштирокида ионалмашиниш усули ҳисобланади. Бундай ион алмашинувчи ионитлар юқори сорбцион хоссага ва кўп марта қайта ишлатиш хусусиятига эга бўлиши талаб қилинади[119, 34-36 б. 120, 65 б. 121, 59-64 б].

Динамик алмашинув сиғимини ва десорбцияни ўрганиш учун поливинилхлорид асосида олинган САС 3,54 мг-экв/гга бўлган донатор сульфокатионит активланган ҳолатда калоннага жойлаштирилди. Турли концентрацияли Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари сақлаган эритмалари сорбент солинган калоннадан ўтиб чиқаётган эритма концентрацияси дастлабки концентрациясига тенглашгунга қадар ўтказилди. Ўрганилаётган металл ионлари тутган эритмалар колоннадан 1,2,3 мл/мин тезликда, тескари оқим усулида ўтказилди. Ионалмашиниш жараёнидан кейинги яни сорбциядан сўнг калоннадан чиқаётган эритма концентрацияси комплексонометрик усул билан ўлчаб борилди.

Қуйида 3.3.1- расмларда калоннадан чиқаётган эритмадаги металл ионларининг концентрациясининг сорбентдан ўтказилаётган эритма ҳажмига боғлиқлиги келтирилган.



3.3.1-расм. ПВХ асосидаги сульфокатионитга (а) Ca^{2+} ва (б) Mg^{2+} ионлари динамик сорбция қийматининг ўтиш тезлигига боғлиқлиги. ($C_m=0,05$ моль/л)

Юқорида келтирилган 3.3.1-(а, б,) расмлардан кўриниб турибдики, колоннадан эритмаларининг ўтиш тезлиги камайиши билан металл ионларининг сульфокатионитга сорбцияси ортиб борган. Бунга сабаб ион алмашинувчи сорбент функционал гуруҳлари билан туз эритмасидаги металл ионлари алмашилиш кучаяди.

Қуйида келтирилган 3.3.1-жадвалда динамик шароитдаги сульфокатионитнинг ион алмашинув сифими (ДАС), умумий алмашинув сифими (УДАС) ва ионитнинг ион алмашганлик даражаси тезлик пасайиши билан ортиб борган. Буни қуйидагича изоҳлаш мумкин, калоннадан тескари оқиб ўтаётган эритма таркибидаги металл ионлари сорбент ичига тарқалишига улгуради ва ионитнинг ғовакларидаги сульфогуруҳларга боғланиши юқори бўлади.

Қуйидаги 3.3.1-жадвадаги маълумотлардан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг динамик шароитда сульфокатионитга сорбция бўлганлигини кўриш мумкин. ДАС қийматининг Mg^{2+} ионларининг бироз юқорилигини Ca^{2+} ионларининг ион радиусидан кичик бўлганлиги учун сорбент ғовакларига тезроқ кириб сорбцияланиши сабаб бўлиши мумкин.

3.3.1-жадвал.

Сульфокатионитга Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг динамик сорбция кўрсаткичлари

F, мл/мин	V, мл (ўтган ҳажм)	V _{ионит} , мл (калоннадаги ионит ҳажми)	ДАС моль-экв/м ³	УДАС моль-экв/м ³	α
Ca ⁺⁺					
1	770	30	1033	1166	0,89
2	600	30	750	1000	0,75
3	530	30	633	833	0,76
Mg ⁺⁺					
1	760	30	1033	1250	0,82
2	620	30	850	1033	0,79
3	590	30	667	983	0,68

Юқорида тақидланганидек саноатда ишлатиладиган ион алмашинувчи материалларга қўйиладиган талаблардан бири бу ионалмашинув жараёнида такрорий фойдаланишдир. Яъни сорбциядан сўнг ионитни десорбциялаб, регенерация қилганда сорбцион хоссасини қайта тиклайди. ПВХ асосидаги сульфокатионитга Ca²⁺ ва Mg²⁺ ионларининг сорбция ва десорбцияси 6 марта ўтказилган, тадқиқот натижалари қуйидаги 3.4.2 жадвалда келтирилган

3.3.2-жадвал.

ПВХ асосидаги сульфокатионитга динамик шароитда Ca²⁺ ва Mg²⁺ ионларининг такрорий сорбцияси.

№	F, мл/мин	V, мл (ўтган ҳажм)	V _{ион} , мл (калоннадаги ионит ҳажми)	ДАС моль- экв/м ³	УДАС моль- экв/м ³	α
Ca ⁺⁺						
1	1	770	30	1033	1166	0,89
2	1	770	30	1033	1166	0,89
3	1	770	30	1033	1166	0,89
4	1	770	30	1033	1166	0,89

5	1	770	30	1033	1166	0,89
6	1	770	30	985	1112	0,88
Mg⁺⁺						
1	1	760	30	1033	1250	0,82
2	1	760	30	1033	1250	0,82
3	1	760	30	1033	1250	0,82
4	1	760	30	1033	1250	0,82
5	1	760	30	1021	1245	0,82
6	1	760	30	1016	1228	0,82

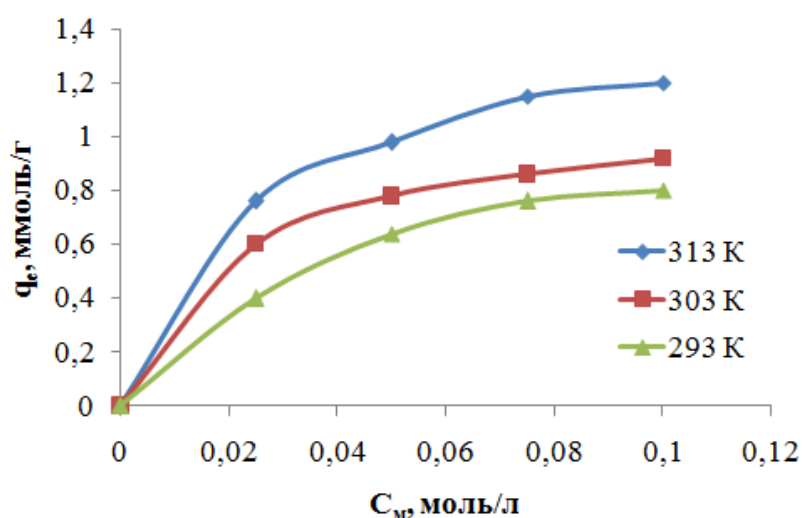
Юқоридаги 3.3.2.-жадвалда сульфокатионитга Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг такрорий сорбциялаш фойдаланиш учун хлорид кислота билан десорбциялаш натижасида ДАС қиймати ўзгармади. Бу эса ионитнинг юқори даражада физик-кимёвий хоссаларга эга ионитлигини исботлайди. Шунинг учун ушбу ионитни импорт қилиб олиб келинадиган саноатда қўлланувчи ионитлар қаторида ишлатиш учун саноат корхоналарига сувни тозалашда қўллаш учун таклиф этиш мумкин.

3.4. ОЛИНГАН КАТИОНИТГА Cu(II) ИОНЛАРИНИНГ СТАТИК ШАРОИТДА СОРБЦИЯСИ

Ҳозирги кунда бутун дунёда кимё саноатининг барча тармоқлари жадал суръатларда ривожланиб бормокда. Шу билан биргаликда саноатнинг металлургия соҳасида ҳам ишлаб чиқариш ҳажми йилдан йилга ортиб бормокда. Бу эса охир оқибат оқова сувларига чиқадиган рангли, оғир ва захарли металл ионларининг миқдори ортиб кетишига олиб келади. Бунинг натижасида атроф муҳит ва табиатга катта экологик хавф солади. Оқова сувлари таркибидаги тирик организмлар учун зарарли бўлган бундай метал ионларини ионитлар ёрдамида ажратиб олиш долзарб муаммо ҳисобланади ва республикамизда бундай ионитларга бўлган талаб жуда юқори.

Адабиётлардан маълумки [122, 46-49-б.] оғир ва рангли метал ионларига таркибида азот ва сульфо гуруҳ тутган ионитлар селектив ҳисобланади, чунки ўзида азот ва сульфо гуруҳларини сақловчи ионитлар оғир ва рангли метал ионлари билан кучли комплекс ҳосил қилиб бирикиш хусусиятига эга.

Металл ионларининг поливинилхлорид билан модификациялаб олинган сульфокатионит (Na ҳолатда) иштирокида сунъий эритмалардан Cu(II) ионларини статик шароитда сорбцияси ўрганилди. Ютилиш жараёнида металл ионларининг эритмадаги концентрацияси ўзгаришини *микроплашетли rider EnSpire Perkin Elmer (USA)* спектро фотометрда аниқланди. Катионитга бириккан металл ионларини регенерация қилинди. Олинган полиамфолитнинг NaOH бўйича САС қиймати 3,54мг-экв/г га тенг. Олинган ионитни бир неча бор ишлатиш мумкинлигини кўрсатади. Турли ҳароратларда Cu^{2+} ионларининг ютилиши ўрганилди.



3.4.1-рasm. Синтез қилинган катионитнинг Cu (II) иони билан статик шароитда сорбцияси

Юқоридаги 3.4.1-рasmдан кўринадики, поливинилхлорид билан олтинугуртни модификациялаб олинган сульфокатионитга Cu^{2+} ионларини сорбцияланиши ҳарорат ортиши билан ортиб борган. Бунга сабаб юқори ҳароратларда ионларнинг ҳаракати тезлашиши натижасида ионалмашиниш реакцияси ортиб борган.

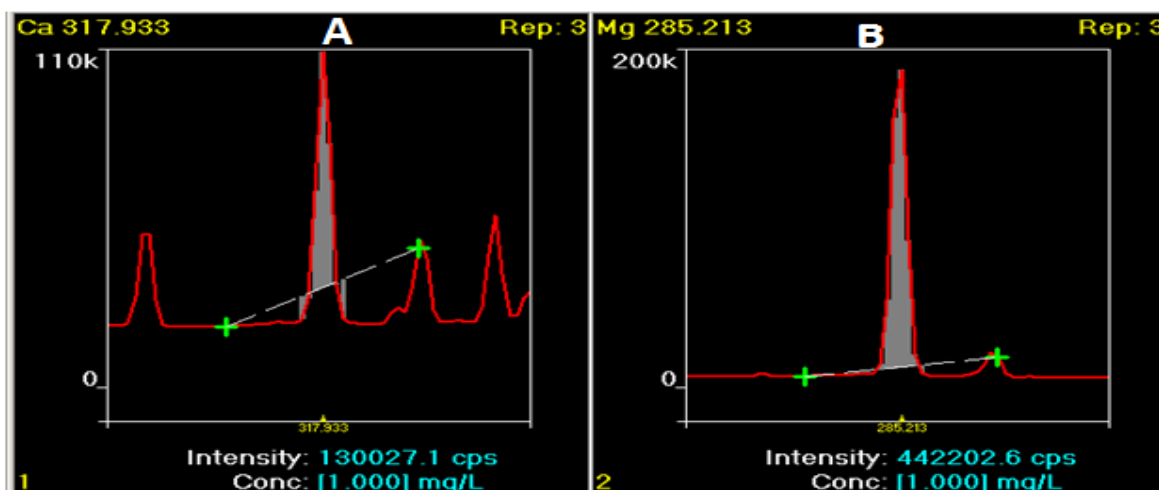
Олинган ушбу натижалардан кўриниб турибдики, ПВХ асосида олинган сульфокатионит рангли металлларга нисбатан сорбцион хоссаларни намоён қилади ва бу хоссалар катионитнинг қўллаш соҳаларини кенгайтиради.

3.5. ПВХ АСОСИДАГИ СУЛЬФОКАТИОНИТНИНГ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

Республикамиз саноат корхоналари эҳтиёжи учун йилига 100 тонналаб ионитлар чет элдан валюта эвазига олиб келинади. Бундай кўптоннали синтетик материалларни ишлаб чиқариш ҳамда уларни саноат корхоналарида қўллаш долзарб муаммолардан биридир. Бу муаммони ҳал қилиш учун маҳаллий хом ашёлардан фойдаланган ҳолда ионитлар синтез қилиш ва ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш иқтисодий самара ҳам келтиради. Мамлакатимизнинг деярли барча корхона ва заводларида оқар сувлар ишлатилади ва бундай сувларни ишлатишдан олдин тозалаш талаб қилинади. Хусусан, сувнинг каттиклигини камайтириш асосий масала бўлиб бунда ионитлар ёрдамида ҳал қилинади. ПВХ асосида олинган ионитни саноат корхоналари учун ишлатиларкан оқар сувларни тузсизлантириш мақсадида тадқиқот ишлари олиб борилди.

Таркибида Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари тутган оқар сувларини сульфокатионитга сорбцияси динимик шароитда ўрганилди. Бунинг учун оқар сув намунаси дастлаб филтрланди. Активлантирилган Н формадаги САС қиймати 3,58 мг-экв/г бўлган сульфокатионит колоннага жайлаштирилди. Оқар сув намунаси тескари, яни колоннага пастдан тепага йуналишда 0,5 мл/мин тезликда жўнатилди. Сорбциядан олдинги ва кейинги эритмаларнинг концентрацияси трилон Б эритмаси билан титрлаб аниқланди. Оқар сувдаги металлларнинг умумий алмашину сиғими 650 ммоль-экв/м³ тенглиги аниқланди. Собцияланган металл миқдори оптик эмиссия спектроскопия методида аниқланди.

Бунинг учун сорбциядан кейин катионит қуритилиб аниқ ўлчамда 50 мг миқдорда ўлчаб олинди ва анализга берилди.



3.5.1-расм. Оптик эмиссия спектроскопия методи бўйича ПВХ асосида олинган ионитдаги (А) Ca^{2+} ва (В) Mg^{2+} ионларининг миқдори.

Олинган натижаларга кўра сульфокатионитда 9720,1 мг/кг Са ва 6444,7 мг/кг тенглиги аниқланди. Оқар сувнинг сорбциядан кейин рН кўрсаткичи 7,3 дан 4,1 гача пасайди. Саноат ишлатиладиган асосий катионит КУ-2-8 билан бирга текширилди ва ушбу ионитда рН қийматини 7,3 дан 3,9-4,1 гача пасайтирди. Олинган натижалар асосида ПВХ асосидаги сульфокатионитни саноат миқёсида қўлланиладиган катионитлар қаторида ишлатиш мумкин.

Оқова сувлар таркибидан оралиқ металл ионларини поливинилхлорид асосидаги сульфокатионитга сорбциясини ўрганиш

ПВХ асосида олинган сульфокатионитни оқова сув таркибидан турли ионларни ажратиб олиш учун «МАҲАМ-CHIRCHIQ» АЖнинг атроф муҳитни муҳофаза қилиш бўлимининг оқова сувларини металл ионларидан тозалаш учун қўлланилди. Оқова сув таркибида металл ионлари ионитга сорбцияланганлигини спектрометрик усул ёрдамида аниқланди. Тадқиқот МАҲАМ-CHIRCHIQ» АЖнинг лабораторияси ИБП-ОЭС русумли қурилмасида оптик эмиссион-спектрометрия усулида текширилди. Оқова сувларни тозаланиши керак бўлган асосий катионлар 3.5.1-жадвалда келтирилган бўлиб, асосан ушбу ионларни оқова сувлар таркибидаги миқдорини камайтириш талаб қилинади.

3.5.1-жадвал

***ПВХ асосидаги сульфокатионитнинг оқова сувлардаги ионларни
сорбциялаб камайтириши***

Мавжуд ионлар	Cu^{2+}	Fe^{3+}	Cr^{3+}	NH_3
Дастлабки миқдори, мг/дм ³	2044	20	75	21395
Сорбциядан кейинги миқдори, мг/дм ³	314,2	1,69	15,75	426,4

Поливинилхлорид асосида олинган ионитга турли оралиқ металл ионларининг ҳар хил концентрацияли сунъий эритмаларда сорбцияси ўрганилди. Бунинг учун мис ва никел ионларининг ПВХ асосидаги сульфокатионитга сорбциясига таъсир этувчи турли омиллар: концентрация(0,025;0,05;0,075;0,1 М), ҳарорат (293;303 ва 313 К), вақтга (2-24 соат) боғлиқликлари ўрганилди. Олинган сульфокатионит оқова сув таркибидан ионларни тозалаш учун адсорбцияловчи мини ускуна колонна қўйилди. Колонна ичига ионит жойлаштирилди ва оқова сув ўтказилди. Колонна ичига кираётган ва чиқаётган сув тезлиги назорат қилинади. Адсорбция жараёни кириш ва чиқишдаги сувдаги ионларнинг миқдорини таққослаш орқали назорат қилинади.

Тадқиқот натижаларига кўра "МАХАМ-CHIRCHIQ" АЖ мутахассислари оқова сувларни металл ионларидан тозалаш учун ион алмашинувчи ионитдан фойдаланган ҳолда мини ускунанинг сувни тозалашда стандарт меъёрий кўрсаткичларга мувофиқлигини тасдиқлади.

IV- БОБ. ТАЖРИБАВИЙ ҚИСМ

4.1. ФОЙДАЛАНИЛГАН РЕАГЕНТЛАР

Фойдаланилган реагентларнинг умумий таснифи

1. **Поливинилхлорид** пластикати, И40-13А марка ГОСТ 5960 $\rho=1,345 \text{ г/см}^3$; ўртача размери 0,4-2 мм; $M_r=50000-200000$.
2. **Этилацетат** «хч» ГОСТ 8981
3. Ректификацияланган **этил спирт** ГОСТ 5963
4. Техник **олтингугурт** кукуни ГОСТ 127.
5. **Кальций гидроксид** «хч» ГОСТ 9262-
6. **Бензол** «хч» ГОСТ 5955
7. **Нитрат кислота**, концентрланган «хч» ГОСТ 701
8. **Хлорид кислота** – HCl ; концентрланган «хч» $M=36,5 \text{ г/мол}$; $T_{\text{суй}} = -32 \text{ }^{\circ}\text{C}$
9. **Натрий гидроксид** – NaOH ; «хч» $M=40 \text{ г/мол}$; $\rho=2.13 \text{ г/см}^3$;
10. **Кальций хлорид** (сувсиз), «хч» ТУ 6-09-4711-81
11. **Магний хлорид** кристаллигидрати «хч» ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ГОСТ 4209-77.
12. **Мис сульфат** кристаллигидрати «хч» ($\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ГОСТ 4165-78
13. **Катионит КУ-2**. ГОСТ 20298-74
14. **Индикаторлар**, (Трилон Б)

4.2. СУЛЬФОКАТИОНИТГА СТАТИК ШАРОИТДА Ca (II) ВА Mg (II) ИОНЛАРИНИНГ СОРБЦИЯСИНИ КОМПЛЕКСОНОМЕТРИЯ УСУЛИДАН ФОЙДАЛАНИБ ЎРГАНИШ.

Комплексонометрия усулида таркибида $-\text{COOH}$ ва 3 ламчи амин гуруҳига эга бўлган комплексонлар трилон Б (ЭДТА) эритмасидан фойдаланилади. Бундай тузилишли моддалар кўпчилик металллар хусусан Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари билан мустаҳкам, аниқ стехометрик нисбатта бирикиб сувда эрувчан ички комплекс тузлар ҳосил қилади. Бу хусусиятдан фойдаланиб Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларини эритмаларидаги миқдорини аниқлаш мумкин. Ҳажми 250 мл ли туби ясси колбага оғирлиги аналитик тарозида тортилган H^+ формадаги сульфокатионит 0.25 г солинди. Кальций ва магнийнинг сувда эрувчан тузларидан 0.1, 0.075, 0.05 ва 0.025 М ли эритмаларидан тайёрланди. Колбаларга 200 мл дан 0.1, 0.075, 0.05 ва 0.025 М ли Ca^{2+} эритмасидан қуйиб 24 соат давомида қўйилди ва 24 соатдан сўнг сульфокатионит филтрлаб олинди. Аввал дастлабки эритмалар ва сорбциядан кейинги эритмалар қуйидагича титрланди. Фильтратнинг суюқ қисмидан 25 мл олинади, устига 50 мл сув қўшилади. Сўнггра устига аммиакли буфер эритмасидан 25 мл солинади, устига қуруқ хромоген қора индикаторининг натрий хлорид кристаллари 1:200 аралашмасидан 20-30 мг солинади. Колбадаги тайёрланган аралашмани бюреткадаги трилон Б (ЕДТА) эритмаси билан титрланаётган эритма ранги қизил тусдан кўк рангга киргунча титрланади.

4.3. ТАДҚИҚ ҚИЛИШНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ УСУЛЛАРИ

ИҚ–спектроскопия. Ўрганилаётган полимер моддалар ИҚ спектрларини ўрганишда олмос/ ZnSe MIRacle 10призма билан битталиқ НПВО бирикма билан тўлдирилган IRTracer-100 спектрометридан фойдаланилди. ИҚ спектрнинг сканерлаш соҳаси қаттиқ, суюқ, гелсимон ва қайта ишлаш қийин бўлган моддаларни таҳлил қилишга мўлжалланган 4000-400 cm^{-1} оралиғида ўрганилди.

Элемент анализ. Олинган намуналар таркибидаги элементлар миқдорини EuroEA Elemental Analyser ёрдамида аниқланди.

Термогравиметрик ва дифференциал термик анализи (TG, DTG). Катионитнинг термогравиметрик ва дифференциал термик анализи TG 209 F1 термогравиметрик анализаторида ўрганилди.

Кимёвий барқарорлик турли концентрацияли кучли оксидловчи кислоталарга ҳамда юқори ҳароратда кучли асосга нисбатан ўрганилди.

Намликни аниқлаш – ГОСТ 10898.1–84. 0,0002 г аниқлик билан бюксда тортилган 3-4 г катионитни доимий оғирликка етмагунга қадар $70 \pm 5^\circ\text{C}$ ҳароратда қуритиш шкафида қуритилди. Тортишдан олдин катионит массасига эга бюксни кальций хлорид таъсирида эксикаторда қуритилди. Намлик миқдорини (W, %) қуйидаги формула бўйича ҳисобланди:

$$W = \frac{P - P_1}{P} * 100\%$$

бу ерда: P – қуритилишга қадар бўлган катионит оғирлиги, г;

P₁ – қуритишдан кейинги катионит оғирлиги, г.

Нам ҳолатдаги сульфокатионитнинг солиштира ҳажмини аниқлаш - ГОСТ 10898.4-84. Солиштира ҳажмини қуйидаги формула бўйича аниқланди:

$$V_{\text{сол}} = \frac{V * 100}{m(100 - W)} = \text{мл/г}$$

бу ерда: V – нам сульфокатионит ҳажми, мл;

m – текширилаётган сульфокатионит массаси, г;

W – намликнинг масса улуши, %.

Сульфокатионитнинг кислота ва ишқорларнинг эритмаларига нисбатан кимёвий барқарорлигини аниқлаш. Иккита ҳар бири 1.0 г дан тортилган Н-шаклдаги қуруқ маҳсулот сульфокатионит 250 млли туби

юмалоқ кольбаларга солинди ва ҳар агрессив таъсир этувчи моддаларнинг эритмаларидан 100 млдан қуйилди. Тескари холодильникда қайноқ сув ҳаммомида 10 соат ва хона ҳароратида 1 сутка давомида сақланди. Сўнгра аралашма ҳавода хона ҳароратигача совитилиб, фильтрат ионитдан ажратиб олинди. Сульфокатионит водород шаклига айлантирилиб, статик шароитда умумий алмашилиш сиғими, шунингдек фильтратнинг солиштирма ҳажми ва оксидланувчанлиги аниқланди.

Сульфокатионитнинг кимёвий барқарорлиги (X,%) формула ёрдамида ҳисобланди:

$$X = \frac{E_1}{E_0} \cdot 100,$$

бу ерда, E_0 -ионитнинг кислота ёки ишқор билан таъсиридан олдинги умумий алмашинув сиғими;

E_1 -ионитнинг кислота ёки ишқор билан таъсирлашгандан кейинги умумий алмашилиш сиғими.

Катионитнинг **механик барқарорликни аниқлаш** учун тебраниш ускунасида силкитиш усулидан фойдаланилди. Бунинг учун нам ҳолдаги катионитнинг 50 мл миқдори 150 млли ўлчов цилиндрига солинади ва уни устига 100 мл дистилланган сув қуйилиб оғзи тиқин билан ёпилади. Цилиндр горизантал ҳолатда, тебраниш ускунасида 6 соат давомида, минутига 100 марта зарба тезлигида силкитилади. Кейин нам ҳолатдаги катионит 0,25 мм диаметрли элакдан ўтказилади ва элакда қолган катионит ҳажми ўлчанади. Катионитнинг механик барқарорлигини ҳисоблаш учун маълум қисмини силкитиш давомида йўқотган яъни элакда қолган катионит ҳажмини дастлабки катионит ҳажмига нисбати фоида топилади

4.4. СУЛЬФОКАТИОНИТГА МЕТАЛЛ ИОНЛАРИНИНГ ЮТИЛИШ ҚИЙМАТЛАРИНИ АНИҚЛАШ УСУЛЛАРИ

Сульфокатионитнинг статик алмашинув сиғимини аниқлаш—ГОСТ 20255.1-89. Сульфокатионитнинг тўлиқ алмашинув сиғимини NaOH нинг 0,1 N эритмаси бўйича аниқланди. Сульфокатионитни (1 г қуруқ модда ҳисобида) натрий ишқорининг 0,1 N ли 100 мл эритмасига солинди ва 24 соат давомида ушлаб турилди. Сўнгра 25 мл фильтратни 2-3 томчи аралаш индикатор иштирокида хлорид кислотанинг 0,1 N эритмаси орқали титрланди. Алмашинув сиғимини қуйидаги формула бўйича ҳисобланди:

$$C_{AC} = \frac{(V * K_1 - K * V_1 * K_2)100 * c}{m(100 - W)} \text{ мг — экв /г;}$$

бу ерда: V – ишчи эритма ҳажми, мл;

K – титрланишга олинган, эритма ҳажмига ишчи эритма ҳажмининг нисбатига тенг бўлган коэффициент;

V₁ – ионит билан таъсирлашгандан сўнг эритма намунасини титрлашга сарфланган эритма ҳажми, мл;

m – ионит массаси, г;

W – намликнинг масса улуши, %;

c – ишчи эритма ва титрлаш учун олинган эритмаларнинг берилган концентрациялари, N; c=0,1 барча ионитлар учун;

K₁ ва K₂ – ишчи эритма ва титрлаш учун эритмага тегишли коэффициентлар.

Сульфокатионитнинг динамик алмашинув сиғимини аниқлаш—ГОСТ 20255.2-89. Сульфокатионитни тажриба учун тайёрлаш ГОСТ 10896 бўйича олиб борилди ва сульфокатионит тайёрлангандан кейин дистилланган сув остида ёпиқ идишда сақланди. Фласкадан олинган сульфокатионитнинг намунаси сиғими 100 см³ бўлган цилиндрга ўтказилди ва сиқиб жойланди. Сульфокатионит колоннага ўтказилди ва катионит ҳажми дистилланган сув ёрдамида 100 см³ га етказилди, сувнинг колоннадан тўкилишига ишонч

ҳосил қилиниб, катионитлар устки қисмисидан 1-2 см баландликда қолдирилади. Колоннадаги сульфокатионит 1,0 дм³/соат тезлик билан юқоридан пастга ўтадиган дистилланган сув билан ювилди. Шу билан бирга сульфокатионит кислотадан (метил оранж билан) ювилган. Сульфокатионитли колонна орқали 0,05 Н концентрацияли ишчи эритма ўтказилиб фильтрат сиғими 250 см³ бўлган цилиндрларда йиғилди. Иккинчи ва ундан кейинги тўйиниш цикларида фильтратда ишчи эритманинг ионлари пайдо бўлишидан олдин (биринчи циклдан кейин аниқланади) ишчи эритманинг концентрациялари мос равишда 100 ва 250 см³ фильтратда йиғилди. Фильтрат нисбатида ишчи эритма ионлари пайдо бўлгандан кейин фильтратнинг умумий ҳажми ҳисобланди. Тўлиқ динамик алмашинув сиғимини аниқлаш учун фильтрат концентрацияси ишчи эритма концентрацияси билан тенглашгунча эритма ўтиши давом эттирилди. Бу ҳолда тўйинишни назорат қилиш намунани индикатор билан аралаштириб ранг ўзгаргунча кислота эритмаси билан титрлаш орқали амалга оширилади. Фильтратда ишчи эритма ионлари пайдо бўлгунга қадар динамик алмашиниш сиғими (Д) ҳар куб метри (г-ЕК/м³) молларда қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланган:

$$D = \frac{V_{\phi} \cdot c \cdot 1000}{V_c}$$

бу ерда, V_{ϕ} - ишчи эритманинг ионлари пайдо бўлишидан олдин сульфокатионитдан ўтган фильтратнинг умумий ҳажми, см³;

c - ишчи эритманинг концентрацияси, см³;

V_c - сульфокатионит ҳажми, см³.

Олинган сульфокатионитнинг сорбцион сиғимини аниқлаш.

Олинган сульфокатионитнинг Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионлари билан сорбцион сиғимини трилонометрик усул ёрдамида аниқланди, Cu^{2+} эса спектрофотометр ёрдамида аниқланди.

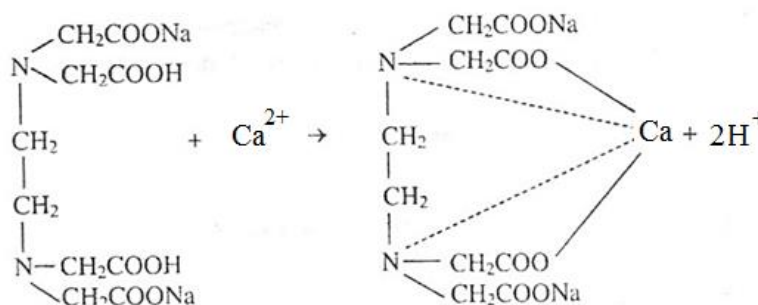
Кальций ионларини аниқлаш. Конуссимон колба ўлчов цилиндри билан ўлчанган 100 мл анализ учун олинган сув билан тўлдирилади, 10-15 мл аммоний буфер эритма қўшилади, спатула учида хромоген қора, Трилон-Б эритмаси эса кўк рангда бўлади. Аниқлаш тўрт марта такрорланади ва натижалар жадвалга ёзилади. Тўртта яқин натижадан ўртача ҳисобланади ва Ca^{2+} нинг грамм миқдори қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$g_{\text{Ca}} = \frac{N_{\text{ТБ}} \cdot V_{\text{ТБ}} \cdot \mathcal{E}_{\text{Ca}}}{1000}$$

бу ерда, $N_{\text{ТБ}}$ -бу Трилон-Б нормаллиги;

$V_{\text{ТБ}}$ -анализ учун олинган эритманинг аниқ ҳажмини титрлаш учун ишлатиладиган Трилон-б миқдори, мл;

$\mathcal{E}_{\text{Ca}}$ -кальцийнинг эквиваленти, г.



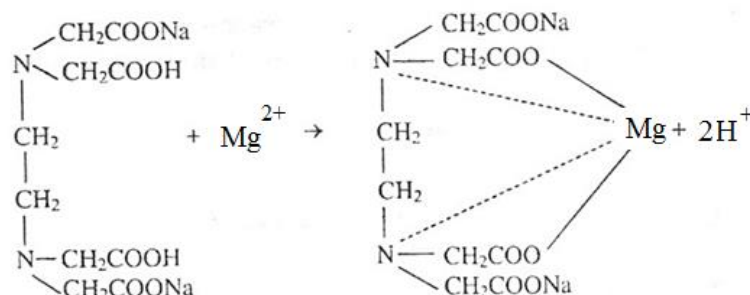
Магний ионларини аниқлаш. Конуссимон колба ўлчов цилиндри билан ўлчанган 100 мл анализ учун олинган сув билан тўлдирилади, 10-15 мл аммоний буфер эритма қўшилади, хромоген спатула учида қора, Трилон-Б эритмаси эса кўк рангда бўлади. Аниқлаш тўрт марта такрорланади ва натижалар жадвалга ёзилади. Тўртта яқин натижадан ўртача ҳисобланади ва Mg^{2+} нинг грамм миқдори қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$g_{\text{Mg}} = \frac{N_{\text{ТБ}} \cdot V_{\text{ТБ}} \cdot \mathcal{E}_{\text{Mg}}}{1000}$$

бу ерда, $N_{\text{ТБ}}$ -бу Трилон-Б нормаллиги;

$V_{\text{ТБ}}$ -анализ учун олинган эритманинг аликувот ҳажмини титрлаш учун ишлатиладиган Трилон-Б миқдори, мл;

$\mathcal{E}_{\text{Mg}}$ -магнийнинг эквиваленти, г.



Мис (II) ионларининг статик шароитда сорбцияси ўрганиш

ПВХ ни S билан модификациялаб олинган катионитнинг NaOH бўйича статик алмашилиш сифими 3,56 мг-экв/г га тенг. Синтез қилинган катионит ишчи ҳолатга келтириш учун тайёрланади, дастлаб маълум бир массадаги катионит калонкаларга солиниб ионит орқали 4% ли NaOH нинг сувли эритмаси ўтказилади ишқор ўтказиш ишқорнинг концентрацияси дастлабки ва охириги ҳолат бир хил бўлгунча ўтказилади ва калонкадаги ионитдан чиқаётган сув нейтрал ҳолатгача дистилланган сувда ювилади, кейинчалик эса 4% ли HCl нинг сувли эритмаси билан фаолланади. Бу босқичда ҳам ионитдан чиқаётган кислотанинг концентрацияси дастлабки концентрация билан бир хил бўлгунча кислота эритмаси ўтказилади. Сульфокатионитга метал ионларининг сорбциясини яхшилаш учун ионитни Na формага ўтказилади бунинг учун ионитли калонкадан 0,1N ли NaOH эритмасини ўтказиш орқали ҳосил қилинади. Таркибида мис (II) ионларини сақловчи сунъий эритма таёрлаш учун мис (II) тузларидан 0,5 мол миқдорда аналитик тарозида ториб олинди ва 1 л бўлгунча дистилланган сувда эритилиб мис (II) тузининг 0,5 мол/л концентрацияли эритмаси тайёрлаб олинди. Олинган эритмадан фойдаланиб 0,3 0,2 ва 0,1 мол/л ли эритмалари тайёрланди. 4 та 100 млли стаканга 0,5 г дан ишчи ҳолатдаги катионит аналитик тарозида ўлчаб солинди тайёрланган мис (II) эритмалардан 100 млдан стаканларга қуйилди. Статик шароит 313 К да бир сутка мобайнида қолдирилди.

Сорбциядан кейинги эритмалардан намуна олиниб эритмадаги металл ионларининг концентрациясини спектрофотометр Микропланшетли ридерда энспире Перкин эмлер (АҚШ) аниқланди мис (II) ионлари учун 720 нм тўлқин узунлигида аниқланади. Концентрация куйидаги тенглама ёрдамида ҳисоблаб чиқилган:

$$A = \varepsilon \cdot l \cdot C$$

Бу ерда: A – оптик зичлик

ε - тўлқин узунлиги

l – кювета узунлиги

C – эритма концентрацияси

Ca²⁺ ва Mg²⁺ ионларини олинган ионит ва катионитларда динамик шароитда сорбциясини ИБП ОЭС методи билан ўрганиш
(индуктив боғланган плазма оптик эмиссия спектроскопия)

ПВХ ни S билан модификация лаб олинган катионитнинг NaOH бўйича статик алмашилиш сиғими 3,5 мг-экв/г га тенг. Синтез қилинган катионит ишчи ҳолатга келтириш учун тайёрланади, дастлаб маълум бир массадаги катионит ва полиамфолит калонкаларга солиниб ионит орқали 0,1 Н ли HCl нинг сувли эритмаси ўтказилади ишқор ўтказиш ишқорнинг концентрация си дастлабки ва охирги ҳолат бир хил бўлгунча ўтказилади ва калонкадаги ионитдан чиқаётган сув нейтрал ҳолатгача дистилланган сувда ювилади, кейинчалик эса 4% NaOH ли нинг сувли эритмаси билан фаолланади бу босқичда ҳам ионитдан чиқаётган кислотанинг концентрация си дастлабки концентрация билан бир хил бўлгунча кислота эритмаси ўтказилади. Сўнгра 2 г дан ўлчаб калонкаларга жойлаштирилади. Таркибида кальций (II) ва магний (II) ионларини сақловчи сунъий эритмаларидан тайёрлаш учун кальций (II) ва магний (II) тузларидан 0,05 мол микдорда аналитик тарозида ториб олинди ва ҳар бирига 1 литрдан дистилланган сувда эритилиб, кальций (II) ва магний (II) тузларининг 0,05 мол/л концентрацияли эритмаси тайёрлаб олинди. Олинган эритмадан фойдаланиб 0,3 0,2 ва 0,1 мол/л ли эритмалари

тайёрланди. Тайёрланган эритма калонкадаги ишчи ҳолатдаги ионитдан 0,5 мл/мин тезликда ўтказилади. Эритма ўтказилгач ионитлар олиниб куригилади ва торсовий тарозида 50 мгдан тортиб олиниб анализга берилади.

Текшириладиган модданинг аналитик тарозида ўлчанган 0,0500-0,5000 грамм наъмунаси тефлон автоклавларга ўтказилади. Кейин автоклавлар тегишли миқдордаги минерал кислоталар (нитрат кислота (кимёвий тоза) ва водород пероксид (кимёвий тоза)) билан тўлдирилади. Автоклавлар ёпилади ва Berghoff микротўлқинли эритгичда MWS-3+ дастурий таъминотида ёки шунга ўхшаш микротўлқинли эритгичга жойлаштирилади. Синов моддасининг турига қараб парчаланиш дастури танланади, парчаланиш даражаси ва автоклавлар сони белгиланади (12 донагача).

Парчаланишдан сўнг автоклавлардаги таркиб миқдорий равишда 50 ёки 100 мл ҳажмдаги колбаларга ўтказилади ва ўлчов белгисигача 0,5% ли нитрат кислота қуйилади. Ўрганиладиган моддани аниқлаш индуктив боғланган аргон плазмаси ёки шунга ўхшаш Optima-2100DV эмиссия спектрометр (АҚШ) қурилмасида амалга оширилди. Аниқлаш усули Win-Lab Perkin-Elmer асбоблари дастурий таъминотининг руйхатидан аниқланадиган элементнинг оптик тўлқин узунлиги танланади, унда элементнинг максимал ютилган энергия эмиссиясига эга бўлади. Таҳлиллар кетма-кетлигини тузишда мг миқдори ва унинг мл да суюлтириш даражаси кўрсатилган. Маълумотларни олгандан сўнг, синов наъмунасидаги модданинг концентрацияси автоматик равишда ҳисоблаб чиқилади ва (% , ppt, ppb, ppm ва бошқа) бирликларда киритилади - RSD%

Ишлатилган асбоб ва идишлар:

Қурилма: ИБП ОЭС Optima-2100DV (АҚШ)

Аргон оқими: 15 л/мин

Автосамплер: S-200 Perkin-Elmer

ВЧГ: 1500 W,

Оқим: 1.2 мл/мин,

Қузатиш: - эксенел.

ХУЛОСАЛАР

1. Пластификат поливинилхлорид асосида олинган донатор сульфокатионитнинг физик-кимёвий хоссалари ўрганилди, кимёвий ва термик барқарорликлари аниқланди. Олинган ионитни сканерловчи электрон микрофотографиялари таҳлили унинг сорбциялаш жараёнини осонлаштирувчи ғовак тузилишга эгаллиги тасдиқлаш имконини берди.

2. Сульфокатионитга кальций (Ca^{2+}) ва магний (Mg^{2+}) ионларининг ютилиш кинетикаси тадқиқ қилинди ҳамда кинетик параметрлар ва сорбция жараёнининг активланиши энергияси ҳисоблаб топилди. Олинган натижалар ўрганилаётган жараён псевдо-иккинчи тартибли реакциялар қонуниятлари бўйича боришини кўрсатиш имконини берди. Кинетик таҳлиллар асосида Mg^{2+} ионларини Ca^{2+} ионларига нисбатан ионитга кўпроқ ютилганлигини металл ионлари гидратланган ион радиусларига боғлиқ.

3. Металл ионлари сорбция мувозанат ҳолатлари ва термодинамикасини тадқиқ қилиш орқали ўрганилаётган жараён Ленгмюрнинг мономолекуляр адсорбцияси назариясига бўйсунishi ҳамда сорбция жараёнининг термодинамик параметрлари - эркин энергия (ΔG), энтальпия (ΔH) ва энтропия (ΔS) қийматлари ўзгариши Ca^{2+} ва Mg^{2+} ионларининг ионит билан ионалмашиниш реакцияси орқали ютилишини кўрсатди.

4. Поливинилхлорид асосида олинган сульфокатионит иштирокида оқар сувларини юмшатиш учун бир неча маротаба динамик шароитда катионитда сорбция, десорбция жараёнлари амалга оширилганда, унинг сорбцион хоссалари ўзгармасдан қолгани кузатилди ва натижада катионитни саноат корхоналарида табиий сувларни юмшатишда ва тозалашда кўп маротаба қўллаш мумкинлигини имконини берди.

5. Сульфокатионит ёрдамида «МАХАМ-CHIRCHIQ» АЖ технологик жараёнларида ҳосил бўладиган оқава сувларини оралиқ металл ионларидан тозалашга имкон берувчи мобил ускуна ишлаб чиқилди ва саноат миқёсида жорий қилиниш учун тавсия этилди.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Mohsin M.; Safdar S.; Asghar F.; Jamal F. Assessment of Drinking Water Quality and its Impact on Residents Health in Bahawalpur. *City International Journal of Humanities and Social Science*. 2013. 15:114-120 б.
2. Sepehr M.N., Zarrabi M., Kazemian H., Amrane A., Yaghma K. et al. Removal of hardness agents, calcium and magnesium, by natural and alkaline modified pumice stones in single and binary systems. *Applied Surface Science* 274:295-305 б. [doi:10.1016/j.apsusc.2013.03.042](https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.03.042). [hal-00915133](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00915133).
3. Мосталыгина Л.В., Елизарова С.Н., Тихонова А.Ю., Костин А.В. Регуляция концентрации ионов кальция и магния природным сорбентом – бентонитовой глиной. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 12, №1(4), 2010. 1042-1044 б.
4. N. A. Fuadi., A. S. Ibrahim., K. N. Ismail. Removal of Heavy Metals from Simulated Wastewater Using Physically and Chemically Modified Palm Shell Activated Carbon. *Journal of Applied Sciences* 2014.14: 1294-1298. [doi:10.3923/jas.2014.1294-1298](https://doi.org/10.3923/jas.2014.1294-1298).
5. L. Castro., M. L. Blázquez., F. González., J. A. Muñoz., A. Ballester. Heavy metal adsorption using biogenic iron compounds. *Hydrometallurgy*. 2018.Vol.179, P. 44-51. [doi:10.1016/j.hydromet.2018.05.029](https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.05.029).
6. M. U. Khobragade and A. Pal, “Fixed-bed column study on removal of Mn(II), Ni(II) and Cu(II) from aqueous solution by surfactant bilayer supported alumina.” *Separation Science and Technology (Philadelphia)*, 2016.vol. 51, no. 8, pp. 1287–1298.
7. Mustapha S., Shuaib D.T., Ndamitso M.M., Etsuyankpa M.B., Sumaila A., Mohammed U.M., Nasirudeen M.B. Adsorption isotherm, kinetic and thermodynamic studies for the removal of Pb(II), Cd(II), Zn(II) and Cu(II) ions from aqueous solutions using Albizia lebbeck pods. *Applied Water Science*. 2019 9:142. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1021-x>
8. Losev V.N., Elsufiv E.V., Buyko O.V., Trofimchuk A.K., Hordab R.V., Legenchuk O.V. Extraction of precious metals from industrial solutions by the

pine (*Pinussylvestris*) sawdust-based biosorbent modified with thiourea groups. *Hydrometallurgy*. 2018. 176. 118–128. doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.01.016.

9. Mohan D., Singh K.P., Single and multi-component adsorption of cadmium and zinc using activated carbon derivated from bagasse-an agricultural waste. *Water Res.*, 2002. 36.p. 2304-2318.

10. Gadd G.M. Biosorption: critical review of scientific rationale, environmental importance and significance for pollution treatment. *Journal of Chemical Technology and Biotexnology*, 2009. V.84. p. 13 doi.org/10.1002/jctb.1999.

11. Рожина Д.А., Пан Л.С., Маковеев А.С. Ионообменные свойства биосорбентов на основе морских водорослей и ферроцианидов железа и цинка, селективных к ионам цезия. *Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки*. 2014. Т. 19. № 5. С. 1458-1461.

12. Лебедь А.Б., Акулич Л.Ф., Филатова А.В., Тимофеев К.Л. Очистка дренажных вод от металлов с использованием природного сорбента // Новые технологии обогащения и комплексной переработки труднообогатимого природного и техногенного сырья (Плаксинские чтения-2011): *Материалы международного совещания. Верхняя Пышма, Екатеринбург: Издательство “Форт Диалог-Исеть”. 2011 г., с. 487-490.*

13. Тимофеев К.Л., Набойченко С.С., Лебедь А.Б., Акулич Л.Ф. Сорбционная технология извлечения цветных металлов из шахтных вод. Цветная металлургия. *Известия ВУЗ.*, 2012. № 6с. 7–10.

14. Тимофеев К.Л., Набойченко С.С., Лебедь А.Б., Акулич Л.Ф. Селективная десорбция amino-карбоксильных амфолитов // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. №2; с. 102-106.

15. Гейвандов И.А., Вислогузов А.Н. и др. Основные технологические показатели и характеристики процесса натрий-катионитного умягчения минерализованных вод. *Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Серия «Физико-химическая»*. Ставрополь: СевКавГТУ, 2004. №1 (8), С. 58-62.

16. Inamuddin Dr., Luqman M. Ion Exchange Technology I Theory and Materials, - Springer. *Dordrecht Heidelberg New York London* 2012, p. 337-360 DOI [10.1007/978-94-007-4026-6](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4026-6)

17. N.B. Singh., G. Nagpalb., S. Agrawal., A. Rachna. Water purification by using Adsorbents. *Review Environmental Technology & Innovation*. 2018.11 pp.187-240. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.05.006>.

18. Tewari P.K., Singh A.K. Amberlite XAD-7 impregnated with Xylenol Orange: a chelating collector for preconcentration of Cd(II), Co(II), Cu(II), Ni(II), Zn(II) and Fe(III) ions prior to their determination by flame AAS. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, 2000. Vol. 367, pp. 562-567.

19. Ильичева Н.С., Китаева Н.К., Дуфлот В.Р. Синтез и свойства катионообменного полимерного сорбента на основе карбоксилированного полиэтилена. // Сорбционные и хроматографические процессы. 2010. Т. 10. Вып. 2. с. 216-222.

20. Черных Г.П., Черных Е.А., Емельянов И.С. Синтез и изучение хроматографических свойств сульфакатионитов. ЖПХ, 1997. Т. 70. №12. С.1970-1974.

21. 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.

22. Егiazаров Ю.Г., Кравчук Л.С. и др. Влияние природы обменного катиона на дегидратацию и термостабильность волокнистого сульфокатионита ФИБАН К-1. ЖПХ, 2002. Т.75. №1. С. 34-38.

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

24. Солдатов В.С., Шункевич А.А, Марцинкевич В.В. Сравнительные исследования процесса умягчения воды гранульными и волокнистыми ионитами. //ЖПХ, 2001. - Т.74. - № 9. – С.1477-1480.
25. В. Köhler., О. Halle. Патент США № 6472479. Сульфированные гранулированные полимеры на основе стирола, винил пиридина и сшивающих агентов. 2002.v.4. Р. 75
26. Мазур С.Г., Злобина А.С. и др. Сополимер стирола, N винил-3/5-метилпиразола, дивилбензола и этилстирола в качестве продукта для получения сульфакатионита. Авторское свидетельство СССР №1810354. 23.04.1993. Бюл. №15.с.490.
27. S. Katsuhiko, U. Hingo, T. Haruki et.al. Cation exchangers resing. *Patent. Japan.* 2000 №JP2000279825. Р.56
28. Поконова Ю.В. Радиационностойкие сульфакатиониты из нефтяных остатков. // *Перспективные материалы* 1997. №4. С 69-71.
29. Замбровская Е.В., Дитикова Т.В., Салдадзе Г.К. и др. Способ получения сульфакатионита особой чистоты. *Патент РФ. №2059660.*1996.
30. Z.P. Zhu, B. Zhu. Studies on Octadecylamine cation exchange resin and resin regeneration. *Changsha dianli xueyuan xuebao. Ziran kexue ban*, 2000. №3. Т.15. р.74-76.
31. Паршина И.Н., Стряпков А.В. Сорбция ионов металлов органическими катионитами из карьерных растворов// *Вестник ОГУ*, 2003. №5. С. 107-109.
32. 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.
33. Замбровская Е.В., Дитикова Т.В., Салдадзе Г.К. и др. №2059660. Способ получения сульфокатионита особой чистоты. *Патент РФ.* 1996. №3. с. 34.

34. Fernanda M. B., Coutinho Rosane R., Souza and Ailton S., Gomes. Синтез, характеристика и использование сульфокатионитов как катализаторы. *European Polymer Journal*, 2004. Vol. 40. - Iss. 7. С. 1525-1532.

35. 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.

36. P. Wolfgang, S. Ulrich, K. Reinhold, S.Claudia. Obtaining a gel-like cation exchanger. *German. Patent*, 2002.

37. Yadav G. D., Kulkarni H. B. Catalysis by ion exchange resin in the synthesis. *React, and Funct. Polym.*, 2000. №2, Т.44. p.153-165.

38. Таджиходжаев З.А. К вопросу о термостабильности ионообменной материалов на основе вторичного сырья. *Деструкция и стабилизанной полимеров*, 2001. - С.196-197.

39. Пастухов А. В., Аликсиенко Н. Н., Цюрупа М. П., Давнков В. А., Волощук А. М. Новые углеродные сорбенты – продукты термодеструкции и пиролиза сверхсшитых полистиролов. *Ж. химии*, 2005. №9, Т.79. С.1551-1560.

40. Vignoli Claudio Nogueira, Bahe Jackeline M.C.F., Marques Monica R.C.Evaluation of ion exchange resins for removal and recuperation at ammonium-nitrogen generated by the evaporation of landfill leachan *Polym.Bull.*, 2015. - №12, - P.3119-3134.

41. Алиева Г. А., Билалов Я. М., Ходжаев Г. Х. Сульфокатиониты и основе полистирола, модифицированное бутилкаучуком// *Ж. хим. пробл.*, 2005. - №3, С.83-85.

42. Inoue Hiroshi, Yamanaka Koji, Yoshida Akiko, Suenaga Yusaku. Способ получения сульфированных пористых органических материалов. Патент Японии, 2006.

43. Фирсов А.В., Артамонов А.В., Смирнова Д.Н., Ильин А.П., Кочетков С.П. Сорбция редкоземельных металлов из неупаренной дигидратной

экстракционной фосфорной кислоты на сильнокислотном макропористом катионите // Изв.вузов. Химия и хим.технолог., 2016. - №4, -Т.59. – С.50-54.

44. Альтшулер О.Г., Шкуренок Г.Ю., Горлов А.А., Альтшулер Г.Н. Диффузионная кинетика ионного обмена анестезина на сульфокатионитах // Ж.физ.химии, 2016. - №6, -Т.90. – С.907-312.

45. Смирнов А.К., Смирнова Л.Г., Абзальдинов Х.С. Термодинамика сорбции ионов $Mn(II)$ ионитами// Вестн.Казан. технол. ун-та, 2016. - №13, - Т.19. -С.5-7.

46. Аборнев Д.В. Динамические характеристики катионитных фильтров в процессе умягчение высокоминерализованных вод. – Монография. Ставрополь: СКФУ. 2015. – 120 С.

47. Милютин В.В., Некрасова Н.А., Козлитин Е.А. Новые ионообменные материалы для решения прикладных радиохимических задач // 20 Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Екатеринбург, 26-30 сент., 2016. – Т.4. – С.98.

48. Якубов М.Р., Грязнов П.И., Милордов Д.В., Якубова С.Г., Миронов Н.А., Борисов Д.Н. Новые возможности получения сорбентов и сульфокатионитов на основе асфальтенов и смол тяжелых нефтей. 20 Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, Екатеринбург, 26-30 сент., 2016. Т.4. С.153.

49. Ферапонтов Н.Б., Токмачов М.Г., Гагарин А.Н., Герасимчук В.В., Пушкарева И.В. Влияние свойств полимеров на условия их набухания в воде и в водных растворах // сорбционные и хроматографические процессы, 2014. - №5, -Т.14. – С.795-812.

50. Bıcak N., Karagoz B., Emre D. Atom transfer graft copolymerization of 2-ethyl hexyl acrylate from labile chlorines of poly (vinyl chloride) in an aqueous suspension. *J. Polym. Sci. A. Polym. Chem.* 2006. 44. pp. 1900-1907

51. Du, W., Pan, B., Jiang, P., Zhang, Q., Zhang, W., Pan, B., Zhang, Q., Zhang, Q. Selective sorption and preconcentration of tartaric acid using a copper(II)-bound

Polymeric ligand exchanger. // *Chemical Engineering Journal*, 2008. Vol. 139, pp. 63-68.

52. Kołodyńska, D., Robert Y. Ning The chelating agents of a new generation as an alternative to conventional chelators for heavy metal ions removal from different waste waters, In: *Expanding issues in desalination* // InTech, Publishers. 2011, pp. 339-371.

53. Inamuddin Dr., Mohammad Luqman. *Ion Exchange Technology II Applications*, -2012, -438 p.

54. Ahmed I.S., Ghonaim A.K., Abdel Hakim A.A., Moustafa M.M., Kamal El-Din AH. Synthesis and characterization of some polymers for removing of some heavy metal ions of industrial wastewater // *J Appl Sci Res*. 2008; 4: pp. 1946-1958.

55. Воронков М.Г., Дерягина Э.Н. Термические реакции серы, сероводорода и его производных с органическими соединениями // *Журнал органической химии*. 2001. Т. 71. №12. С.1979-1984.

56. Воронков М.Г., Дерягина Э.Н. Высокотемпературный синтез органических соединений серы. Глава в книге: *Химия органических соединений серы. Под ред. Л.И. Беленького. М.Химия*, 1988. Т. 2. С. 56.

57. Trofimov B.A. Sulfurization of polymers: a novel access at electroactive and conducting materials. *Sulfur Reports*. 2003. V.24. № 3. P. 283-305.

58. Баяндин В.В., Шаглаева Н.С., Воронков М.Г., Прозорова Г.Ф., Аб-заева К.А., Султангареев Р.Г., Орхокова Е.А. // Реакции поливинилхлорида с натриевыми производными гетероаро-матических и ароматических Н-Н- и Н-S- кислот в апротонных растворителях . *Журнал общей химии*. 2013. Т. 83, вып. 8. С 1286–1293.

59. Шаглаева Н. С., Воронков М. Г., Султангареев Р. Г., Прозорова Г. Ф., Абзаева К. А., Орхокова Е. А., Ржечицкий А. Э., Дмитриева Г. В., Колесников С.С., Дамбинова А. С. Реакция серы с поливинилхлоридом // *ВМС, сер. А*, 2011, 53 (4), 629-633.

60. Ахметханов Р.М., Дмитриев Ю.А. и.д. Стабилизация пластифицированных поливинилхлоридных композиций элементарной серой. *Бестник Башкирского уневерситета*. 2003. №3 с 81-85.
61. Minsker K.S., Fedoseeva G.T., Стабилизация и деструкция поливинилхлорида. *М. Ximiya* 1979.с 279.
62. Шаглаева С.Н., Воронков М.Г., Сультангареев Р.Г., Прозорова Г.Ф. Реакция серы с поливинилхлоридом. *Иркутский государственный технический университет*. 2011. том 53, № 4, с. 629–633.
63. Shaglaeva N.S., Lebedeva O.V., Sultangareev R.G., and Trofi mova K.S. Copolymers of vinyl chloride obtained by polymer-analogous reactions of polyvinyl chloride with sodium salts of heteroaromatic H-N acids. *Russ. J. Appl. Chem.*,2005, vol. 78, no. 4, pp. 641–645.
64. Kameda T. et. al. Chemical modification of rigid polyvinyl chloride by the substitution with nucleophiles. *Polym. Degrad. Stab.* 2009. V. 94, № 1. P. 107–112.
65. Трофимов Б. А., Скотгейм Т. А., Малькина А. Г., Соколянская Л. В., Мячина Г. Ф., Коржова С. А., Вакульская Т. И., Ковалев И. П., Михайлик Ю. В., Богуславский Л. И. Сульфуризация полимеров. Сообщение 3. Парамагнитные и окислительно-восстановительные свойства осерненного полиэтилена // Изв. АН. Сер. хим. — 2000. — № 5. — С . 872-875.
66. Орхокова Е.А. Реакции поливинилхлорида с натриевыми солями гетероароматических и ароматических NH- и SH- кислот и элементарной серой *Диссертация. Иркутск-2013*. С 69-75.
67. Trofimov B.A. Sulfurization of polymers: a novel access ta electroactive and conducting materials. *Sulfur Reports*.2003. V.24. № 3. P. 283-305.
68. Трофимов Б.А., Малькина А.Г., Соколянская Л.В., Носырева В.В., Мячина Г.Ф., Коржова С.А., Родионова И.В., Вогульская Т.И., Скотгейм Т.А., Михайлик Ю.В. Осерненный поли (5-винил-2-метилпиридин): синтез и

электрохимические свойства. *Электрохимическая энергетика*. 2001. Т. 1. № 3. С. 26-32.

69. Колесов СВ., Ахметханов Р.М., Нагумнова Э.И., Кабальнова Н.Н., Ахметханов Р.Р., Заиков Г.Е. Элементная сера как стабилизатор полимеров винилхлорида. *Журнал прикладной химии*. 2004. Т. 77. № 11. С. 1877-1879.

70. Shaglaeva N.S., Sultangareev R.G., Zabanova E.A. et al., Synthesis and properties of sulfurized poly(vinyl chloride) Russ J. Appl Chem., 2008, vol. 81, no. 1, pp. 131–134.

71. Баяндин В.В., Мултуев П.В., Шаглаева Н.С. Органический и неорганический синтез и свойства осерненного поливинилхлорида известия вузов. *Прикладная химия и биотехнология*, 2014, № 2 (7).

72. Tomohito Kameda, Makoto Yoshihara, Guido Grause, Toshiaki Yoshioka. Chemical modification of poly (vinyl chloride) using sodium trisulfide. *Journ. of Polym Res* (2015) 22: pp 88-93. DOI 10.1007/s10965-015-0718-2.

73. Azmiyawati Ch., Nuryono., and Narsito. Adsorption of Mg(II) and Ca(II) on disulfonato-silica hybrid. *Indonesian Journal of Chemistry*-2012 12 (3), 223 – 228.

74. Turabdzhанov S.M., Kedelbaev B.Sh., Kushnazarov P.I., Badritdinova F.M., Ponamaryova T.V., Rakhimova L.S., 2019, New approach to the synthesis of polycondensation ion-exchange polymers. *News of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan. Geology and technical sciences*. 2(434). 206-214 doi:10.32014/2019.2518-170X.56.

75. Bandrabur B., Tataru-Fărnuș R., Lazăr L., Bulgariu L., Gutt G. Use of strong acid resin PUROLITE C100 e for removing permanent hardness of water – factors affecting cationic exchange capacity. *Chemistry & Chemical Engineering*, - 2012 13 (4):361 – 370.

76. Кочетов Г.М., Терновцев В.Е., Потапенко Л.И. Математическое моделирование и расчет параметров ионообменной очистки никельсодержащих сточных вод гальванических производств. *Эко технологии и ресурсосбережение*. 2004. № 4. С. 43-46.

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

78. Boena N., Kolarz Piotr P. Wieczorek. Porosity variation and swelling of cation exchangers// *Angewandte Makromolekulare Chemie*, 2003. V. 96. Issue 1. - P. 201-214.

79. 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. №12ю Т.28. С.815-819.

80. Гейвандов И.А., Вислогузов А.Н. и др. Расчет концентраций ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^{+} в катионите и равновесном с ним растворе по данным экспериментальных исследований. Вестник Северо Кавказского государственного технического университета. Серия «Физико-химическая». №1 (8), Ставрополь: СевКавГТУ, 2004.С. 84-90.

81. Шаталов В.В., Никонов В.И., Никитин И.В. и.др. Способ регенерации сульфокатионита. / Патент РФ №2166364. 10.05.2001.с 67.

82. Harjula R., Lehto J., *Reactive & Functional Polymers* (1995), 27, 147.

83. Lehto J., Harjula R. In *Ion Exchange Developments and Applications* (J. A. Greig, ed.), The Royal Society of Chemistry, Cambridge (UK). (1996). 234.

84. Bandrabur B., Tataru-Farmus R., Lazar L., Gutt G., 2012. Cationic exchange capacity of PURE PC200FD resin in food industry water softening process. *Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering*, 2012. Vol 11 pp 295 – 301.

85. Coca M., Mato S., González-Benito G., Urueña M.Á., García-Cubero M.T. (2010) Use of weak cation exchange resin Lewatit S 8528 as alternative to strong ion exchange resins for calcium salt removal. *Journal of Food Engineering*.97(4): 569-573.doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.12.002.

86. Ayoub G.M., Semerjian L., Acra A.E., Fadel M., Koopman B., 2001, Heavy Metal Removal by Coagulation with Seawater Liquid Bittern. *Journal of*

Environmental Engineering, 127: 196–202. [doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2001\)127:3\(196\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2001)127:3(196)).

87. Malana M.A., Qureshi R.B., Ashiq M.N., Adsorption studies of arsenic on nano aluminium doped manganese copper ferrite polymer (MA, VA, AA) composite: *Kinetics and mechanism. Chem. Eng.* 2011.J. 172, 721–727.

88. Kara A., Demirbel E. Kinetic Isotherm and Thermodynamic Analysis on Adsorption of Cr(VI) Ions from Aqueous Solutions by Synthesis and Characterization of Magnetic-Poly (divinylbenzene-vinylimidazole) *Microbeads Water Air Soil Pollut* (2012) 223:2387–2392 doi:10.1007/s11270-011-1032-1.

89. Ciftci T.D., Henden E. Nickel/nickel boride nanoparticles coated resin: A novel adsorbent for arsenic (III) and arsenic (V) removal. *Powder Technol.* 2015.269, 470–480.

90. Chien S.H., Clayton W.R. Application of elovich equation to the kinetics of phosphate release and sorption in soil. *Soil Sci. Soc. Am.* 1980.J. 44, 265.

91. Weber W.J., Morris J.C. Kinetics of adsorption on carbon from solution. *J. Sanit. Eng. Div. ASCE.* 1963.89, 31–59.

92. Okewale A.O., Babayemi K.A., Olalekan A.P. Adsorption isotherms and kinetics models of starchy adsorbents on uptake of water from ethanol–water systems. *Int. J. Appl. Sci. Technol.* 2013.3(1), 35–42.

93. Zagorodni A.A. Ion Exchange Materials: Properties and Applications, Elsevier, 2007: pp 337-380. doi: [10.1016/B978-0-08-044552-6.X5000-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044552-6.X5000-X).

94. Hoffmann H., Martinola F.: Selective resins and special processes for softening water and solutions; A review, *Reactive Polymers, Ion Exchangers, Sorbents*, 1988, 7(2-3), 263-272.

95. Moussa Abbas., Zahia Harrache., Mohamed Trar. Removal of gentian violet in aqueous solution by activated carbon equilibrium, kinetics, and thermodynamic study. *Adsorption Science & Technology.* 2019 Vol 37, Issue 7-8, 0(0) 1–24. doi.org/10.1177/0263617419864504.

96. Yu Z., Qi T., Qu J., Wang L., Chu J. 2009, Removal of Ca(II) and Mg(II) from potassium chromate solution on Amberlite IRC 748 synthetic resin by ion

exchange. *Journal of Hazardous Materials*.167:406-412. doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.12.140.

97. Jurayev M., Khushvaktov S., Botirov S., Bekchanov D., Mukhamediev M. Kinetics of Sorption of Ca (II) and Mg (II) ions from solutions to a New Sulphocathionite. *International Journal of Advanced Science and Technology* Vol. 29, No. 7, (2020), pp. 3395-3401.

98. Rostamian R., Heidarpour M., Mousavi S.F., Afyuni M. Removal of calcium and magnesium by activated carbons produced from agricultural wastes. *Advances in Environmental Biology*, 2014, 8: 202-208.

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

100. Herberg E. Klei, Doland W. Sundstrom, Chapter 13 – Ion exchange. *Wastewater Treatment*, 1981, p. 356-367.

101. 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.

102. Erol Pehlivan, Turkan Altun, Ion-exchange of Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺ and Ni²⁺ ions from aqueous solution by Lewatit CNP 80 // *Journal of Hazardous Materials*. -2007. Vol – 140. P. 299-307.

103. Синякова М.А. и др. Особенности сорбции меди(II) и алюминия (III) различными катионитами // *Ж. прикл. Химии*, 2000. –Т.73. - №3,– С.388-390.

104. Мальований А.М., Мальований М.С., Ятчишин Й.Й., Плаза Е., Сакалова Г.В. Технологические аспекты концентрирования ионы аммония из городских сточных вод с использованием сильнокислотного катионита // *Хім.пром-сть України*, 2012. - №4, - С.23-27.

105. Калиниченко М.Ю., Гейвандов И.А., Аборнев Д.В. Исследование характеристик процесса регенерации при натрий-катионитовой умягчении минерализованных вод // *Водоочистка*, 2012. - №10, - С.33-37.

106. Локшин Э.П., Тареева О.А., Иваненко В.И., Корнейков Р.И., Елизарова И.Р. Исследование сорбционного извлечения редкоземельных элементов из сернокислых растворов // Химическая технология – Россия, 2011. - №12, - С.749-753.

107. Паршина И.Н., Стряпкой А.В. Сорбция ионов металлов органическими катионитами из карьерных растворов// Вестник ОГУ, 2003. - №5, - С.107-109.

108. Гейвандов И.А., Вислогузов А.Н. и др. Расчет концентраций ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} , и Na^{+} в катионите и равновесном с ним растворе по данным экспериментальных исследований. // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. Серия «Физико-химическая» №1 (8), Ставрополь: СевКавГТУ, 2004. – С.84-90.

109. Стоянов Н.И., Гейвандов И.А. и др. повышение эффективности натрий-катионного умягчения минерализованных вод для нефтепромысловых парогенераторов // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Проблемы повышения газонефтеотдачи месторождений на завершающей стадии их разработки и эксплуатации ПХГ» Ставрополь: СевКавГТУ, 2005. – С.52-58.

110. Кочетов Г.М. Математическое моделирование и расчет параметров ионообменной очистки никельсодержащих сточных вод гальванических производств / Кочетов Г.М., Терновцев В.Е., Лотапенко Л.И. // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2004. - №4, - С.43-46.

111. Плохов Е.С., Михаленко М.Г. Редцевание никеля (II) из отработанных растворов и промывных вод после кислого химического никелирования в гипофосфитных растворах // Тезисы докладов IV Международной молодежной научно-технической конференции «Будущее технической науки» Нижегород, 2005. – С.214.

112. Касиков А.Г., Арешина Н.С., Мальц И.Э., Зинскевич 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.

113. И. В. Коваль. Химия дисульфидов. *Успехи химии. Российская академия наук*, 1994. Т. 63, № 9. С. 776—792
114. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений: // Справочные материалы. МГУ имени Ломоносова. М. 2012. с 4-6, 37-40.
115. Бутырская Е.В. и др. Неэмпирический расчет ИК-спектра сульфокатионообменника. *Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация*, 2006, № 2 с 31-34
116. Жураев М. М. Юлдашева С. Х. Бекчанов Д. Ж., Мухамедиев М. Г. Физико - химические свойства нового сульфокатионита, полученного на основе пластиката поливинилхлорида. *Узбекский химический журнал*, 2020, №2 62-71
117. Integral university experiment *Engineering Chemistry Lab Manual Department of Chemistry*-2015 No. 5. 28-30
118. Jurayev M, Khushvaktov S, Botirov S, Bekchanov D, Mukhamediev M. Kinetics of Sorption of Ca (II) And Mg (II) Ions from Solutions to a New Sulphocathionite. *International Journal of Advanced Science and Technology* Vol. 29, No. 7, (2020), pp. 3395-3401
119. Жураев М.М., Хушвактов С.Ю., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. Сорбция ионов кальция (II) и магния (II) сульфокатионитом на основе пластиката поливинилхлорида *Композиционные материалы Научно-тех. Журнал*. №3, 2018. с-34-36.
120. Жураев М.М., Хушвактов С.Ю., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. Сорбция ионов меди (II) и никеля (II) на азот- и серосодержащем полиамфолите. *Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн*. 2019. № 11(65).
121. Timofeev, K. L., Naboychenko, S. S., Lebed, A. B., & Akulich, L. F. Kinetics of zinc, calcium and magnesium sorption from water solutions, using the amine-diacetic ionite - Lewatit TP-207. *Non-ferrous metals*. 2013. 8, p 59-64.

122. Bekchanov D. J., Sagdiev N.J., Mukhamediev M. G. Study sorption of heavy metals nitrogen – and- phosphorus containing polyampholytes. // Journal American Journal of Polimer Scean America. 2016 , № 6. (2). pp. 46-49

МУНДАРИЖА

Қисқартмалар	4
КИРИШ.....	5
I-БОБ. АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ.....	8
§1.1. Ионитлар ва уларнинг физик-кимёвий хоссалари.....	8
II-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ СУЛЬФОКАТИОНИТ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ.....	39
§2.1. Поливинилхлорид ва олтингугурт асосида олинган янги сульфокатионит тузилишини ўрганиш.....	41
§2.2. Поливинилхлорид асосида олинган сульфокатионитнинг термик ва кимёвий барқорорлиги.....	49
III-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ СУЛЬФОКАТИОНИТ СОРБЦИОН ХУСУСИЯТЛАРИ....	55
§3.1. Эритмалардан Ca(II) ва Mg(II) ионларининг сульфокатионитга сорбция кинетикаси.....	56
§3.2. Эритмалардан Ca(II) ва Mg(II) ионларининг сульфокатионитга сорбция изотермаси ва термодинамик параметрларнинг ўзгариши.....	61
§3.3. Эритмалардан Ca(II) ва Mg(II) ионларининг сульфокатионитга динамик сорбция ва десорбцияси.....	66
§3.4. Олинган катионитга Cu (II) ионларининг статик шароитда сорбцияси.....	70
§3.5. ПВХ асосидаги сульфокатионитнинг қўлланилиши.....	71
IV- БОБ. ТАЖРИБА ҚИСМИ.....	75
§4.1. Фойдаланилган реактив ва материаллар	75
§4.2. Сульфокатионитга статик шароитда Ca (II) ва Mg (II)	

ионларининг сорбциясини комплексонометрия усулидан фойдаланиб ўрганиш.	76
§4.3. Тадқиқ қилишнинг физик-кимёвий усуллари	76
§4.4. Сульфокатинитга металл ионларининг ютилиш қийматларини аниқлаш усуллари.....	79
ХУЛОСАЛАР.....	85
Фойдаланилган адабиётлар.....	86

Қайдлар учун

[illegible]

