

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

ПЛАСТИКАТ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД
АСОСИДАГИ АМИНО ВА
СУЛЬФОГУРУҲ ТУТГАН ЯНГИ
ПОЛИКОМПЛЕКСОНЛАРНИНГ
ФИЗИК-КИМЁВИЙ
ХОССАЛАРИ

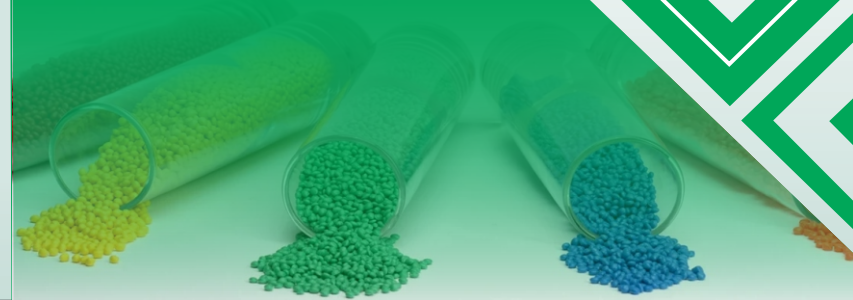
5

монография

ISBN: 978-9943-8189-9-6



9 789943 818996



ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ
ЧИРЧИҚ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

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

ПЛАСТИКАТ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДАГИ АМИНО
ВА СУЛЬФОГУРУХ ТУТГАН ЯНГИ
ПОЛИКОМПЛЕКСОНЛАРНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ
ХОССАЛАРИ
(монография)

“Lesson Press”
Тошкент – 2022

УЎК: 691.175.743(575.1)
КБК: 24.7

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

Тузувчилар: С.Ю. Хушвақтов – ТВЧДПИ «Илмий ва методологик кимё»
кафедраси кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
М.М. Жўраев – ТВЧДПИ «Илмий ва методологик кимё»
кафедраси мудир, 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: Ҳ.М. Исмонлова – УрДУ «Кимё» кафедраси кимё фанлари
бўйича фалсафа доктори (PhD)
Р.А. Эшчанов – ТВЧДПИ «Илмий ва методологик кимё»
кафедраси профессори

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

Ушбу монография Ўзбекистон давлат педагогика институти илмий
журналининг "19" апрель 2022 йилдаги №9 сонли мажлисидида муҳокама
қилинган, астойдиланган ва чоп этишга тавсия этилган.

ISBN: 978-9943-8189-9-6

© "Lesson Press" МЧЖ напирйёти, 2022й

МУНДАРИЖА

КИРИШ	6
I БОБ. АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ	9
§1.1. Ионитларнинг олиниши ва уларнинг ишлатилиш сохалари.....	9
§1.2. Поливинилхлорид асосида ионитлар олиш ва уларнинг физик кимёвий хоссалари.....	17
II БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ ПОЛИАМФОЛИТ ОЛИНИШИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ОМИЛЛАР	33
§2.1. Поливинилхлорид асосида олинган сульфокатионитни полиэтиленполиамин билан модификациялаш жараёнига таъсир этувчи физик-кимёвий омиллар	33
III БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДА ОЛИНГАН ПОЛИАМФОЛИТНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ	40
§3.1. Поливинилхлорид асосида олинган полиамфолитнинг термик ва кимёвий барқорорлиги.....	40
§3.2. Полиамфолитнинг ғовақлик даражаси, солиштирма ҳажми ва намлиги.....	46
§3.3. Олинган полиамфолитта Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионлари тутган сунъий эритмалардан статик шароитда ютилиши.....	49
§3.4. Сунъий эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитта сорбция кинетикаси.....	53
§3.5. Сунъий эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитта ютилиш изотермаси ва термодинамикаси.....	61
§3.6. Сунъий эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III)	

ионларнинг полиамфолитта динамик ютилиши ва ювиб чиқариш жараёнлари.....	69
§3.7. Грануланган поливинилхлорид асосидаги полиамфолитнинг қўлланилиш соҳалари.....	73
IV БОБ. ТАҶРИБА ҚИСМИ.....	76
§4.1. Тадқиқ қилишнинг физик-кимёвий усуллари.....	77
ХУЛОСАЛАР.....	82
Фойдаланилган адабиётлар.....	84

ҚИСҚАРТМАЛАР

ПВХ – поливинилхлорид;
ПЕПА – полиэтиленполиамин;
САС – статик алмашинув сифими;
ДАС – динамик алмашиниш сифими;
ТСАС – тўла статик алмашинув сифими;
ТДАС – тўла динамик алмашиниш сифими;
$V_{\text{сол}}$ – нисбий солиштирма сифим;
W % – намлик даражаси %;
ПЕ – полиэлектролит;
ПА – полиамфолит;
ИК – инфракизил спектроскопия;
УБ – ультра бинафша;
ДМФА – диметилформамид;
ДМСО – диметилсульфоксид;
ЦГ – циклогексанон;
ПХС – полимер хелатли сорбент;
ЭХГ – эпихлоргидрин;
ПММА – полиметилметакрилат;
ПАН – полиакрилонитрил;
ПАА – полиакриламид;
ПР – пиразол;

МУНДАРИЖА

КИРИШ.....	6
I-БОБ. АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ.....	9
§1.1. Ионитларнинг олиниши ва уларнинг ишлатилиш сохалари.....	9
§1.2. Поливинилхлорид асосида ионитлар олиш ва уларнинг физик кимёвий хоссалари.....	18
II-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ ПОЛИАМФОЛИТ ОЛИНИШИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ОМИЛЛАР.	35
§2.1. Поливинилхлорид асосида олинган сульфокатионитни полиэтиленполиамин билан модификациялаш жараёнига таъсир этувчи физик-кимёвий омиллар	36
III-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДА ОЛИНГАН ПОЛИАМФОЛИТНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ.	42
§3.1. Поливинилхлорид асосида олинган полиамфолитнинг термик ва кимёвий барқорорлиги.....	42
§3.2. Полиамфолитнинг ғоваклик даражаси, солиштирма ҳажми ва намлиги.....	48
§3.3. Олинган полиамфолитга Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионлари тутган сунъий эритмалардан статик шароитда ютилиши.....	52
§3.4. Сунъий эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитга сорбция кинетикаси.....	56
§3.5. Сунъий эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитга ютилиш изотермаси ва термодинамикаси.....	65
§3.6. Сунъий эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитга динамик ютилиши ва ювиб	

чиқариш жараёнлари.....	74
§3.7. Гранулаланган поливинилхлорид асосидаги полиамфолитнинг қўлланилиш соҳалари.....	78
IV- БОБ. ТАЖРИБА ҚИСМИ.....	81
§4.1. Тадқиқ қилишнинг физик-кимёвий усуллари.....	82
ХУЛОСАЛАР.....	87
Фойдаланилган адабиётлар.....	90

ҚИСҚАРТМАЛАР

ПВХ – поливинилхлорид;
ПЕПА – полиэтиленполиамин;
САС – статик алмашинув сиғими;
ДАС – динамик алмашинув сиғими;
ТСАС – тўла статик алмашинув сиғими;
ТДАС – тўла динамик алмашинув сиғими;
 $V_{\text{сол}}$ – нисбий солиштирма сиғим;
W % – намлик даражаси %;
ПЕ – полиэлектролит;
ПА – полиамфолит;
ИҚ – инфрақизил спектроскопия;
УБ – ультра бинафша;
ДМФА – диметилформамид;
ДМСО – диметилсульфоксид;
ЦГ – циклогексанон;
ПХС – полимер хелатли сорбент;
ЭХГ – эпихлоргидрин;
ПММА – полиметилметакрилат;
ПАН – полиакрилонитрил;
ПАА – полиакриламид;
ПР – пиразол;

КИРИШ

Жаҳон миқёсида синтетик ионалмашинувчи материалларни маҳаллий хомашёлар асосида ишлаб чиқариш, ҳамда иқтисодий самарадорликни ошириш учун олиб борилаётган ҳаракатлар ўтган ўн йилга нисбатан бир неча баробар ортган. Ишлаб чиқариладиган ионитлар ҳажми бўйича МДХ давлатлари жаҳонда иккинчи ўринда туради ва бу ион алмашинувчи материаллар ёрдамида ифлосланган оқова сувлар тозаланади, сувнинг каттиқлиги юмшатилади, у токсик металллардан тозаланади, саноат корхоналари учун ишлатиладиган табиий оқова сувлар ҳамда ушбу корхоналардан чиқаётган чиқинди оқова сувлар тузсизлантирилади. Ионитлар иштирокида қўлланиладиган технологиялар фақат оқова ва чиқинди сувни тозалашдагина эмас балки гидрометаллургияда қимматбаҳо ва бошқа рангли металлларни ажратишда муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда синтетик полимерлар асосида ионитлар синтез қилиш усуллари аниқлаш, ишлаб чиқариш технологияларини жорий этиш, уларнинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганиш, хусусий тавсифлари, техник шартлари ва талабларини ишлаб чиқиш бўйича илмий изланишлар олиб боришда. Бу борада, жумладан, нефт-газ, табиий углеводородлар ва иккиламчи саноат маҳсулотларидан фойдаланиб ионалмашинувчи материаллар олиш, уларнинг физик-кимёвий параметрлари, тозаллиги, таркиби ва тузилишини замонавий усулларда аниқлаш, физик, механик, энергетик ва квант-кимёвий хоссаларини таҳлил қилиш ва саноатда кенг масштабда ишлаб чиқариш усуллари такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Мамлакатимизда тармоқларини ривожлантириш учун замон талабларига мос, экологик тоза, иқтисодий самарали, рақобатбардош, импорт ўрнини босадиган маҳсулотлар чиқарадиган корхоналар яратилмоқда. Бундай корхоналардан «Шўртан-Газ-Кимё», «Устюрт-Газ-Кимё» мажмуаларидан бир неча турдаги полимерлар катта миқдорда ишлаб чиқарилмоқда. Республикамизда маҳаллий хомашёлар асосида ишлаб чиқариладиган

полимер материалларининг ишлатилиш соҳаларини кенгайтириш, ион алмашинувчи материаллар олинишининг мақбул шароитларини аниқлаш ва уларнинг жорий этиш бўйича бир катор илмий тадқиқот ишлари олиб борилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси¹да «маҳаллий хомашёларни чуқур қайта ишлашни ва улар асосида янги импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўзда тутувчи саноатни янги сифат жиҳатдан юқорига кўтариш» га йўналтирилган муҳим 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 аниқлаш, ионитлар олишнинг мақбул шароитларини топиш, олинган ионитларнинг айрим металл ионларига нисбатан селективлигини аниқлаш ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш муҳим аҳамият касб этади.

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

¹2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича ҳаракатлар стратегияси/Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли Фармони.

Тадқиқотнинг мақсади поливинилхлорид асосида янги поликомплексон олиниш жараёнини ва физик-кимёвий хоссаларининг жиҳатларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

поливинилхлорид асосидаги сульфокатионитни полиэтиленполиамин иштирокида модификациялаш орқали таркибида амина- ва сульфогуруҳлари тутган полимер материал олишнинг физик-кимёвий жиҳатларини ўрганиш ва мақбул шароитларини аниқлаш;

поливинилхлорид асосида олинган сульфокатионитни ПЭПА билан модификациялаш кинетикасини аниқлаш;

полиамфолитнинг ғоваклик даражаси, солиштирма ҳажми ва намлигини аниқлаш;

олинган полиамфолитнинг физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш;

полиамфолитни металл ионларига нисбатан сорбцион хоссаларини тадқиқ қилиш;

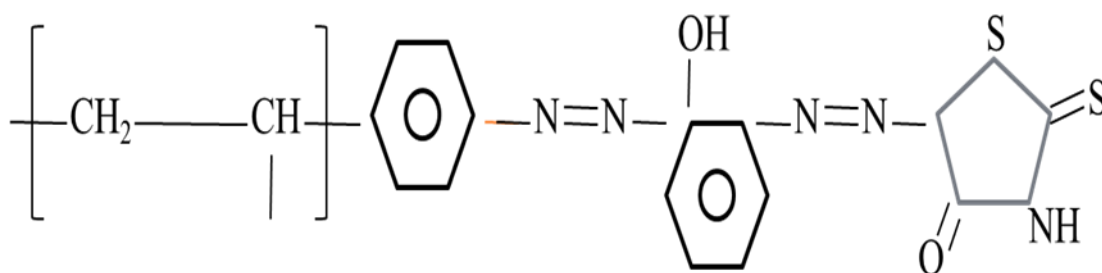
маҳаллий хомашё асосидаги янги полиамфолитни қўлланиш соҳаларини аниқлаш.

I. АДАБИЁТЛАР ШАРҲИ

1.1 ИОНИТЛАРНИНГ ОЛИНИШИ ВА УЛАРНИНГ ИШЛАТИЛИШ СОҲАЛАРИ

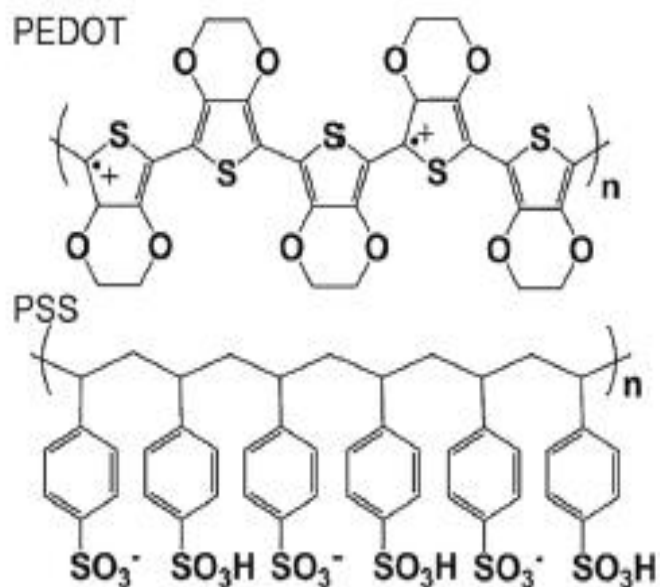
Дунё миқёсида атроф-муҳитни заҳарли металллар билан ифлосланиши кўплаб саноат корхоналари, гидрометаллургия саноати фаолияти, буёк маҳсулотларини ишлаб чиқариш, ҳарбий ҳаракатлар, қишлоқ хўжалиги чиқиндилари натижасида юзага келмоқда [1, 793-807 б.]. Ёқилғи ва энергетика саноати фаолияти туфайли ҳар йили 2,4 миллион тоннагача As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V ва Zn каби элементлар чиқинди сифатида ҳосил бўлади. Атроф-муҳитга чиқариладиган бу турдаги металлларни кўп қисмини қайта ажратиб олиш иқтисодий самарадорликка катта ҳисса қўшиши мумкин [2, 217-222 б.]. Кўпгина саноат тармоқларидан чиқадиган оқова сувлар таркибида турли хил оғир металлларнинг кўпчилигини учратиш мумкин [3, 27-32 б.]. Айниқса Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} каби ионларнинг бундай сувлардаги концентрацияларининг ошиши атроф муҳитга зарарли таъсир кўрсатмоқда [4, 1231-1236 б; 5, 1418-1423 б.]. Кўплаб саноат корхоналаридаги оқова сувларда оғир металл ионлари миқдорини назорат қилиш экологиянинг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади [6, 564-567 б.]. Ифлосланган оқова сувлар таркиби анализ қилинади сўнг мос равишда турли хил моддалар ва ионлардан тозаланади. Атроф-муҳитни муҳофазаси учун оғир металл ионларининг оқова сувдаги рўхсат этилган энг кам миқдоригача тозалаш учун қўланиладиган усуллар мавжуд [7, 44-51 б.]. Одатда оқова сувлар таркибидан металл ионларини ажратиб олишда тескари осмос, нанофилтрация, электродиализ, оксидланиш-қайтарилиш, чўктириш, бўғлатиш каби анаънавий усуллардан фойдаланилади, лекин бу усуллар кўп энергия талаб қилади ва катта миқдордаги чиқиндилар ҳосил қилади [8, 281-297 б.]. Ҳозирда қўлланилаётган концентрациялаш усуллари ўзининг экспресслиги, танлаб олиниши ва оддийлиги билан ажралиб туриши керак. Сўнгги йилларда саноат корхоналарида ҳамда гидрометаллургияда эритма

таркибидаги рангли ва қимматбаҳо металл ионларини ажратиб олишда, сувларни тузсизлантиришда ва оқова сувларини захарли ионлардан тозалаш учун энг кенг қўлланиладиган, иқтисодий жихатдан арзон ва самарали бўлган усул ионитлар иштирокида ионалмашиниш усулидир [9, 2-10 б.]. Хусусан турли металлларга нисбатан юқори ютиш хусусиятига эга бўлиши, кимёвий барқарор бўлиши, ҳароратнинг ўзгаришига барқарор бўлиши ва арзон бўлиши билан биргаликда кўп марта қайта ишлатиш хусусиятига, металл ионларини ютиш жараёнида технологик, экологик ва иқтисодий талабларга мос келиши керак [10, 1499-1505 б.]. Ионитлар иштирокида сувдаги мавжуд ионларни ажратиш усули айнан шундай талабларга жавоб беради [11, 34 б.]. Шунинг учун янги, юқори сорбцион хоссали ионитлар синтез қилиш катта амалий аҳамиятга эга. Айниқса мавжуд полимерларни ён занжирини кислота гурухлари ва амина гурухларини модификациялаш орқали юқори даражада металл ионларини ажратиб олиш хусусиятига эга бўлган комплекс ҳосил қилувчи ионалмашинувчи полимер материаллар синтез қилиш бўйича бир қанча ишлар олиб борилган [12, 361 – 370 б.]. Полимер материалларни ўрганиш албатта, янги дастурлар учун замонавий, кам харжли материаллар ишлаб чиқариш истагидан келиб чиқади. Бундан ташқари Россия олимлари томонидан ушбу ишда рух (II) ва кадмий (II) ионларининг полимерли хелатларни ҳосил қилувчи сорбент – полистирол-азо-о-фенол-азо-роданин:



билан таъсирлашиш шароитларини ўрганиш натижаларини келтирилган. Айни рух (II) ва кадмий (II) ионларининг сорбция шароитларининг муқобил қийматлари аниқланди [13, 152-154 б.]. Ўрганилаётган ионларнинг

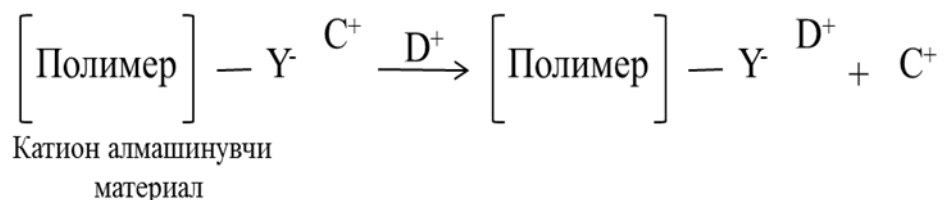
сорбциясига сувлардаги макро- ва микрокомпонентларининг ҳалақит берувчи таъсири аниқланди. Металл ионларининг максимал десорбциясига хлорид кислотанинг концентрациялари 2 М ли 10 мл эритмаси билан ювиш орқали эришилди. Қуйи аниқлаш чегарасини таъминлаб берувчи кўп сонли таҳлил усуллари билан биргаликда сувларда (денгиз, дарё) тўғридан-тўғри таҳлил қилиш фақатгина чегараланган миқдордаги элементлар учунгина ишлаб чиқарилган [14, 1008-1018 б.]. Ҳозирда қўлланилаётган концентрациялаш усуллари ўзининг экспресслиги, танлаб олиниши ва оддийлиги билан ажралиб туриши керак. Сорбцион усуллар айнан шундай талабларга жавоб беради [15, 89 – 96 б.], айниқса полимер хелатли сорбент (ПХС)лардан фойдаланиш ўзига ҳос аҳамият касб этади [16, 231 – 236 б.]. ПХСни қўллаш мураккаб таркибли эритмаларнинг катта ҳажмларидан микроэлементларни индивидуал ёки гуруҳли ажратиб олиш, шунингдек аниқлаш чегарасини пасайтириш, макрокомпонентлар таъсирини аниқлаш чегарасини йўқ қилиш ёки пасайтириш имконини беради, бу эса ўз навбатида таҳлилининг қулайлиги ва аниқлигини оширади. Полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид ва полистирол каби полимерларнинг қулайлиги шундаки, ушбу материаллар жуда катта ҳажмда саноат миқёсида ишлаб чиқарилади ва ҳақиқатдан ҳамма жойда мавжуд. Айни шундай полимер материаллар қуёш нуридаги ултрабинафша нурлар (тўлқин узунлиги 280 нм дан 400 нм гача) полимерлар каби органик моддаларга фотодигратацияга олиб келадиган муҳим омил эканлиги кенг тан олинган [17, 421-448 б.]. Бундан ташқари ҳозирги кунда қуёш энергиясидан фойдаланишда органик ва полимер ярим ўтказгичларидан кенг миқёсда фойдаланилмоқда.



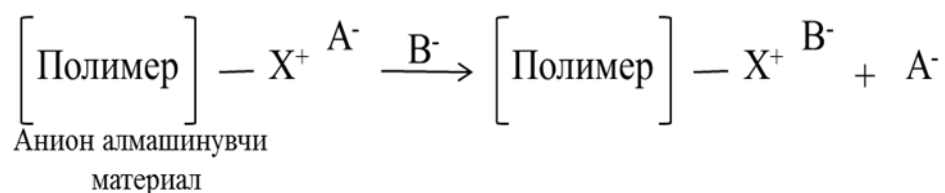
Айниқса бу каби ярим ўтказгичлар сифатида 3,4 этилендиокситиофенни полистирол сульфат билан модификацияси натижасида олинган 3,4 этилендиокситиофенни полистирол сульфонат (PEDOT: PSS) ионитларидан ҳам фойдаланилмоқда [18].

Моддаларнинг сирт юзаси билан амалга ошадиган физикавий ва кимёвий ўзаро таъсирларни ўрганиш кўплаб фан ва амалиёт соҳаларини ривожлантириш учун зарурдир. Бу каби ходисалар гетероген катализда, суюқликларни тозалашда, суюлтирилган эритмалардан қимматбаҳо металл ионларини олишда, ҳамда озиқ овқат маҳсулотларини қайта ишлашда ва бошқаларда кўплаб қўлланилади. Улар ёрдамида долзарб ижтимоий ва экологик муоммолардан бири атроф муҳитни муҳофаза қилиш муаммоси ҳал қилинади [19].

Бундай хусусиятлар асосан ионалмашинувчи материалларда ўз аксини топади. Ионалмашинувчи материаллар – бу турли сунъий ва технологик эритмалардан ионларини ютиб оладиган ва эримайдиган моддалардир [20]. Ионалмашинувчи материаллар фан тилида ионитлар дейилиб улар қуйидагича классификацияланади: *катионитлар, анионитлар ва амфолитлар* [21, 2255 – 2260 б; 22, 3078 – 3085 б.].



Катионитни қайта фаол ҳолатга келтириш учун уни кислота эритмаси билан регенерация қилинади. Бунинг учун HCl ёки H₂SO₄ ларнинг 4% эритмаларидан фойдаланилади [23, 39-55 б.].



Анионитни қайта ишчи ҳолатга келтириш учун ишқор эритмаси билан регенерация қилинади. Бунинг учун NaOH ёки NaCl ларнинг 4% эритмаларидан фойдаланилади [24, 8616–8620 б; 25, 3157-3169 б.].

Ионитлар сувни юмшатиш, аналитик кимёда хроматография услуби билан моддаларни ажратиш учун, кимёвий технологияларда, гидрометаллургияда эритма таркибидаги металл ионларини ажратиб олиш учун ва оқова сувларни захарли ионлардан тозалаш учун кенг миқёсида қўлланилади [26, 68-75 б; 27, 313-379 б; 28, 179-211 б.]. Ионитлар табиатда ҳам кенг тарқалган хусусан, ўсимликларга зарур бўлган элементларнинг катионларини (масалан калий) сув билан ювилиб кетишдан сақлайдиган катионитлар мавжуд улар ўз ионларини ўсимлик томонидан ажратиладиган водород ионларига алмаштиради ва шу тариқа ўсимликларнинг озикланишига кўмаклашади [29, 35-42 б.].

Ионаламашинувчи материаллар ишлатилишидан олдин ҳамма вақт активланган ҳолатда, яни вадород формада ёки натрийли формада бўлиши мумкин. Ионалмашинувчи материалларнинг металл ионларига селективлик коэффициентлари диомий эмас ва тажриба шароитларига қараб ўзгариши мумкин. Ионитларнинг металл ионларига селективлиги металл ионларининг

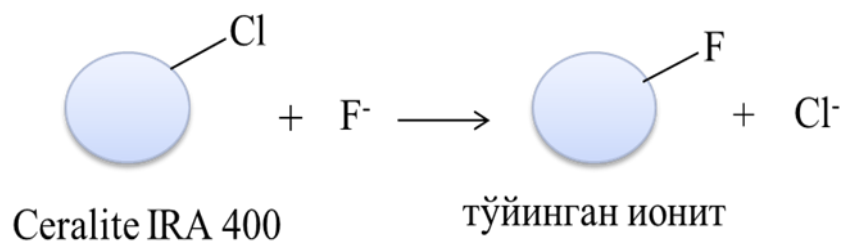
ион радиусларига тўғри пропорционал бўлади [30, 9213–9222 б; 31, 698–703 б.].

(а) $\text{Li}^+ < \text{H}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Cs}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Co}^{2+} < \text{Ca}^{2+} < \text{Sr}^{2+} < \text{Ce}^{3+} < \text{La}^{3+} < \text{Th}^{4+}$

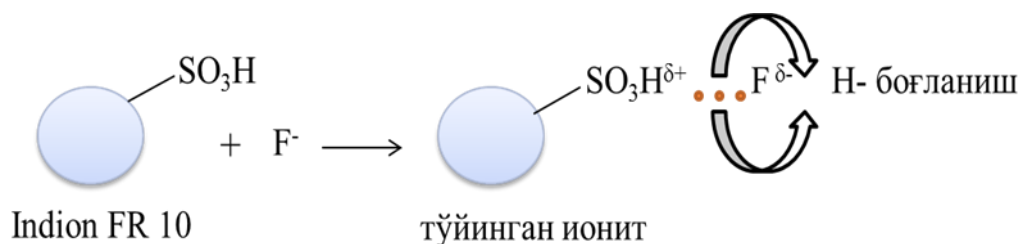
(б) $\text{Li}^+ < \text{H}^+ < \text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Cs}^+$ (Li^+ ионида юқори гидротацион энергияга эга бўлганлиги учун ушбу қоидага бироз бўй сўнмайди) [32, 388–398 б; 33, 6777–6782 б.].

Анионлар учун одатий қатор қуйидагича бўлади: $\text{F}^- < \text{CH}_3\text{COO}^-$ (ацетат) $< \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{CrO}_4^{2-} < \text{NO}_3^- < \text{I}^- < \text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ (оксалат) $< \text{SO}_4^{2-}$

Айни анионалмашинувчи материаллар олинishi бўйича Ҳиндистонлик олимлар томонидан ҳам кўплаб илмий-амалий ишлар қилинган [34, 438–450 б.]. Фтор анионларига селектив бўлган смолаларни олинishi бўйича бир қатор илмий изланишлар олиб борилган. Биз биламизки фтор ионлари ичимлик суви ёки бошқа омиллар ёрдамида тирик организмлар ичига кирса турли хил касалликларни келтириб чиқаради. Жумладан инсонлар учун суяк касалликлари, тишларнинг емирилиши ҳамда бошқа ногиронликка олиб келувчи касалликларни келтириб чиқариши фанга маълум. Бундан ташқари флора ва фауна оламида ўсимликларнинг мева бермасдан туриб қуриб қолишлари, ҳосилдорликнинг кескин камайishi, ҳайвонларнинг яшовчанлигининг камайishiга олиб келади. Бундай зарарли ионларни оқова сувлар таркибидан ажратиб олиш учун ионалмашинувчи материалларни қўллаш энг самарали усуллардан ҳисобланади. Турли адабиётларда фтор анионларини ажратиб олиш ҳақида маълумотлар келтирилган, лекин одатий анионалмашинувчи материалларни бевосита қўллаб фтор анионларини ушлаб қолиш бироз мушкул иш ҳисобланади. Шунинг учун бундай анионларни ажратиб олиш учун хелатловчи агентга эга бўлган ионитларни қўллаш ижобий натижаларни беради.



Ушбу расмда ҳиндистонлик кимёгарлар томонидан таклиф қилинган Ceralite IRA 400 ионитини фтор анионлари билан боғланиши механизмлари келтирилган. Кейинги расмда эса Indion FR 10 сорбентнинг ионалмашиниш хусусиятлари келтирилган.



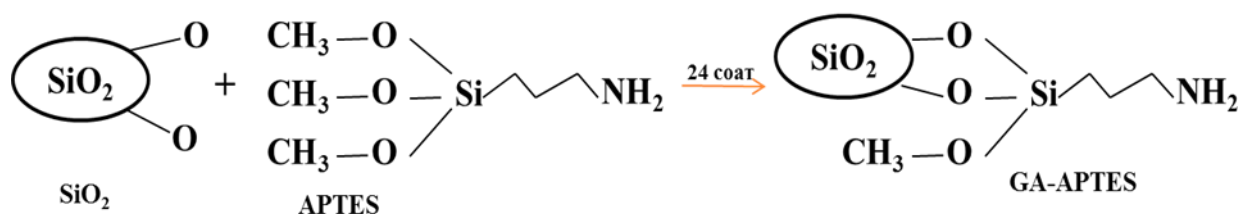
Ушбу жараёнда pH муҳити асосий омиллардан ҳисобланади. Айни тажриба pH 3,5 бўлган муҳитда олиб борилди. Фтор ионлари ионит билан асосан водород боғланиш орқали боғланганлигини кўришимиз мумкин.

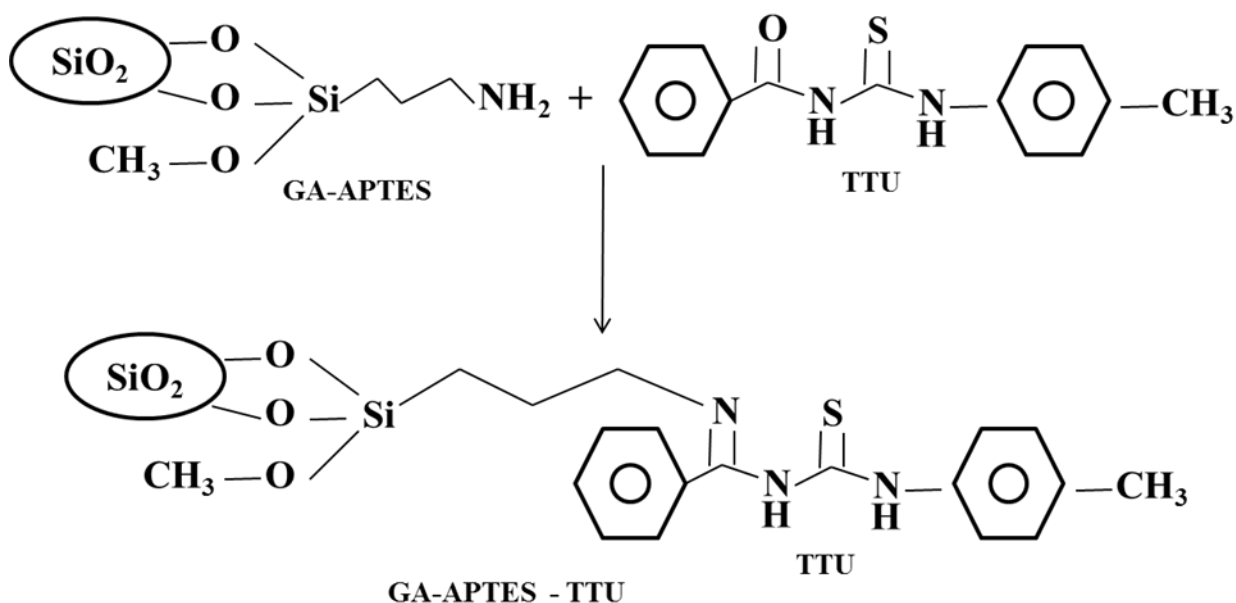
Ионитлар синфига тегишли бўлган анион алмашинувчи ёки комплекс ҳосил қилувчи материаллар рангли металлларнинг технологик эритмаларини концентрациялаш учун кенг қўлланилади [35, 354-358 б.]. Бу материаллар захарли моддаларни ҳатто уларнинг концентрацияси жуда кичик бўлган ҳаво ва сувли муҳитдан юқори унум билан ажратиб олиш хусусиятига эга. Ионалмашинувчи материалларни қўллайдиган технологиялардан фойдаланиш билан сув ўтлари, нефт ва газ конларининг табиий шўр эритмаларидан 90% гача ёд ва бром ажратиб олинади. Улардан биологик фаол моддаларни концентратсиялашда, нанозаррачали металлларга эга бўлган каталитик тизимларни олишда фойдаланилиши мумкин [36, 337-360 б.]. Техниканинг гуркираб ривожланиши ионалмашинувчи материаллар билан шуғулланувчи олимлар олдига янги муаммоларни қўймоқда. Шунчаки етарлича сиғимга эга бўлган материаллар эмас, балки селектив ион

алмаштиргичлар керак. Бу масалаларнинг ечилишида ионалмашинувчи материалларнинг макроговак ва микротўрли тузилишларга эга бўлган хелат ҳосил қилувчи турларини олишда кўплам илмий изланишлар олиб борилмоқда [37].

Комплекс ҳосил қилувчи полимерлар қаторига бир қатор оғир ва рангли металлларга нисбатан юқори сорбцион сиғим ва селективликка эга бўлган азот-олтингугуртли тўрсимон сополимерлар киради, бу полимер комплексининг координацион боғ ҳосил қилиши билан ҳам, амина ва сульфатли гуруҳлар иштироки билан комплекс ҳосил қилишда хелат эффекти билан ҳам боғланади [38].

Ушбу тадқиқот ишида цикликат агенти билан 3-аминопропилтриметоксилолдан фойдаланиб таркибида циклико ва аминогуруҳлари тутган ионалмашинувчи материал синтез қилинди. Янги адсорбентнинг сорбцион хусусиятини янада яхшилаш мақсадида адсорбентга N - бензоил - NO-(4-метилфенил)дан қўшилди. Элемент таҳлили, сканерловчи электрон микроскоплари ҳамда SEM тадқиқот методларининг хулосаси бўйича модификациялаш жараёни муваффақиятли яқунланди.



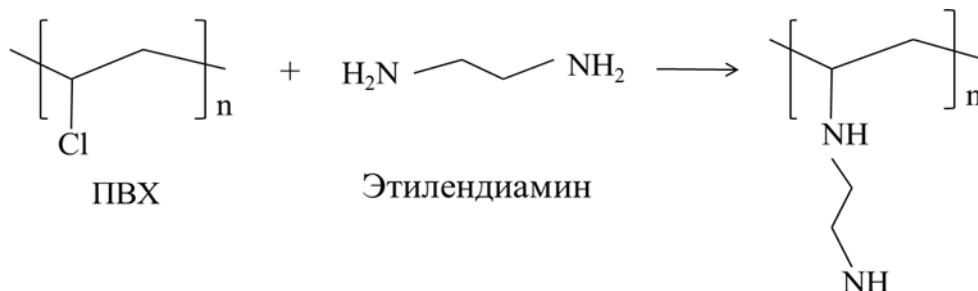


Синтез қилинган GA-APTES-TTU сорбентининг турли металл ионлари билан сорбцион хусусиятлари ўрганилган. Жумладан Cu (II) ва Cr (III) ионларига селективлиги юқори эканлиги тажрибаларда аниқланган. Айни сорбцион жараёнлар турли концентрацияларда ва ҳар хил вақт оралиқларида эритма рН 4 бўлган муҳитда олиб борилди.

Полионларнинг осмотик фаоллиги бироз паст бўлганлиги учун шу каби тузилмалар оз гидратланади ва бироз гидрофилланади. Баъзан ички туз ҳосил қилувчи формаси ионлар билан ўзаро аълоқа қилиб бироз нейтралланган полиэлектрولит комплексларни ҳосил қилади. Турли хил ионоген гуруҳларнинг битта полимер звеносида ёки матрицасида бўлишига қараб битта звеноли ва турли звеноли полиамфолитлар мавжуд. Полиамфолитлар ҳар қандай анион ва катион марказларини матрицанинг турли звеноларида жойлашган ионитларни ўз ичига олади [39]. Полиамфолитлар кислотали муҳитда яъни рН нинг қуйи қийматларида кислота гуруҳларининг диссотцияланиши бирмунча тўсилади, асос гуруҳларининг диссотцияланиш натижасида эса макромолекула макрокатионга айланади, яъни мусбат зарядга эга бўлади. Ишкорий муҳитда яъни рН нинг юқори қийматларида, аксинча кислота гуруҳлар диссотсиланади ва макромолекула манфий зарядга эга бўлади [40-44].

1.2. Поливинилхлорид асосида ионитлар олиш ва уларнинг физик кимёвий хоссалари

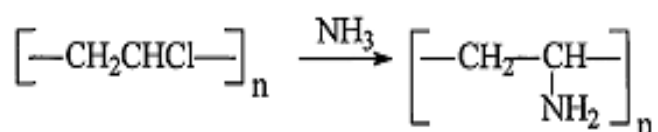
Шунингдек ПВХ ни аминлаш реакциялари Япония олимлари томонидан ҳам амалга оширилган[45]. Айни ишда ПВХ ни этилендиамин (ЭДА)нинг турли хил концентрацияларида аминлаш реакциялари келтирилган.



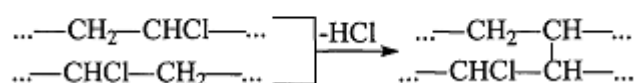
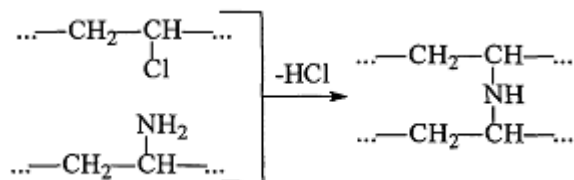
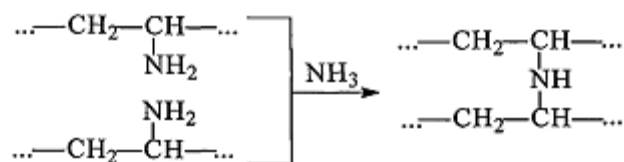
Натижада таркибида аминогурӯҳлари тутган ионалмашинувчи полимер материаллар олинган.

Эронлик Аҳмед бошчилигидаги бир қатор олимлар томонидан поливинилхлоридни суюқ аммиак билан босим остида, 100-140К ҳароратда диоксан ёки диметилформамид ва дихлорэтан ҳамда метанол муҳитида аминланиш натижасида мустаҳкамлиги юқори бўлган полимер олинган (азот миқдори 1% дан 9% гача) [46, 1946-1958 б.].

Айни шу аминланиш жараёни ПВХнинг дигидрохлорланиши билан боради. Натижада таркибида 9% гача азот тутган жигарранг полимер ҳосил бўлади. ПВХни аммиак билан реакциясини қуйидагича ифодалаш мумкин:

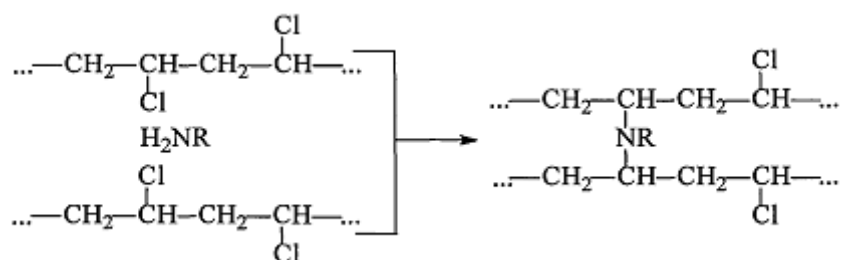


Бундай ҳолда, бирламчи аминогурӯҳлар билан бир қаторда ўзаро боғланган бирикмалар ҳосил бўлишига олиб келадиган иккиламчи ва учламчи аминогурӯҳлар тутган ҳосилалар пайдо бўлади. Бундай ўзаро боғланишлар ПВХни дигидрохлорланиши натижасида келиб чиқади:



ПВХ суюқ аммиак билан ишқорий металл амидлари иштирокида аминланиш реакцияси ўтказилганда фақат полимернинг дигидрохлорланиши содир бўлади, ўзаро боғланган структуралар ҳосил бўлиши кузатилмайди.

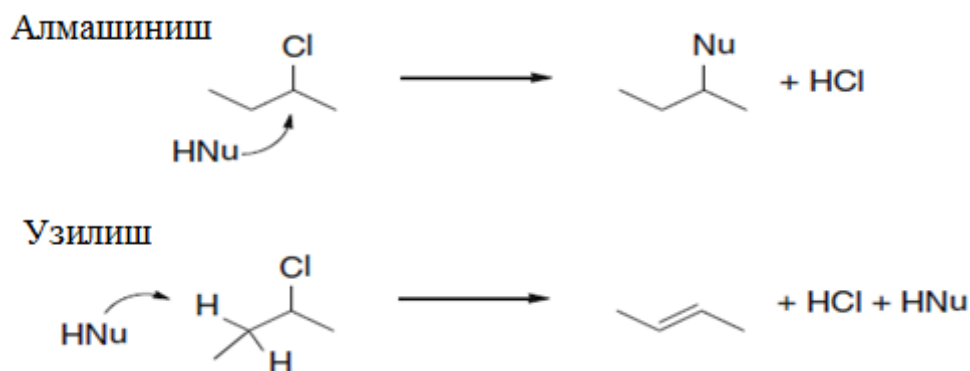
Баъзи ҳолларда, бирламчи алифатик аминлар ўзаро боғланишларни ҳосил қилиб, иккита макромолекула бир-бири билан таъсирлашиши мумкин, бу эса полимернинг ўзига хос кристалланиш даражасининг ошишига олиб келади:



Иккиламчи алифатик аминлар ПВХ билан бирламчи (20-50°C) аминларга нисбатан юқори ҳароратда (80°C) реакцияга киришади. Айни иккиламчи аминлар, уларнинг кучлироқ асослигини ҳисобга олган ҳолда бирламчи аминларга нисбатан юқори дигидрохлорловчи моддалардир. Учламчи алифатик аминлар, бирламчи ва иккиламчи алифатик аминлардан

фарқли улароқ ПВХ билан юқори хароратда таъсирлашади [47, 217-247 б; 48, 10-16 б.].

Тадқиқотчилар томонидан [49] поливинилхлорид (ПВХ)ни полимеранологик ўзгаришга учраши реакцияларини турли реагентлар ёрдамида синаб кўрилган.



Берилган реакцияда ПВХга иминодиацетик кислота ($C_4H_7NO_4$) ва диметил иминодиацетик кислота ($C_6H_{11}NO_4$) билан турли эритувчилар иштирокида нуклиофел алмашиниш модификацияси амалга оширилди. Бу каби реакциялар ПВХ иштирокида полимеранологик ўзгаришлар натижасида турли ионитлар синтез қилишда қулайлик келтириб чиқаради.

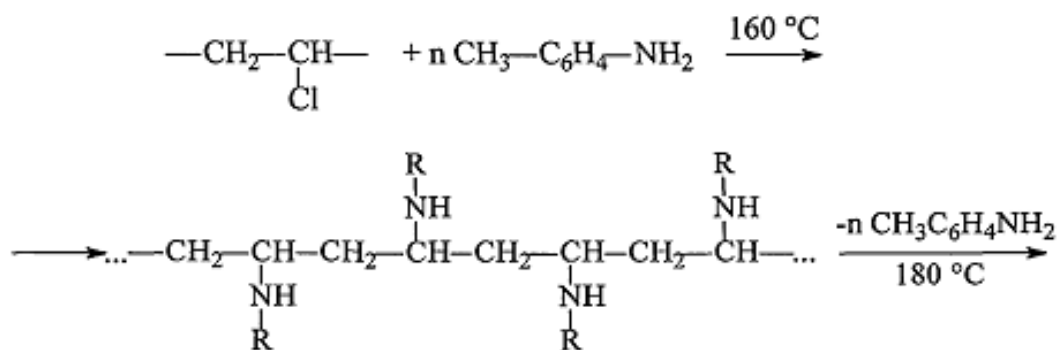
Эпихлоргидрин билан ПЭПА ўзаро реакциясидан саноатда қўлланувчи ион алмашиниш хусусиятига эга бўлган ионит ЭДЭ-10П синтез қилинган [50, 1347-1355 б.].

Тадқиқотчилар [51, 4570-4576 б.] томонидан таркибида амина ва фосфат гуруҳлари тутган Purolite S 940 ва S 950 металл ионлари билан комплекс ҳосил қилиш хусусиятига эга бўлган ионитлар билан оғир металл ионларини (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , ва Co^{2+}) ионалмашиниш мувозанати ўрганилган. Шунингдек Cr^{3+} ва Fe^{3+} ионларининг сорбцияси таркибида азот тутган ионитлар билан ўрганилган. Таркибида олтингугурт ва азот тутган полиамфолит сульфопиридин гуруҳли АПС саноатда ишлатилади. ПВХни аминлаш реакциялари этилендиамин, гексаметилендиизоцианат каби бир қанча аминобирикмалар билан олиб борилган. Бу реакцияларда аминланиш

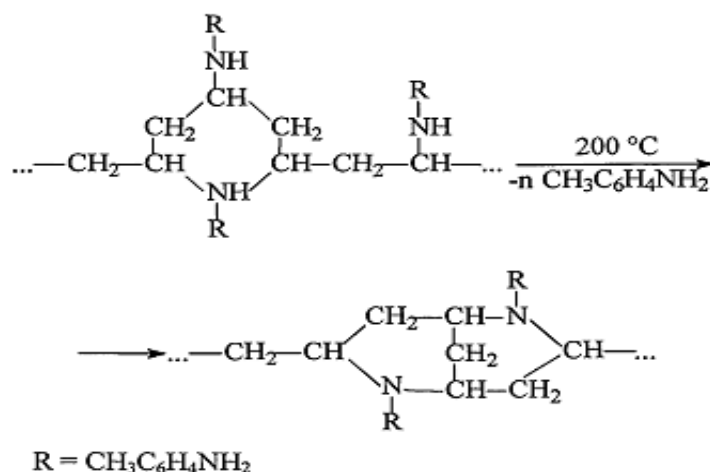
даражалари 15, 30 ва 60 мин. вақтларда тегишли равишда 3,5; 11,8 ва 16% гача бўлган [52, 1151-1157 б; 53, 230-236 б.].

Муаллифлар [54, 489-493 б.] гомоген шароитда ПВХнинг пиридин билан ўзаро таъсири реакциясини ўрганган. Ушбу модификация реакциясини ўзига хос хусусияти шундаки, пиридин ҳосилалари ПВХ билан углерод-углерод боғ орқали боғланган. Бундай кўринишдаги ароматик аминлар асослилиги пастроқлиги туфайли ПВХ билан факт 100°C дан юқори ҳароратларда реакцияга киришади. Шу каби аминланиш хлор атомлари ўрнини аминлар эгаллаши орқали содир бўлади. Аминланиш даражаси ҳарорат ва реакция давомийлиги ортиши билан ортади. Шундай қилиб ПВХни ароматик аминлар билан 120°C юқори ҳароратларда қайта ишлаш орқали таркибида 0,2% азот сақлаган полимер олинган. Агар ПВХни катта миқдордаги ароматик амин билан қиздирилса у ҳолда полимернинг дигидрохлорланиши деярли кузатилмайди. ПВХни аминлар билан қиздириш реакцияларида аминнинг миқдори тенг моль қисимлардан ошмаганда яхши натижалар олинган.

Энг қизиқарлиси, ПВХни аминлар билан тенг моль қисимларда реакциялар олиб борилганда, хлор атомлари диалкиламиногуруҳлари билан тўлиқ алмашинган полимерлар олиш имконини беради [55, 297-302]. Шунингдек, ПВХни п-толуидин билан 200°C да 4 соат давомида ўзаро таъсири натижасида сувда жуда яхши эрийдиган ва сирт фаол хусусиятларига эга бўлган полиаминхлорид кислота тузи олинган.



Олинган полимернинг қуюқлашиши эҳтимол пиперидин ҳалқасидаги функционал гуруҳларнинг молекула ичидаги ўзаро таъсиридан келиб чиқиши мумкин:

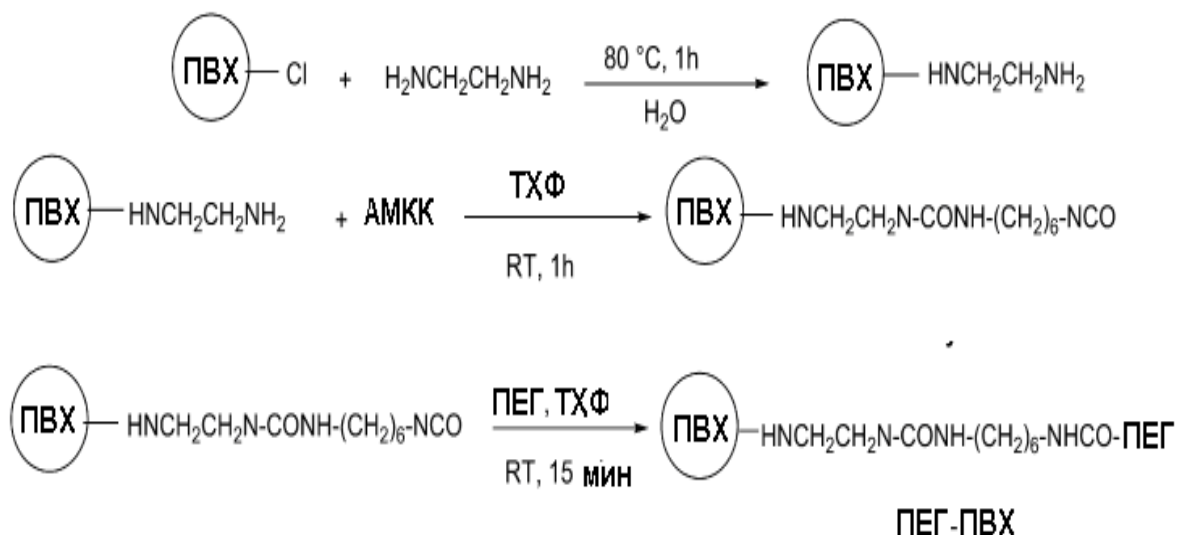


Адабиётлардан маълум бўлишича ПВХни алифатик аминлар билан модификацияси унинг термик барқарорлигини ошишига олиб келади [56, 107 - 112 б; 57, 2476 - 2486 б.]. Полимерлар оқувчанлик диаграммасида термомеханик мустаҳкамлик энг юқори даражада номоён бўлади. Бу маълумотлар шуни кўрсатадики, олинган полимерда функционал гуруҳлар мавжуд бўлиб, ҳарорат таъсирида ўзаро боғланишлар ҳосил қилиши мумкин.

Тадқиқотчилар томонидан таркибида карбоксил гуруҳлари тутган полиметилметакрилат (ПММА) ҳамда полиэтиленимин ўзаро модификациясидан олинган ионит муҳит рН 3-7 бўлган сувли эритмалардан оғир металл ионлари (мис, кадмий, қўрғошин) ни 50-600 мг/л миқдорларда ажратиш имкониятига эга эканлиги аниқланган [58, 92-103 б.]. Шунингдек, модификацияланмаган ПММА томонидан оғир металл ионлари ютилиши кичик миқдорда бўлиб, модификациялангандан кейин эса сезиларли даражада ортади. Масалан турғун шароитда металл ионларининг сорбцион қийматлари (ммоль/г): Cu^{2+} 3.6 - 0.224; Cd^{2+} 4.6 - 0.276; Pb^{2+} 4.2 - 0.126 келтирилган. Эритма муҳити рН 5.5 бўлганда металл ионларининг ютилиш қиймати энг юқори қийматга етади.

Полиэтиленминни ПВХ билан модификацияланишидан [59, 172-175 б.] олинган намунага кобальт ионларининг ютилиш кинетикаси ва термодинамикаси ўрганилган. Олинган натижалардан маълумки, ҳарорат ортиши билан металл ионларининг ионит билан комплекс ҳсил қилиши, ҳамда реакция мувозанати ортганлигини кўриш мумкин.

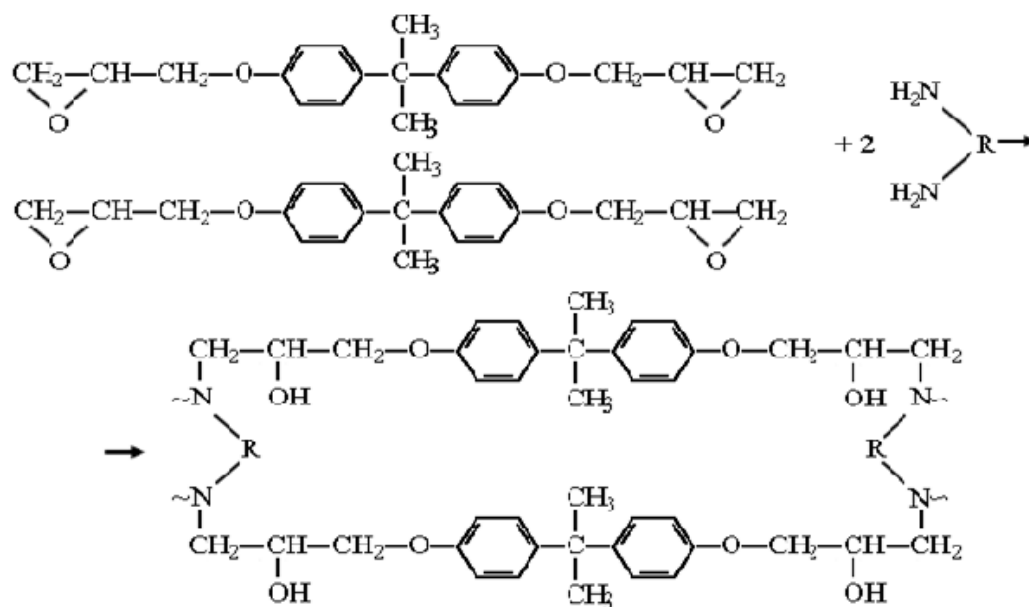
Қимматбаҳо металлarnи сорбциялаш хусусиятига эга бўлган олтингугурт ва азот тутган полиамфолитнинг физик-кимёвий хусусиятлари ўрганилган [60, 118–128 б.]. Айнан шундай полимерларни олиш учун поливинилхлоридни (ПВХ) олтингугурт билан модификациялаш реакциялари ўрганилган [61]. ПВХ таркибидаги олтингугуртни оксидлаш орқали катионалмашинувчи сульфогуруҳга ўзгартириб катион алмашинувчи сульфокатионит олиш мумкин. Бундай ионитларнинг кўпчилигининг физик-кимёвий хоссалари ўрганилган. Айни вақтгача поливинилхлорид асосида олинган ионитларни сорбцион хусусиятлари ўрганилган [62]. Шунингдек бу йўналишда муаллифлар [63, 97 - 100 б; 64, 117 - 618 б; 65, 152 б; 66, 16526 - 16538 б.] ишида келтирилган мақсадга мувофиқ ПВХга аминбоғ ҳисобига полиэтиленгликол киритдилар. Полиэтиленгликол биоматериал сифатида қаралади. ПВХ ни этилендиамин билан аминлаб, гексаметилендиизосианат билан ишланганда ПВХни изосианирланишига олиб келади (изосй-ПВХ). Реакция 30 ва 60 дақиқа давомида аминлаш даражаси мос равишда 3,5; 11,8 ва 16% ни ташкил қилди.



Изосй – ПВХ ПЕГ билан эркин изосионит гуруҳ ҳисобига таъсирлашиб чокланган ПЕГ–ПВХ сополимерини ҳосил қилади. 1 соат давомида эримайдиган Изосй-ПВХ, 15 дақиқада ПЕГ–ПВХ олинди, бунда реакция вақти қанча қисқа бўлса шунча эрувчан полимер олинади. ПЕГ-ПВХга киритилганда термик мустаҳкамлик камайгани кузатилди, ҳақиқатан ҳам T_g (шишаланиш ҳарорати) ва T_d (деструкция ҳарорати) ПВХ модификацияси учун мос равишда 20 - 30 ва 250⁰С (ПВХ учун бу ҳароратлар мос равишда 83 ва 300⁰С га тенг) ни ташкил қилади, демак адгезия модификацияланмаган ПВХга нисбатан ПЕГ–ПВХ плёнкалари учун деярли аҳамиятга эга бўлмаган экан. ПВХ бунда кўпроқ даражада бирликларига мос келади [67, 52 - 55 б.].

Полимерларни аминлаш билан полиамфолитлар олинadиган поликонденсатсион турдаги катионитлар молекулаларда кислота гуруҳларини ўз ичига оладиган бирикмалардан олинади. Саноатда поликонденсатциялаш услуби билан ионоген гуруҳлар сифатида сулфогуруҳларни ўз ичига оладиган кучли кислотали катионитлар олинади.— SO_3H , $-\text{P}(\text{O})(\text{OH})$, $-\text{P}(\text{O})(\text{OH})_2$, ва $-\text{COOH}$ фаол кислота гуруҳларини ўз ичига оладиган катионитлар бифункционал хусусиятларга эга бўлади. Баъзи қаттиқ катронларни олишда полимерланиш ва поликонденсатланиш реакциялардан фойдаланилади. Бирламчи ва иккиламчи ди- ва полиаминлар, кўп асосли

кислоталар ва уларнинг ангидридлари, фенол – формалдегид қаттиқ ҳолдаги сорбентларни, кўп атомли спиртлар ва феноллар (эпокси олигомернинг оғирлиги 120% гача) поликонденцатланиш реакциялари олиб боровчи воситалар сифатида ишлатилади. Алифатик диаминлар билан олиб борилган ревакциялар натижасида айни шундай қаттиқ қаттиқ ҳолдаги сорбентлар олинган [68, 25 б.].



Ўзаро модификациялаш жараёнлари натижасида ҳосил бўлган ионит сув ва бошқа эритувчиларда мустаҳкамлиги ортганлиги ҳамда кимёвий барқарорлиги билан ажралиб туради. Шунингдек, турли муҳитларда анионларни ютиб олади.

Металларни комплекс ҳосил қилувчи полиамфолитлар билан ютишда боғланишларнинг координацион ёки ионли-координацион турлари амалга ошади. Боғланиш механизми атомларнинг электрон тузилишига, функционал гуруҳларнинг солватланиш (эритувчи молекулаларининг (ионларининг) эрийдиган модда молекулалари (ионлари) билан ўзаро таъсирларга киришиш) қобилятига, эритманинг кислоталилигига, тўйиниш даражасига боғлиқ бўлади. Металларнинг комплекс ҳосил қилиш оқибатида полиамфолитлар билан сорбцияланишини ўрганиш селектив сорбциялаш

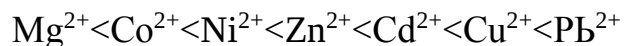
статикаси ва кинетикасининг ўзига хос қонуниятларини аниқлаш, шунингдек кўрсатилган жараёни бошқариш омилларини ва аниқ вазифаларини амалга оширишни илмий асослаш имконини беради. Ютилувчи металлларни комплекс ҳосил қилувчи полиамфолитлар билан сорбциялаш жараёнида уларнинг фазасида кам диссоциялайдиган бирикмалар ҳосил бўлади. Бу соф ион алмашилиши учун характерли бўлган баъзи бир кинетик қонуниятларнинг ўзгаришига олиб келади [69, 107 - 109 б.].

Саноат корхоналари жадал ривожланган бир пайтда рангли металлларни олиш учун технологик жараёнларга катта миқдорда қолдиқларни берувчи қаровсиз рудаларнинг катта ҳажми жалб этилмоқда, қисман оқова ва чиқинди сувлар ҳам жуда аҳамиятли. Гидраметаллургия, нефтни қайта ишлаш заводлари, буюқ заводлари жуда кўп миқдорда сув ишлатади [70, 79 - 82 б.].

Ионалмашинувчи материаллар устида жуда кўп кимёгар олимлар томонидан муҳим илмий изланишлар олиб борилган. Шунингдек, ионалмашинувчи материаллар назарий жиҳатдан ҳам ўрганилган ҳамда ионитлар учун алмашилиш қонуниятлари ва таъсир қиливчи факторлар аниқланган – чокланиш даражаси, алмашилиш сиғими, бўқиш ва ҳ.к. Ушбу ион алмашинувчи материаллар назарий жиҳатдан ҳисобланишлари жуда қизиқ. Бу ерда асосий ролни ионалмашинувчи моддаларга талукли, бошқа қаттиқ ҳолдаги сорбентлар билан кимёвий таъсирлашув орқали маскировка бўладиган но спетсифик эффектлар ўйнайди. Ушбу қатронларда органик матритца нисбатан содда ва кимёвий инерт. Демак, биз содда органик полимероидлар-ионитлар билан иш олиб борамиз, бунда уларни бошқа чокланмаган полимерлар ва концентрланган эритмалардан фарқлайдиган афзалликлари яхши аниқланади.

Россиялик муаллифлар [71, 56 - 67 б.] томонидан синтез қилинган акрилонитрил асосидаги ионит ёрдамида металл ионлари (Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Mg^{2+} , Pb^{2+}) ни ионитга ютилиш селективлиги исботланган. Айни тажрибада металлларнинг эрувчан тузларидан концентрацияси 0.1 - 0.5 М

оралиғида бўлган эритмаларидан фойдаланилган:



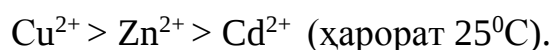
Бундай хусусиятли ионитлар ҳам оқова сувлар таркибидан оғир металл ионларини ажратиб олишда қулайлик яратади. Дунё миқёсида бу каби ионитлар жуда кўплаб синтез қилинган ва ҳозирда саноат корхоналарда қўлланилиб келинмоқда. Шунга ўхшаш ионит таркибида иккиламчи азот атомлари тутлаган анионит дивинилбензол билан ўзаро боғланган винил мономерларининг сополимери асосида синтез қилинган [72].

Олинган ионитни турли эритмалардан металл ионларини ажратиб олишда синовдан ўтказилган. Ишда [73, 14 - 16 б.]. анионалмашиниш хусусиятига эга бўлган полиэтиленполиамин орқали оралиқ металл ионларини ютилиш қийматлари анионитнинг ички диффузия кинетикаси бўйича ўрганилган. Металл ионларининг анионитга ютилиши анионит табиати ва унинг фазасидаги гидратланган ёки эркин асос шаклида бўлган аминогуруҳлар сони билан аниқланиши кўрсатилган. Бундан ташқари гидратланган шаклдаги анионит Cu^{2+} ионларини туз кўринишидаги анионитга нисбатан 2,5 баробар тезроқ ютиши аниқланган. Анион алмашинувчи ионитга металл ионларининг ютилиши ҳароратга боғлиқлиги ўрганилган, айти ҳарорат 50°C га кўтарилганда сорбция кинетикаси деярли яхшиланганини кўриш мумкин. Гидратланган анионитга Cu^{2+} , Co^{2+} ва Ni^{2+} ионларининг сорбцияланиши кинетикаси деярли бир хил бўлганлиги кузатилган. Айти катионларнинг анионитга ички диффузия коэффициентлари анионитнинг Доннан потециали таъсири билан изоҳланганда катионалмашинувчи материалларга нисбатан 1-2 баробар пастлиги аниқланган.

Муаллифлар [74, 937-944 б.] томонидан полиэтиленполиамин олегомери асосида ўзаро боғланган полиэлектrolитлар синтез қилинган. Олинган полиэлектrolитларга оралиқ металл (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+}) ионларининг сорбцияси ўрганилган. Ҳосил бўлган поликомплексларнинг таркиби ва

мустаҳкамлиги ионоген гуруҳларнинг ҳолатига, эритма таркиби ва унинг ион кучига боғлиқ эканлиги кўрсатилган.

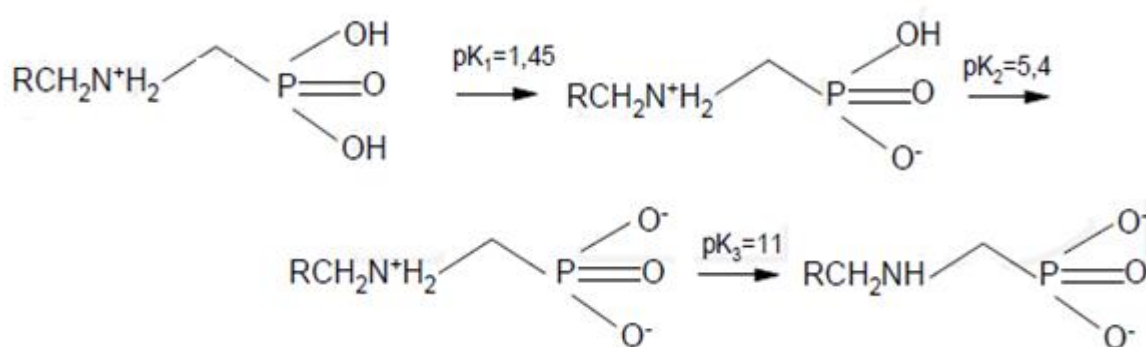
Кўплаб ионалмашинувчи материалларни синтез қилиш саноат корхоналаридаги сувларни тозалашда қулайликлар яратиб, атроф муҳитни зарарланишидан сақлайди. Бундай ионалмашинувчи материаллардан бири Lewatit TP-207(катион алмашинувчи ионит) [75, 74-79 б.] бўлиб, у турли хил рН муҳитларда йирик саноат корхоналаридан чиқадиган оқова сувлар таркибидаги оғир металл (H^+/Cu^{2+} , H^+/Zn^{2+} , H^+/Cd^{2+}) ионларидан тозалаш имконини беради. Биламизки, ҳар қандай металл иони учун ионалмашиниш қиймати эритма рН муҳити ортиши билан ортиб боради. Юқорида келтирилган катион алмашинувчи Lewatit TP-207 ионит оғир металл ионларини хона ҳароратида қуйидаги селективликда ютиши аниқланган:



Ион-координацион ва координацион боғларнинг ўзаро таъсири натижасида оралиқ металл ионларининг ионитга сорбцияси, ионалмашинувчининг функционал гуруҳлари электрон зичлигини қайта тақсимланишига, полимер занжирининг ўзаро боғланишига ҳамда ионитнинг конформацион ўзгаришига олиб келади [76, 148-149 б; 77, 604-612 б; 78, 141 б; 79, 755-761 б; 80, 219-229 б; 81, 34-35 б.]. Ионалмашинувчи материалларда координацион марказларнинг ҳосил бўлиши ионитнинг кислота – асос ва сорбцион хусусиятларини, унинг термик барқарорлигини, бўкувчанлигини ҳамда механик барқарорлигини ўзгартиради, шу билан бирга металл ионларининг оксидланиш – қайтарилиш хоссаларини ўзгартиради. Ҳосил бўлган ионит комплекслари бир қатор жараёнларда каталитик фаолликни намоиш этади. Шундай қилиб, ионалмашинувчи материалларни металл ионларини танлаб таъсир кўрсатиш хусусиятига қараб юналтириш мақсадга мувофиқ бўлади.

Таркибида хелатловчи функционал гуруҳларни ўз ичига олган смолага аминоалкилфосфонат функционал гуруҳларига эга бўлган моддани

модификациялаш орқали турли хил ионитлар: Duolite C- 467, Duolite ES-467, Lewatit OC 1060, Purolite S 940, Purolite S 950 ва Chelite P синтез қилинган. Ушбу турдаги ионалмашинувчилар оғир металл ионларини қуйидаги кетма – кетликда ютиш хусусиятига эга: $Pb^{2+} > Cu^{2+} > UO_2^{2+}, Zn^{2+}, Al^{3+} > Mg^{2+} > Sr^{2+} > Ca^{2+} > Cd^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+} > Na^{+} > Ba^{2+}$. Бундай ионалмашинувчи қатронлар сувларни қаттиқлигини ҳосил қилувчи $Ca(II)$ ва $Mg(II)$ ионларига селективлиги пастроқ бўлиб, юқоридаги металл ионларининг сорбция самарадорлиги муҳит pH га боғлиқ. Шунини таъкидлаш керакки, муҳит pH қийматига қараб аминалқилфосфон гуруҳлари қуйидаги кўришиларида бўлиши мумкин:



Реакциядан кўринадики, металл ионларининг ионитга ютилишининг селективлиги аминалқилфосфонат гуруҳларининг ионланиш даражасига боғлиқ.

Муаллифлар [82] айтиш шундай функционал гуруҳлари туганган ионитлар (Purolite S 940 ва S 950)ни металл ионларига селективлигини ўрганиш мақсадида қуйидаги металл ионларини ($Cu^{2+}, Ni^{2+}, Cd^{2+}, Ca^{2+}, Na^{+}, NH_4^{+}, Zn^{2+}, Co^{2+}$) сорбциясини таққослаб ўрганишган. Натижада Purolite S 940 ва S 950 ионитлари оралиқ металл ионларини ютиш хусусиятини кўрсатиб беришди.

Чикинди сувлар таркибидан металл ионларини тозалаш мақсадида таркибидан иккиламчи, учламчи ва тўртламчи даражадаги параметрлар

мавжуд бўлган ионитлар ёрдамида амалга оширилган ҳамда тажриба натижалари билан таққосланган [83, 198-199 б.]. Барча ҳолатларда қониқарли натижалар қўлга киритилган.

Ишда [84, 4570-4576 б.] ҳам сунъий сувли эритмалардан Pb (II), Cu (II), Zn (II), Cd (II) ва Ni (II) ионларини ажратиб олиш ўрганилган. Тажриба ишлари Lewatit CNP 80 (кучсиз кислотали) ионалмашинувчи ионит ёрдамида амалга оширилган ва олинган натижалар Lewatit TP 207 (кучсиз кислотали ва хелатловчи) ионит ёрдамида олинган қийматлар билан таққосланган. Иккала натижалар ҳам деярли яхши натижаларни берган аммо, Lewatit TP 207 ионитда металл ионларини комплекс кўринишида ютилиш даражаси кўпроқ эканлиги кузатилган.

Бундай грануланган сорбентлардан ташқари сувда бўкувчи гелсимон сорбентлар қўлланилиш соҳалари бир қанча ва уларни синтез қилиш муҳим ҳисобланади. Полимер гидрогелларнинг биринчи тадқиқотлари тезда уч ўлчамли бирикмаларга тегишли бўлган специфик хусусиятларнинг ўрганилишига тўртки бўлди. Шунингдек, полимер гидрогеллар бир қатор ўзига хос хусусиятларга эга. Улардан бири метал ионларини сорбциялаш хусусияти ҳисобланади. Шунингдек, полимер гидрогелларнинг эффектларига тесқари қоллапс ҳодисасини ҳам киритиш керак.

Бу соҳада дастлабки тадқиқотлар аминларнинг Шоттен-Бауман реакцияси бўйича Н-(мет) акрилланиши учун акрил ва метакрил кислоталарининг ангидридлари қўлланилди [85]. Радикал полимерланиш кинетикасининг хусусиятлари ва акриламиднинг қўлланиш соҳалари келтирилган [86, 192 б.]. Ушбу ишда акрил ва метакрил амидларнинг радикал полимерланишига молекулалараро ва ички молекуляр водород боғлар жуда катта таъсир кўрсатади, улар қўлланилаётган реакция муҳитининг табиатига қараб ушбу мономерларнинг радикал полимерларнишини камайтиради ёки орттиради. Турли термосезгир полимерлар олиниши ва уларнинг қўлланиш соҳаларини қидириш мақсадида Н-алмашган акриламидаларнинг

полимерланиши ўрганилган. Поли (Н-изопропил ва этил акриламидлар), поли (Н-пропил ва Н-метакриламидлар) каби Н-алмашган акриламидлар асосидаги чизиқли ва чокланган полимерлар энг машхур термосезгир полимерлар ҳисобланади.

Ўзларининг нисбатан ёш тарихларига қарамай полимер гидрогеллар саноатда ишлаб чиқариладиган полимерлар орасидан ўз ўринларини эгаллашди. Гидрогелларнинг синтези хусусиятлари ва уларнинг физик-кимёвий хоссаларини ўрганишга бир қатор монографийалар ва шархловчи мақолалар бағишланган [87, 505-524 б.]. Ҳозирги вақтда мономерлардан ва полимерлардан полимер гидрогелларни синтез қилиш усуллари кўплаб учрайди. Аммо чокловчи агент ва асосий мономерлар ўртасидаги сополимерлаш усуллари ва тайёр полимерларнинг турли кўп функцияли гуруҳлар билан чокланиш усуллари кўп қўлланилган.

Сорбция жараёнида металлари комплекс ҳосил қилувчи полиамфолитлар билан сорбциялашда боғланишларнинг координацион ёки ионли-координацион типлари амалга ошади. Боғланиш механизми атомларнинг электрон тузилишига, функционал гуруҳларнинг солватланиш (эритувчи молекулаларининг (ионларининг)) эрийдиган модда молекулалари (ионлари) билан ўзаро таъсирларга киришиш) қобилятига, эритманинг кислоталилигига, тўйиниш даражасига боғлиқ бўлади. Комплекс ҳосил қилувчи полимерлар қаторига бир қатор оғир ва рангли металлларга нисбатан юқори сорбцион сиғим ва селективликка эга бўлган амина-сульфоли тўрсимон сополимерлар киради, бу полимер комплексининг полидентатлиги билан ҳам, амина ва сульфатли гуруҳлар иштироки билан комплекс ҳосил қилишда хелат эффекти билан ҳам боғланади [88]. Металларнинг комплекс ҳосил қилиш оқибатида полиамфолитлар билан сорбцияланишини ўрганиш селектив сорбциялаш статикаси ва кинетикасининг ўзига хос қонуниятларини аниқлаш, шунингдек кўрсатилган жараёни бошқариш омилларини ва аниқ вазифаларни амалга оширишни илмий асослаш

имконини беради. Металларни комплекс ҳосил қилувчи полиамфолитлар билан сорбциялаш жараёнида уларнинг фазасида кам диссоциацияланадиган бирикмалар ҳосил бўлади. Бу соф ион алмашилиши учун характерли бўлган баъзи бир кинетик қонуниятларнинг ўзгаришига олиб келади [89].

Ион алмашинувчи смолалар билан ютилиш жараёнларининг тезлиги кенг оралиқларда ўзгаради: мувозанат ўрнатилиши бир неча минутдан бир неча ойгача бўлиб ўтади. Бунда шу нарса қайд қилинганки, аксарият жараёнлар диффузия билан назорат қилинади. Жараённинг тезлиги ионит ва алмашинадиган модданинг кимёвий табиатига боғлиқ бўлади [90]. Ионалмашинув жараёнлари мувозанатини тавсифлаш учун кўплаб назариялар мавжуд [91]. Кўп йиллар давомида ион алмашилиш мувозанат изотермаларини тавсифлаш ҳамда моделлаштиришда Фрейндлих, Лэнгмюр, Дубинин-Радускевич, Темкинни ва бошқа олимларни усулларидан фойдаланилган. Айни усуллар ионит билан ионлар орасидаги боғланиш физикавий сорбция ёки кимёвий сорбция кетганлигига ишончли хулосаларни олишга ёрдам беради. Сорбция жараёнини таҳлил қилишда асосан псевдо биринчи ва псевдо иккинчи тартибли кинетик моделларига ҳамда жараённинг термодинамик параметрларини ўзгаришларига эътибор қаратдилар [92, 71–78 б; 93, 105–114 б.].

Амфотер ионитлар яни полиамфолитлар макромолекула таркибида бир вақтнинг ўзида кислотали гуруҳлар ва асос хоссасига эга бўлган гуруҳларни ўз ичига олиши, уларнинг ўзига хос хусусиятли ионитлар жумласига киришидан далолатдир [94, 34–36; 95, 144–159 б.]. Шарт-шароитларга боғлиқ равишда ўзларини катионитлар сифатида ҳам, анионитлар сифатида ҳам намоён қилади. Бундай ионалмашинувчи материаллар қўлланиш жиҳатдан ҳам жуда қулай ҳисобланади.

Ион алмашинувчан материалларни қўллаш. Тозалашнинг сорбцион усуллари атроф муҳитга оғир металллар ва радиоактив нурларнинг тушишида техноген ифлосланишларни бартараф этишга мўлжалланган тадбирлар

комплексларида ўзига ҳос ўрин тутди. Ер тупроқларининг ифлосланиш даражасига боғлиқ ҳолда сорбцион тозалашнинг турли усулларни ажратиш мумкин. Масалан, қишлоқ хўжалигида ерни ифлосланиши ҳолатида сорбентлар ҳосилдор ер қатламининг чуқур қисмига киритилади. Бунинг учун минерал сорбентлар кенг қўлланилади: гилтупроқлар, сеолитлар, апатитлар ва бошқалар. Қўлланилувчи сорбентлар қатор талабларга жавоб бериши керак: турли металлларга нисбатан яхши сорбцион сиғимиغا эга бўлиши; биодеградацияга учрамаслиги; ҳароратнинг ўзгаришига барқарор бўлиши керак.

Ерга оғир ва радиоактив металлларнинг катта миқдори тушишида асосий чора зарарланган тупроқни кўмиш ёки тозалаш ҳисобланади. Бундай ерларни тозалаш учун турли табиатга эга сорбентларни қўллаш технологияси уларни ҳайдашни талаб қилади. Ҳозирги кунда сорбентларни ажратиб олишнинг кўплаб усуллари ишлаб чиқилган бўлиб, улар тозаланган ерни табиий ҳолатга қайтариш ва утилизациялаш учун ҳаражатлар ҳажмини қисқартириш имконини беради. Кучли ифлосланган ерларни тозалаш учун сорбентларнинг қўлланиш самарадорлиги асосан уларнинг сорбцион фаоллиги билан аниқланади. Адабиётларда ерни турли металллардан тозалаш имконини берувчи ўсимлик ҳомашёсидан (мохлар, хвоя қолдиқларидан, опилкалардан, гидролизли лигнин ва ҳ.к.) тайёрланган турли сорбентлар келтирилган. Ишлаб чиқарилувчи ҳомашёнинг янги турларини ўзлаштириш ерни тозалаш учун сорбентларни олиш мақсадида илмий ҳамда амалий жиҳатдан долзарб ҳисобланади. Мазкур диссертация ишда поливинилхлорид асосидаги янги полиамфолитнинг физик-кимёвий хоссалари бўйича айрим тадқиқот натижалари келтирилган. Синтез қилинган янги ПВХ асосидаги поликомплексон билан сунъий эритмалардан Cu^{2+} , Ni^{2+} [96, 469-477 б; 97, 69-77 б;], Co^{2+} ва Cr^{3+} [98, 49-57 б; 99, 381-390 б.] ионларининг сорбция жараёнларига турли омилларнинг таъсири ўрганилди.

Юқорида келтирилган адабиётлар таҳлили натижаларидан шуни хулоса қилиш мумкинки катионит, анионит ва полиамфолит характеридаги ион алмашинувчи материаллар нодир, қимматбоҳо металлнинг ионларини ажратиб олишда, сувни турли хил заҳарли ионлардан тозалашда қўлланилган. Ион алмашинувчи ионитлар олишнинг бир неча хил усуллари полимерланиш, сополимерланиш, поликонденсация ва полимер анолигик ўзгартириш реакцияларидан фойдаланилган. Шу билан биргаликда саноат тармоқлари кенгайиб, ривожланаётганлиги учун ионалмашинувчи материалларга талаб ортиб бораверади. Бироқ бизнинг мамлакатимизда бундай ионитлар саноат миқёсида ишлаб чиқарилмайди. Шунинг учун маҳаллий хом ашёлар асосида ионитлар ишлаб чиқариш ва саноат корхоналар эҳтиёжини қондириш долзарб муаммодир. Ушбу диссертация иши юқоридаги муаммони маълум даражада хал қилишига қаратилган бўлиб, республикамизда ишлаб чиқариладиган хомашё — поливинилхлоридни кимёвий модификациялаш орқали ион алмашинувчи материал олиниши унинг физик-кимёвий хоссалари ўрганилган.

II-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД ПЛАСТИКАТ АСОСИДАГИ ЯНГИ ПОЛИАМФОЛИТ ОЛИНИШИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ОМИЛЛАР

Бугунги кунда синтетик полимерлар саноатнинг турли тармоқларида кенг қўламда қўлланилмоқда. Полимерлар орасида ион алмашинувчи материаллар гидрометаллургияда рангли, ноёб, 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 ионалмашинувчи материалларни синтез қилиш ва уларнинг физик-кимёвий ва сорбцион хоссаларини ўрганиш долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

Ҳозирги кунда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий Университети Полимерлар кимёси кафедрасининг илмий ходимлари томонидан маҳаллий хом ашёлардан бир қатор янги полиакрилонитрил (ПАН) асосидаги толасимон, нанотолали, полиакриламид (ПАА) асосидаги гелсимон ва ПВХ асосидаги гранулаланган ионалмашинувчи иониттлар синтез қилинган.

Шулар асосида гранулаланган поливинилхлорид билан олтингугуртни модификациялаб янги сульфаткатионит синтез қилинган [100]. Олинган сульфокатионитни полиэтиленполиамин (ПЭПА) билан аминлаш натижасида таркибида азот ва олтингугурт тутган полиамфолит олинди. Олиб борилган реакцияларнинг боришига турли омилларнинг таъсирини тадқиқ қилиш орқали олинган натижалар характерининг ўхшаш бўлиши аниқланди.

Модификациялаш реакциялари термостат автоклавда ҳарорат 383, 393, 403, 413, 423, 433, 443К ларда ва 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 соат вақт давомида ўтказилган. Сульфокатионитга ПЭПА модификациялаш орқали полиамфолит

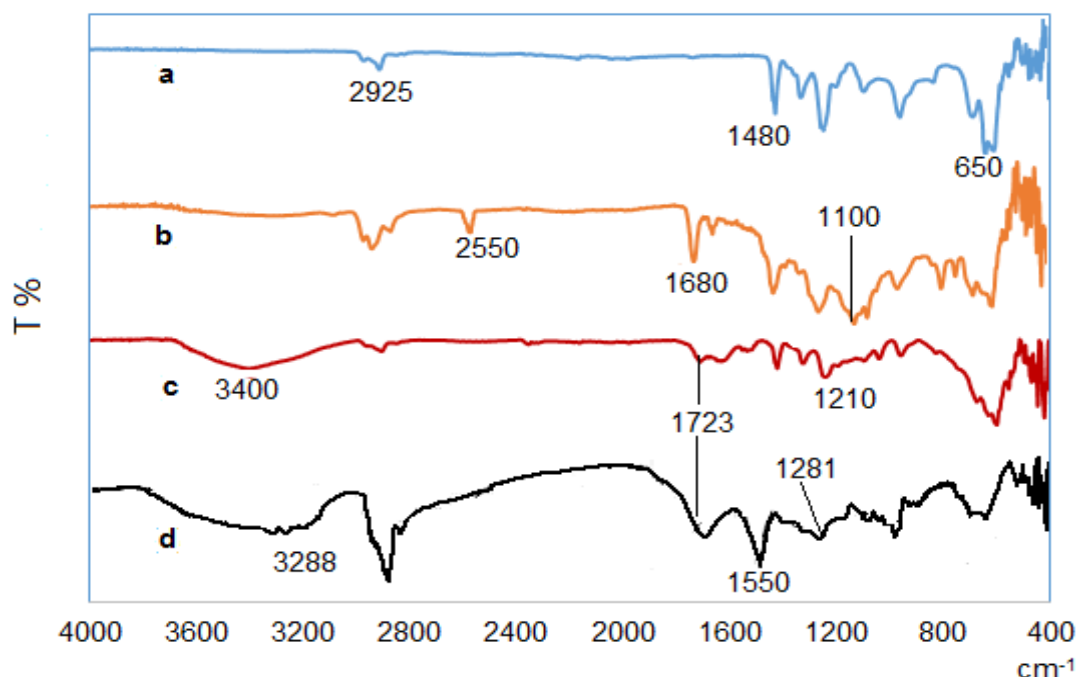
олинишига таъсир этувчи омиллар олинган полиамфолитнинг статик алмашилиш сиғими (САС) қийматига асосланиб ўрганилди.

§2.1. Поливинилхлорид асосида олинган сульфокатионитни полиэтиленполиамин билан модификациялаш жараёнига таъсир этувчи физик-кимёвий омиллар

Маҳаллий хомашёлар пластикатланган поливинилхлорид (ПВХ), олтингугурт ва аминлар иштирокида таркибида олтингугурт ва азот тутган полиамфолит олинди. Бунинг учун дастлаб пластикат ПВХга олтингугурт модификацияланиб [101, 1623–1628-б; 102, 611-614 б.] кейинги босқичда полимер занжиридаги олтингугуртни оксидловчи иштирокида оксидлаш орқали сульфогурухлари тутган катион алмашинувчи полимер олинган. Олинган полимер занжиридаги сульфогурухларига алмашинмаган хлор атомларини ўрнига асос хоссали аминугурухларини киритиш мақсадида полиэтиленполиамин (ПЭПА) олигомерини модификациялаш реакциялари олиб борилди. Модификациялаш жараёнларига турли омилларнинг таъсирини олинган полиамфолитнинг статик алмашинув сиғими (САС) асосланиб ўрганиш натижасида жараённинг мақбул шароитлари топилди.

Сульфокатионит ва полиамфолитнинг идентификацияси

Сульфокатионит ва ПЭПА реакцияси маҳсулотини идентификациялаш учун ИҚ спектр таҳлили ўтказилди. Қуйидаги 2.2.4 – расмда намуналарнинг ИҚ спектрлари таҳлиликелтирилган.



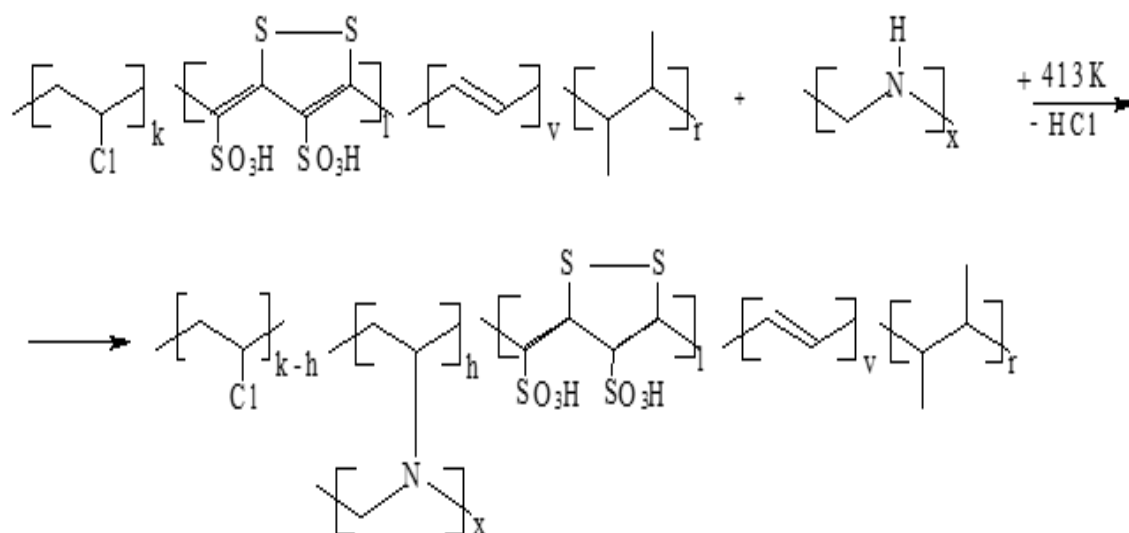
2.1.1 - расм. Олинган намуналарнинг ИК спектри

a - ПВХ, b - ПВХ-S, c - ПВХ-SO₃H, d – (ПВХ-(SO₃H)NH ПАМ)

Келтирилган 2.1.1 - расм (b) нинг маълумотлардан кўринадикки ҳосил бўлган полимерларнинг ИК-спектрларида 1680 см⁻¹ соҳада ютилиш чизиклари кузатилди, ушбу ютилишлар >C=C< боғларнинг валент тебранишларига ҳосдир. Ушбу чизикларнинг пайдо бўлиши винил гуруҳларининг дегидрохлорланиши билан боғлиқдир. 2.1.1 -расм (b) нинг 1100 см⁻¹ соҳадаги чизик тион гуруҳининг (C=S) валент тебранишига ҳос. Барча ўрганилган намуналар учун 2.1.1-расм (a) 1480 см⁻¹ соҳада ютилиш чизиклари кузатилиб, улар скелетли C-C, деформацион C-H ва деформацион CH₂ тебранишларига ҳосдир. Намуналарнинг ИК-спектрларида 2.1.1 -расм (a) 650 см⁻¹ тўлқин узунликларида жадал ютилиш чизиклари аниқланиб, улар ўз навбатида C-Cl валент тебранишлари учун ҳосдир [103]. Инфрақизил-спектроскопик қиёсий таҳлил тадқиқот маълумотлари 2.1.1 - расм (c), (d) 1723 см⁻¹ соҳаларда катионит таркибида бир валентли -SO₃H сульфогуруҳ борлигини кўрсатади. Шунингдек 2.1.1-расм (d) да 3288 см⁻¹ соҳадаги ютилиш >N-H боғланишнинг деформацион тебранишларини характерлайди. 1281 см⁻¹ соҳада иккиламчи ва бирламчи амин тузларини характерлайдиган

кенг ютилиш сохаларининг борлиги поликомплексонларда ички туз формасида аминао ҳамда сульфогурухларининг мавжудлигини кўрсатади [104].

Олинган ИҚ спектр тахлиллари асосида ПВХ асосидаги $-\text{SO}_3\text{H}$ гурух тутган сульфокатионитни полиэтиленполиамин билан кимёвий реакция тенгламасини қуйидагича ифодалаш мумкин:



Юқоридаги реакциядан кўриниб турибдики полимер занжиридаги сульфогурухлари($-\text{SO}_3\text{H}$)га алмашинмаган хлор атомларини ўрнига асос хоссали аминогурухлари ($>\text{NH}$) алмашинганлигини кўриш мумкин. Бу функционал гурухлар олинган ионитни ҳам кислоталик ҳам асослик хоссасини номоён қилишини кўрсатади [105].

Олинган моддаларнинг элемент таҳлили

Полиамфолит таркибидаги олтингугурт ҳамда азот элементларини аниқлаш учун EuroEA Elemental Analyser аппаратида элемент таҳлили ўтказилди [106]. Олинган маҳсулотнинг таркибидан кимёвий боғланмаган полиэтиленполиаминни ҳамда бошқа қўшимча моддаларни чиқариш учун дистилланган сув билан нейтрал ҳолатгача ювилади. Олинган натижалар қуйидаги 2.1.2 - жадвалда келтирилган.

2.1.1 - жадвал

Дастлабки ва модификацияланган намуналарни элемент таҳлили

Намуна	C %	H %	S %	N %
ПВХ	36,4	5,20	0,00	0,00
ПВХ-S	30,7	4,28	18,1	0,00
ПВХ-SO ₃ H	22,4	4,05	10,4	0,00
ПВХ- (SO ₃ H) (NH) ПАМ	45,7	7,50	9,80	11,7

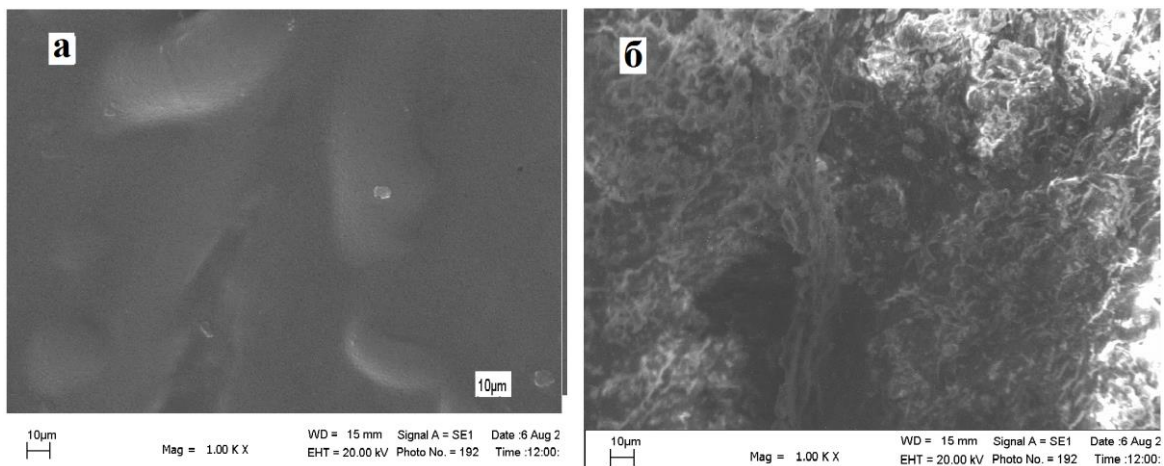
Қуйида келтирилган 2.1.1 – жадвалда поливинилхлорид пластикати ва модификацияланган полимер таркибида 18 % масса улушгача олтингугурт киритилгандан кейин С ва Н миқдори (%) камайганлиги элемент таҳлили ёрдамида аниқланди. Кейинги босқичда оксидланиш натижасида С, Н, S элементларининг масса улушлари камайганлиги полимер таркибидаги олтингугурт сульфогуруҳлари –SO₃H ҳосил қилганлиги учун бўлиши мумкин. Сульфокатионит ПЭПА орқали модификациялангандан сўнг ҳосил бўлган полимер таркибида 9,8 % олтингугурт ва 11,7 % азот элементини мавжудлиги элемент таҳлили орқали аниқланди.

Ўтказилган элемент таҳлиллари шуни кўрсатадики ПВХ асосидаги таркибида амина ва сульфогуруҳлари тутган полиамфолит (ПВХ-(SO₃H) (NH) ПАМ) ҳосил бўлганлигидан далолат беради.

Полимер материалларнинг сканерловчи электрон микроскопик таҳлили

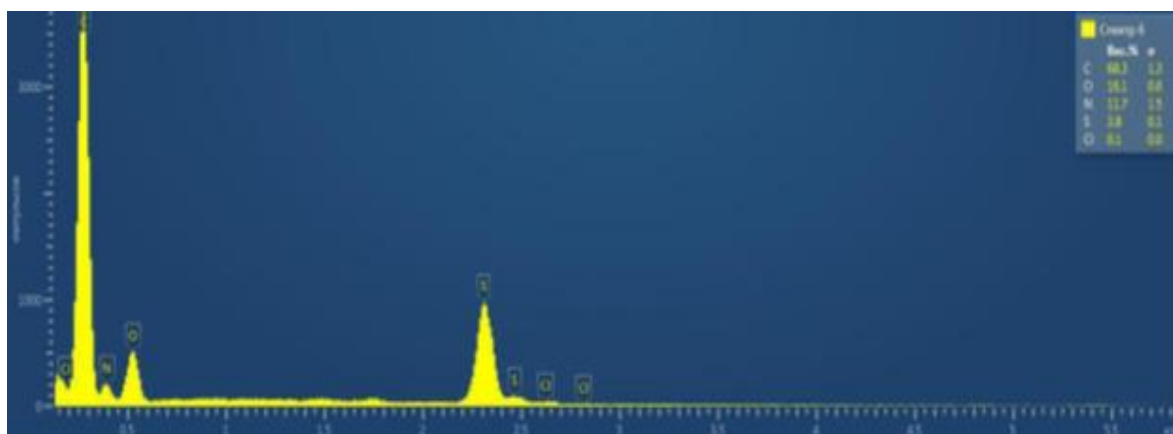
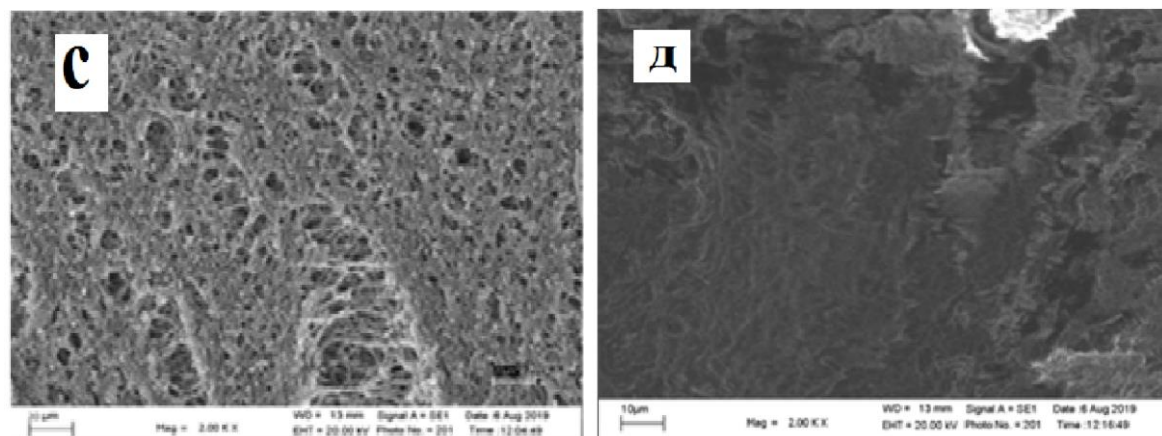
Тадқиқотларда кўринадиги кўплаб адсорбент материалларнинг морфологик ва сирт тузилишини аниқлашда SEM усулидан кенг фойдаланилади [107, 204–208 б.]. Чунки сорбентларнинг морфологик тузилиши уларнинг физик-кимёвий хоссаларига кенг таъсир кўрсатади. Шунинг учун ПВХ ва унинг модификацияланган шакллариини морфологик ва сирт тузилиши ўрганилди. Бунда дастлабки пластикат ПВХ,

экстракцияланган ПВХ, сульфокатионит ва полиамфолитларнинг микрофотографиялари солиштирилган натижалари қуйидаги 2.1.2 – 2.1.3 - расмларда келтирилган.



2.1.2 - расм. SEM микрофотографиялари.

а) пластикат ПВХ, б) экстракцияланган пластикат ПВХ.



2.1.3 - расм. SEM микрофотографиялари ва X-ray (EDS) элемент таҳлили.

(с) -SO₃H гуруҳ тутган ПВХ (д) - ПВХ-(SO₃H)(NH)

Юқорида келтирилган SEM микрофотографияларидан кўриниб турибдики 2.1.2 – расм (а)да пластикат ПВХ юзаси текис тузилишга эга бўлиб, экстракция жараёнларидан кейинги 2.1.2 – расм (б) ПВХ орқали пластификатор чиқариб, сульфогурухлари киритилгандан сўнг 2.1.3 – расм (с) ғовак тузилишли полимер ҳосил бўлган. Кейинги босқичда аминланган полимер юзаси 2.1.3 – расм (д) дан кўринадикки олинган намуналар бир хил тузилишли бурмалар ҳосил қилган. Бу эса ПВХ асосида ҳосил бўлган сорбент катта сирт юзасига эга бўлганлигини кўрсатади. Бундай морфологик тузилишга эгаллиги уни турли металл ионларига нисбатан юқори сорбцион хосса намоён қилишига асос бўлади.

Шунингдек, энергетик дисперсив X-ray (EDS) элементларнинг миқдорий микроанализ таҳлили поликомплекс таркибида тахмин қилинган элементлар олтингугурт ва азот масса улушлари тегишли равишда 3,8 ва 11,7 % ташкил қилган. Бу эса юқоридаги EuroEA Elemental Analyser аппаратида элемент таҳлили билан олинган натижалардаги нисбатан олтингугурт улуши кам чиққалигини кўриш мумкин. Бунга сабаб аминлаш реакцияси сўнги босқич бўлиб, гранула юзасида сульфогурухларига нисбатан амина гурухлари кўпроқ бўлган. Чунки энергетик дисперсив X-ray (EDS) микро- таҳлили заррачанинг юзасидаги элементларнинг миқдорий улушини кўрсатади. Поликомплекс таркибида азот (N_2) элементининг масса улуши ҳар икки элемент таҳлилида деярли бир хил чиққанлигини кўриш мумкин.

Ушбу бобда янги усулда полиамфолит олиш учун ПВХ асосидаги сульфокатионитни ПЭПА иштирокида аминланиш реакциясининг мақбул шароитлари аниқланди. Кўрсатилган шароитда олинган полиамфолитнинг тузилиши ва таркибини идентификациялаш учун замонавий физик-кимёвий усуллардан фойдаланиб ўрганилди. Тадқиқотлар натижасида ПВХ асосида олинган маҳсулотнинг таркибида олтингугурт ҳамда азот тутганлиги, ғовак тузилишли ва таркибида ҳам катион ҳам анион алмашиниш хусусиятига эга бўлган сульфо ва аминогурухлари тутганлиги исботланди. Ушбу

полиамфолитнинг қўллаш мумкин бўлган соҳаларини аниқлаш учун, кейинги бобда унинг ўрганилган физик – кимёвий хоссалари келтирилди.

III-БОБ. ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДА ОЛИНГАН ПОЛИАМФОЛИТНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ

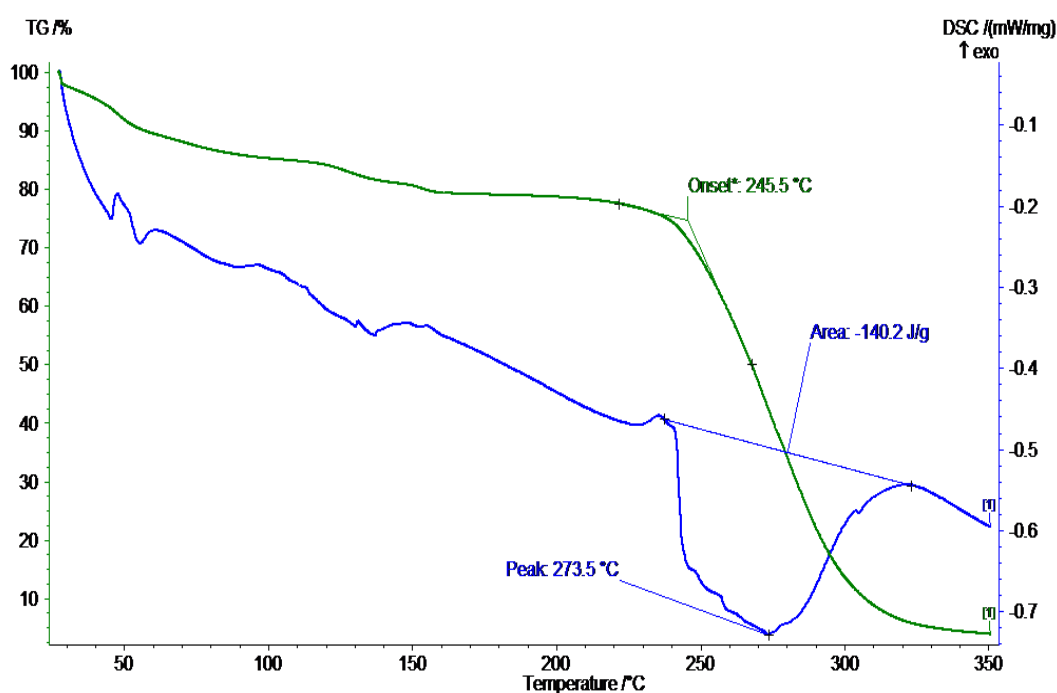
Бизга маълумки саноатнинг турли соҳаларида қўлланувчи сорбентлар қатор талабларга жавоб бериши керак, хусусан турли металлларга нисбатан юқори сорбцион сиғимига эга бўлиши, сувда эримаслиги, кимёвий барқарор бўлиши, ҳароратнинг ўзгаришига барқарор бўлиши ва тан нархининг арзон бўлиши билан биргаликда кўп марта қайта ишлатиш хусусиятига, сувни тозалаш жараёнида технологик, экологик ва бозор иқтисодий талабларига мос келиши керак [108, 237-240 б.]. Шунинг учун ҳозир ҳам 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.

3.1. Поливинилхлорид асосида олинган полиамфолитнинг термик ва кимёвий барқарорлиги

Полимерларнинг ҳароратбардошлилиги термик ва термооксидланиш деструкцияси бошланадиган, қўйи молекуляр бирикмалар ажралиб чиқадиغان ҳарорат чегараларида аниқланади. Бунда ҳарорат таъсирида масса йўқотишига асосланган термогравиметрик (ТГ) таҳлилидан кенг фойдаланилади.

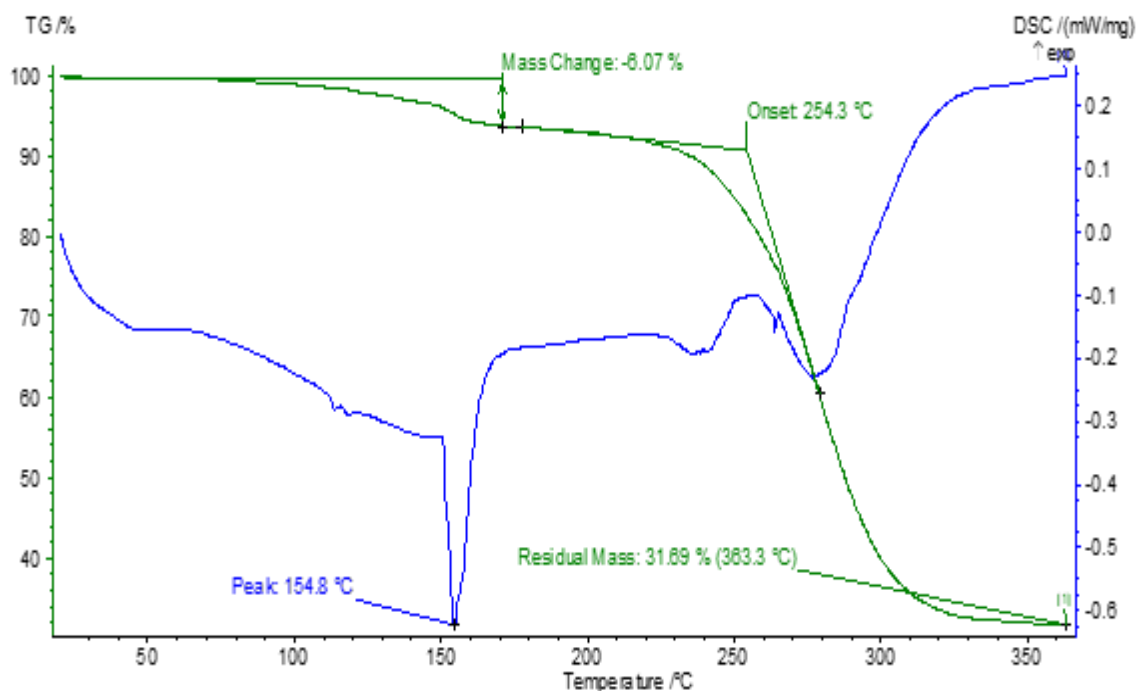
Бошланғич маҳсулот ПВХ ва уни олтингугурт билан модификацияланган маҳсулотининг ТГ ва дифференциал термогравиметрик анализ (ДТГ) эгрилари 3.1.1, 3.1.2 - расмларда келтирилган.

3.1.2 - расмда сульфокатионитни [109] дерватограммаси келтирилган. Маълумотлар наmunанинг таркибида аморф (аморф) структураси борлигини тасвирлайди, 230 - 370°C ҳарорат интервалида массанинг йўқотилиши иккита босқичда содир бўлади, биринчиси 130-160°C интервалда бўлиб, ушбу интервалда -6,07% массанинг йўқотилиши билан наmunанинг таркибидаги тартибли жойлашган тизимларнинг суюқланиши содир бўлади. ДСК нинг эгри чизикларида -28,13 Дж/г энергиянинг ютилиши билан эндотермик пик кузатилади – $T_{\text{мак}}=154,8^{\circ}\text{C}$. Саноатда ишлатиладиган бошқа полиамфолитники эса 80-140°C да энергия ютилиши билан эндотермик чўкки кузатилади.



3.1.1 - расм. ПВХни термик таҳлили.

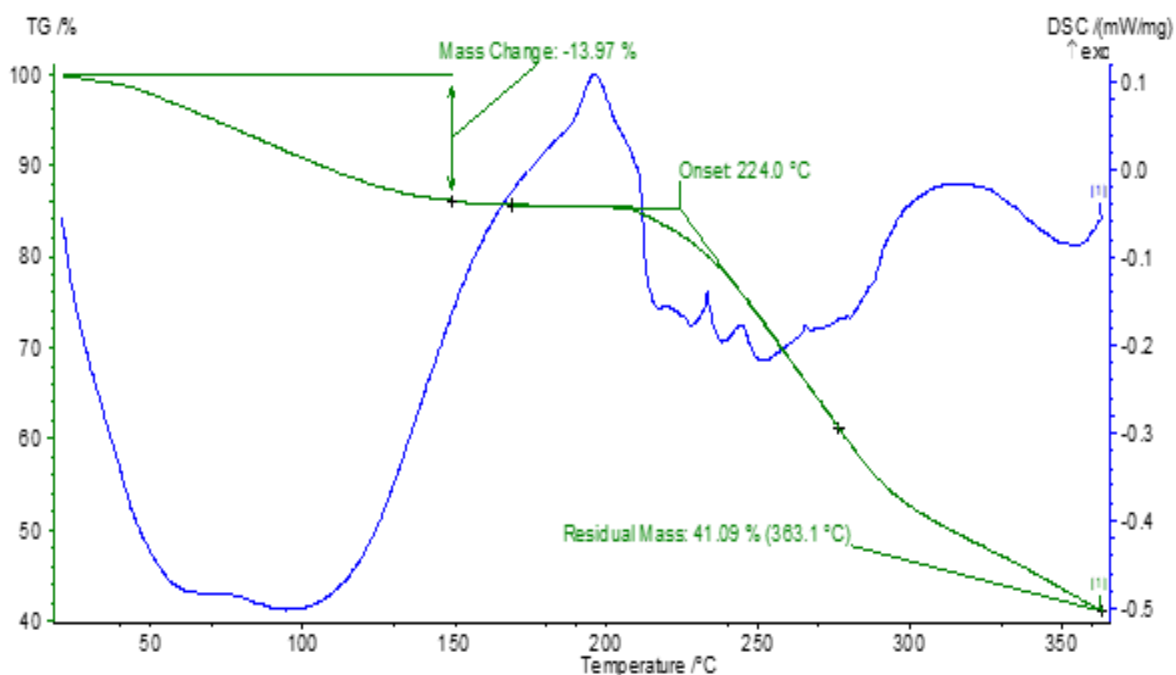
TG- термогравиметрик эгри; DTG - дифференциал термогравиметрик таҳлил эгриси.



3.1.2 - расм. ПВХ асосида олинган сульфокатионитни термик таҳлили.

TG- термогравиметрик эгри; DTG - дифференциал термогравиметрик таҳлил эгриси.

Олинган термогравиметрик (ТГ) таҳлил натижаларидан кўриниб турибдики дастлабки модда ПВХ 245,5°C ҳароратда қиздирилганда термик деструкция ҳодисаси кузатилади. ПВХ асосида олинган сульфокатионитда эса 254°C дан юқори ҳароратда қиздирилганда термик деструкция ҳодисаси кузатилади, у дастлабки массада намуна массасининг 32% гача йўқотилишига ва -130 Дж/г миқдордаги энергиянинг (эндотермик пик) ютилишига олиб келади.



3.1.3 - расм. ПЭПА асосида олинган Полиамфолитнинг термик таҳлили.

Ушбу 3.2.3 - расмда келтирилган полиамфолитнинг термогровметрик анализ маълумотларидан куринадики 224°C ҳароратда қиздирилганда деструкция ҳодисаси кузатилади. Бу эса сульфокатионитга нисбатан термик деструкцияга чидамлилигини бироз пастлигини кўрсатади. Бунга сабаб олинган полиамфолит таркибида амина гуруҳлари тутганлигидан бўлиши мумкин. Чунки ҳарорат ортиши билан таркибида амина гуруҳлари тутган полимерлар таркибидан аммиак газ ҳолатда чиқиш эҳтимоллиги юқори бўлади. Саноатда ишлатиладиган (APFC-45(4-VP+CF-5)) полиамфолитининг 240°C ҳароратда термик деструкция ҳодисаси кузатилишини кўришимиз мумкин. Термик анализ маълумотлари полиамфолитнинг аморф структурага (аниқ суюқланиш чўққиси кўринмаган) эга эканлигини кўрсатади. Массанинг юқотилиши икки босқичда рўй беради – биринчиси 50 - 140°C интервалда $\Delta_m = -13.97\%$ (бу ҳолат адсорбцияланган намликнинг юқотилиши билан боғлиқ бўлиши мумкин). Масса юқотилишининг иккинчи босқичи 224-360°C интервалда кечади, у 363°C да 41% қолдиқ массага эга намунанинг

парчаланиши билан боғлиқ. Ушбу юқорида келтирилган маълумотлардан фойдаланиб, ПВХ асосида олинган таркибида амина ва сульфогрухлари тутган полиамфолитни саноат миқёсида қўллаш мумкинлиги ҳақида хулоса қилсак бўлади.

ПВХ асосида олинган полиамфолит кимёвий барқарорлиги.

Саноатда ишлатиладиган ионитлар мураккаб технологик турли агрессив муҳитларда ишлатилишини инобатга олиб ПВХ асосидаги таркибида амина ва сульфогрухлари тутган янги полиамфолитнинг кучли кислота, кучли ишқор ва кучли оксидловчиларга нисбатан кимёвий барқарорлиги тадқиқ қилинди. Текширилаётган полиамфолит намунаси ҳар хилдаги кислота ва асосларнинг эритмаларида турли хил ҳароратларда 10 соатдан 48 соатгача сақланди. Полиамфолит намуналари эритмалардан филтрланди, филтрат нейтрал ҳолатгача ювилди ва қайта тайёрлаб САС қийматлари топилди. Олинган натижалар 3.1.1 – жадвалда келтирилган, жадвалдан кўриниб турибдики поливинилхлорид асосида олинган полиамфолит саноатда кенг қўлланадиган рақобатчи APFC-45 (4-VP +CF-5) ионит билан кимёвий барқарорлик жиҳатидан рақобатлаша олишини кўришимиз мумкин.

3.1.1 - жадвал

ПВХ асосидаги сульфокатионитни ПЭПА иштирокида аминлаб олинган полиамфолит ва APFC-45 (4-VP +CF-5) ионитларининг турли реагентларга нисбатан кимёвий барқарорлиги

Муҳит	Тадқиқот шароити		САС, мг-экв/г		$\frac{САС_{ох}}{САС_{бош}}$, %	Масса ўзгариши; %
	Т, К	Соат	охирг и.	Бош.		
APFC-45 (4-VP +CF-5)						
1%HNO ₃	298	48	1.29	2,32	51.8	1.3

5% HNO_3	298	48	1.62	2,32	78.8	-
1% HClO_4	298	48	0	2,32	0	17.2
5% HClO_4	298	48	0	2,32	0	17.4
5% NaOH	373	10	2.00	2,32	96.0	-
<i>ПОЛИАМФОЛИТ</i>						
1% HNO_3	298	48	4,02	4,20	95,7	2.3
5% HNO_3	298	48	4,15	4,20	98,8	-
1% HClO_4	298	48	3,52	4,20	83,8	11.5
5% HClO_4	298	48	3,03	4,20	72,1	19.2
5% NaOH	373	10	4.07	4,20	96,9	-

Юқорида келтирилган 3.1.1 – жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики ПВХ асосида олинган полиамфолитнинг кучли кимёвий реагентларга барқарорлик жihatдан чет элда ишлаб чиқарилган, саноатда кенг қўлланиладиган *APFC-45 (4-VP + CF-5)* полиамфолити билан рақобатлаша олади. Олинган маълумотлар ПВХ асосида олинган ионит турли реагентларга кимёвий барқарорлик талабларига жавоб беради ва саноат корхоналарида қўллаш мумкинлигини кўрсатади.

Синтез қилинган полиамфолитнинг техник ва технологик кўрсаткичлари қўйидаги 3.1.2 - жадвалда келтирилган.

3.1.2 - жадвал

ПВХ асосидаги полиамфолитнинг бази кўрсаткичлари

Кўрсаткичлар номи	Меёрлар		Текшириш усуллари
	Полиамфолит		
	Н – шакл	Na – шакл	
1. Гранулаларнинг ўлчами: -заррача ҳажми, мм, катта эмас;	грануласимон 0,3-1,8		ГОСТ 10900

-ишлашга яроқли қисми, %, кам эмас	95		
2. Нам ҳолдаги полиамфолитнинг солиштира хажми, см ³ /g, кўп эмас	4,5	3,5	ГОСТ 10898
Статик алмашинув сиғими 0,1 Н эритмалар учун, mmol/g, кам эмас			ГОСТ 20255.1
3.Статик алмашинув сиғими NaOH бўйича	-	3,5	
4.Статик алмашинув сиғими HCl бўйича	4,2	-	
5. Осмотик барқарорлик, %, кам эмас.	90		ГОСТ 17338
6. Намлик масса улуши %	22-42		ГОСТ 10898.1

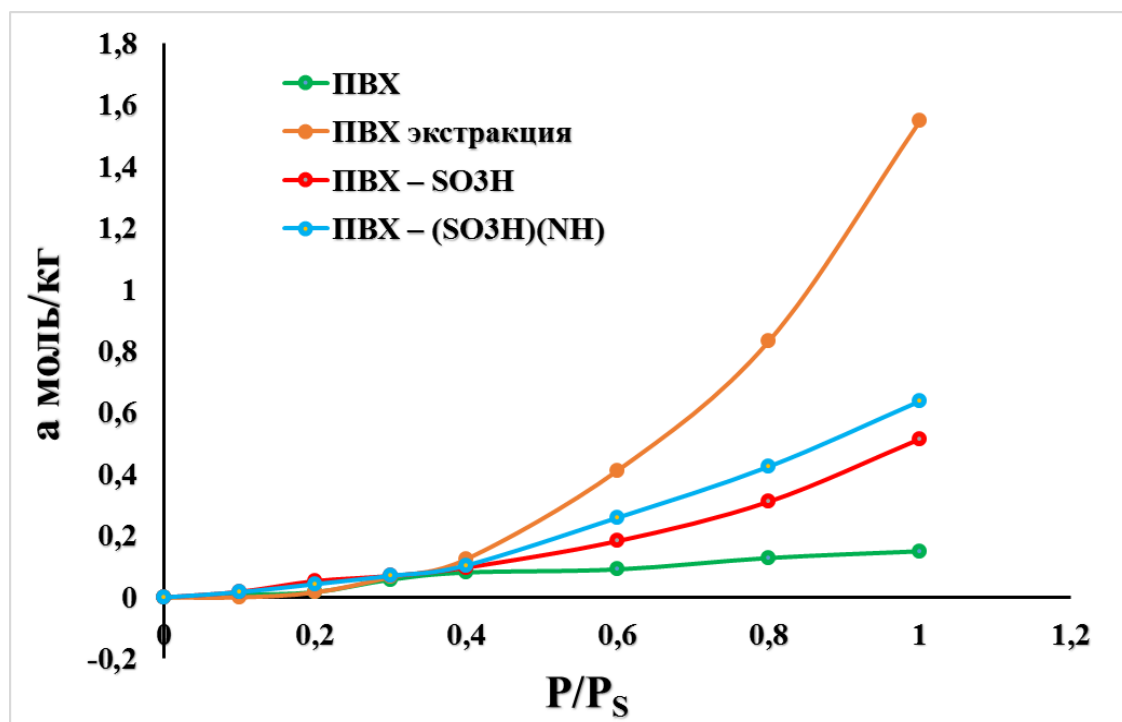
Юқорида келтирилган 3.1.2 - жадвалдан кўриниб турибдики синтез қилинган полиамфолитнинг техник ва технологик кўрсаткичлари саноатда қўллаш мумкин бўлган талабларга жавоб бера олади.

Айни юқорида полиамфолитнинг келтирилган хоссалари бўйича O'Z STANDART AGENTLIGI Standartlar Instituti томонидан Ts 02072392-002:2020 рўйхатдан ўтказилган ва керакли хулосалар олинган. Бундан ташқари ПВХ асосида синтез қилинган полиамфолитнинг энг муҳим хоссаси бўлган металл ионларини сорбцияси ўрганиш орқали ионит қўлланиш соҳалари аниқланди.

3.2. Полиамфолитнинг ғоваклик даражаси, солиштира хажми ва намлиги

Саноат миқёсида ишлатиладиган ионалмашинувчи материалларнинг ғоваклиги миқдорий жиҳатдан қатор параметрлар: моноқават сиғими

($X_m, \text{г/г}$), солиштирма юзаси ($S_{\text{sol}}, \text{м}^2/\text{г}$), микроғовак қиймати ($W_0, \text{см}^3/\text{г}$), тўйиниш ғажми (V_s), мезоғоввак қиймати ($W_{\text{ме}}$) ҳамда полимерларнинг ғовак радиуси қийматлари (r_k, A_0) ёрдамида тавсифланади. Айни ишда полимерларга бензол буғларини ҳар хил босимда сорбция қийматларини ҳисоблаш усулидан фойдаланилди. Сорбцияланган буғ миқдорини спиралли жуда сезгир тарозлар (Мак Беннинг тортиш усули) ёрдамида ҳамда аввалги маълум даражаланган ҳажмда (ҳажмий усул) буғнинг камайиши ўлчанди. Олинган натижалар қуйида берилган график усулларда аниқланди.



3.2.1 – расм. Бензол буғининг ПВХ, ПВХ – SO_3H , ПВХ – $(\text{SO}_3\text{H})(\text{NH})$ ларга сорбцияси

Ушбу 3.2.1 – расмда ПВХ ҳамда ПВХ асосидаги ионитлар учун бензол буғининг сорбция изотермасига асосланиб Брунауэр, Эммет, Теллер томонидан таклиф қилган тенлама ёрдамида полимер материаллар ғоваклар параметрлари ҳисоблаб топилган (БЭТ усули). Олинган натижалар асосида барча намуналарнинг ғоваклик даражаси қийматларини 3.2.1 – жадвалда келтирилган.

3.2.1 - жадвал

Полимер намуналарнинг капиляр ғоваклик тузилиши ва уларнинг сорбцион хоссалари

Намуналар	№ 1 ПВХ	№ 2 Экстракция қилинган ПВХ	№ 3 ПВХ – SO ₃ H	№ 4 ПВХ – (SO ₃ H) (NH)
X _m , г/г	0,031	0,041	0,0470	0,048
S _{sol} , м ² /г	7,530	9,860	11,390	11,56
W ₀ , см ³ /г	0,013	0,033	0,0132	0,012
V _s	0,017	0,147	0,0146	0,016
W _{me}	0,001	0,100	0,0090	0,0099
r _k , A ₀	44,80	278,3	25,700	27,000
r _k , нм	4,480	27,83	2,5700	2,7000

Юқорида келтирилган 3.3.2 – жадвалдаги маълумотларга асосланиб шундай хулоса қилиш мумкинки ПВХ дан ПВХ асосида олинган полимер материаллар (ПВХ, Экстракцияланган ПВХ, ПВХ асосидаги сульфокатионит, ПВХ асосидаги полиамфолит) нинг ғоваклик ўлчами моноқават сифими (X_m, г/г), солиштирма юзаси (S_{sol}, м²/г), микроғоввак қиймати (W₀, см³/г), тўйиниш ҳажми (V_s), мезоғоввак қиймати (W_{me}) ҳамда тешикларнинг ғоввак радиуси қийматлари (r_k, A₀) мос равишда ўзгариб бормоқда. Шунингдек полимер материалларда солиштирма юза (S_{sol}, м²/г) мос равишда ПВХ 7,53 м²/г, ПВХ экстракция 9,86 м²/г, ПВХ – (SO₃H) 11,39 м²/г ва ПВХ – (SO₃H) (NH) 11,56 м²/г га тенг бундан кўриниши ПВХ ни модификациялаш натижасида дастлабги полимерда мавжуд макроғоваклар модификациялаб тикилиш натижасида микро ўлчамли ғовакларга эга бўлиши орқали олинган

полиамфолит таркибидаги ғоваклар солиштирма юзаси дастлабги полимерга нисбатан ошганини кўрсатади.

Айни экстракцияланган ПВХ ни модификациялаш натижасида қўшимча чокланишлар кетганлиги натижасида, макроғовакларнинг қиймати камайиб микроғовак ва мезоғовакларнинг қиймати ортганини бу эса дастлабки донодор ПВХга нисбатан ҳосил бўлган полимерларнинг юзаси ортганлигини кўриш мумкин.

Намликни аниқлаш – ГОСТ 10898.1–84. 0,0002 г аниқлик билан бюксда тортилган 3-4 г полиамфолитни доимий оғирликка етмагунга қадар $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ ҳароратда термик шкафта қуритилди. Тортишдан олдин полиамфолит 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 полиамфолит оғирлиги, г;

P₁ – қуритишдан кейинги полиамфолит оғирлиги, г.

P – 11,2042 г;

P₁ – 6,3436 г;

$$W_1 = \frac{11,2042 - 6,3436}{11,2042} * 100\% = 43,4\%$$

P – 11,2142 г;

P₁ – 6,2532 г;

$$W_2 = \frac{11,2142 - 6,2532}{11,2142} * 100\% = 44\%$$

$$W_{\text{ўртача}} = 43,7\%$$

Айни намликни аниқлашда ACZET MB 120 SERIES moisture balance (АҚШ) прибордан ҳам фойдаланилди. Ушбу приборда полиамфолитнинг намлик миқдори 44,7% га тенглиги аниқланди. Кўришимиз мумкинки ҳар иккала ҳисоблашларда ҳам ПВХ асосида олинган полиамфолитнинг намлик қиймати деярли бир хил.

Нам ҳолатдаги полиамфолитнинг солиштирма ҳажмини аниқлаш - ГОСТ 10898.4-84. Солиштирма ҳажми қуйидаги формула бўйича аниқланди:

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

бу ерда: V – нам полиамфолит ҳажми, мл;

m – текширилаётган полиамфолит массаси, г;

W – намликнинг масса улуши, %.

m_1 – 11,2142 г;

V_1 – 20 см³ гр;

W – 43,7%;

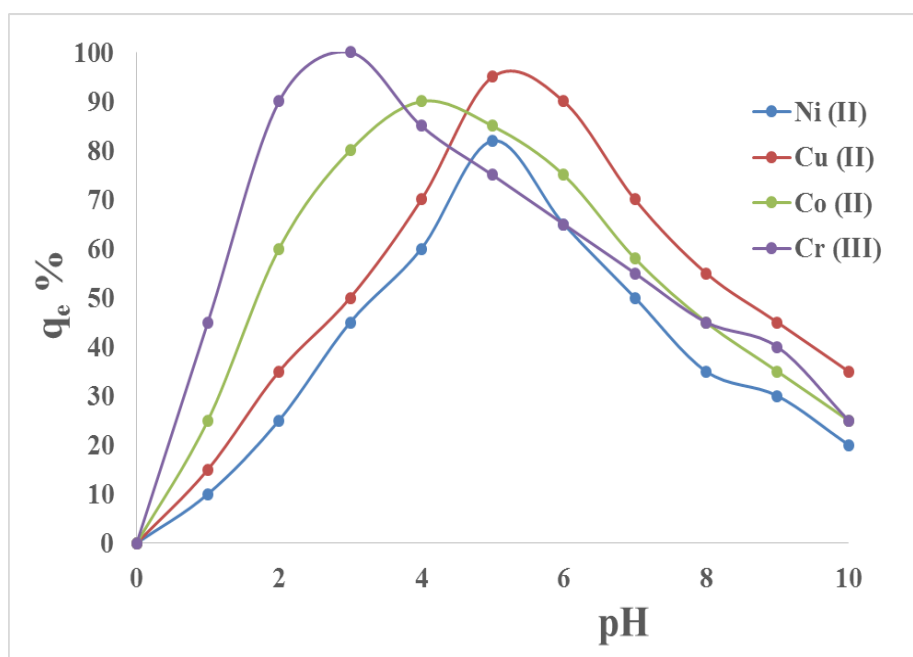
$$V_{сол} = \frac{20 * 100}{11,2142(100 - 43,7)} = 3,17 \text{ мл/г}$$

3.3. Олинган полиамфолитнинг Ni (II), Cu (II), Co (II) ва Cr (III) ионлари билан статик шароитда сорбцияси

Бизга маълумки ионитлар технологик сувли эритмалардан металл ионларини ажратиб олишда, эритмаларни концентрлаш ва техник сувларни тайёрлашда қўлланилади. Ҳозирги кунда бутун дунёда кимё саноатининг барча тармоқлари жадал суръатларда ривожланиб бормоқда. Шу билан

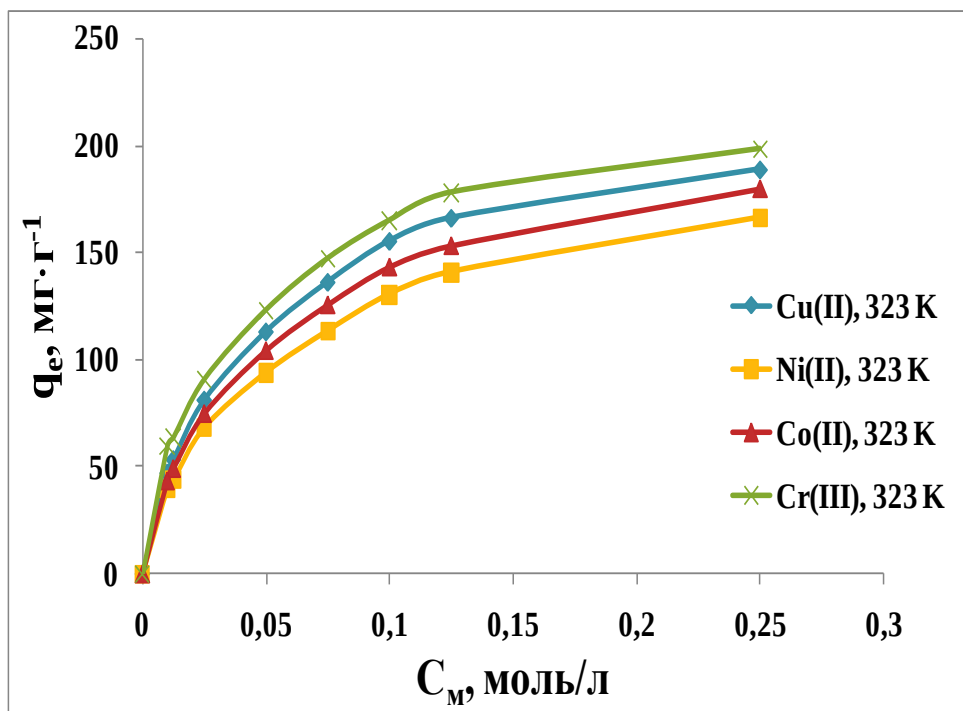
биргаликда саноатнинг металлургия соҳасида ҳам ишлаб чиқариш ҳажми йилдан йилга ортиб бормоқда. Бу эса охир оқибат оқова сувларига чиқадиган рангли, оғир ва захарли металл ионларининг миқдори ортиб кетишига олиб келмоқда. Бунинг натижасида атроф муҳит ва табиатга катта экологик хавф солинмоқда. Оқова сувлар таркибидаги тирик организмлар учун зарарли бўлган бундай металл ионларини ионитлар ёрдамида ажратиш олиш долзарб муаммо ҳисобланади ва Республикамизда бундай ионитларга бўлган талаб жуда юқори. Турли адабиётлардан маълумки оғир ва рангли метал ионларига таркибида амино ва сульфогуруҳ тутган ионитлар селектив ҳисобланади, чунки ўзида амино ва сульфогуруҳларини сақловчи ионитлар оғир ва рангли металл ионлари билан кучли комплекс ҳосил қилиб бирикиш хусусиятига эга.

Уларга таққослаш учун Ni (II), Cu (II), Co (II) ва Cr (III) металл ионларининг олинган полиамфолитга сорбция қиймати муҳитнинг pH қийматига боғлиқлиги ўрганилди. Айти 3.3.1 – расмдаги қийматлардан кўринадики Ni(II), Cu(II), Co(II) ва Cr(III) ионларининг полиамфолитга юқори даражада ютилиши $pH = 4.8$, $pH = 6.28$, $pH = 4.5$ ва $pH = 5$ бўлган қийматларда кузатилган. Бундай оралиқ металл ионларини турли pH муҳитда ютилиш қийматларини ўзгариши оралиқ металл ионларининг табиатига боғлиқ бўлади. Кейинги тадқиқотлар айти топилган муқобил pH қийматларда олиб борилди.



3.3.1 - расм. Олинган полиамфолитнинг суъый эритмалардан Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларини статик шароитда сорбциясининг pH қийматига боғлиқлиги ($C_m = 0,05$ моль/л)

Металл ионларининг ПВХни олтингутурт билан модификациялаб олинган сульфокатионитни полиэтиленполиамин иштирокида аминлаш натижасида олинган таркибида амина ва сульфогурухлари тутган полиамфолит (Na ҳолатда) иштирокида суъый эритмалардан Ni(II) , Cu(II) , Co (II) ва Cr (III) ионларини статик шароитда сорбцияси ўрганилди [110]. Ютилиш жараёнида металл ионларининг эритмадаги концентратсияси ўзгаришини *Микропланишетли ридер энспире Перкин эмлер (АҚШ)* спектрофотометрда аниқланди. Полиамфолитга бириккан металл ионларини регенерация қилинди. Олинган полиамфолитнинг NaOH бўйича САС қиймати 3,5 мг-экв/г ва HCl бўйича САС қиймати 4,5 мг-экв/гга тенг. Айни полиамфолитга турли ҳароратларда статик шароитда Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ютилиши ўрганилди.

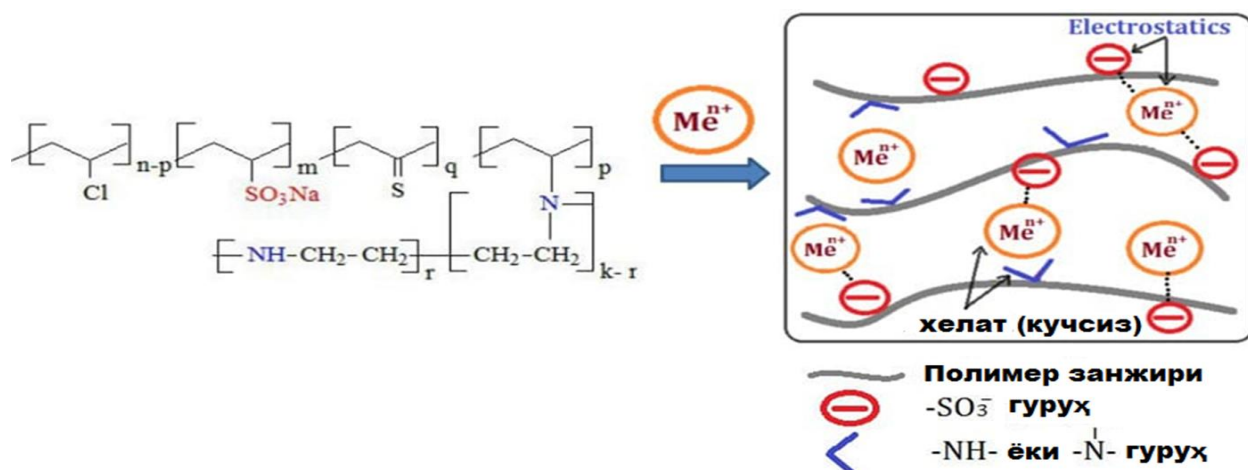


3.3.2 - расм. Олинган полиамфолитнинг сунъий эритмалардан Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларини статик шароитда сорбция изотермаси ($C_m = 0,05$ моль/л)

Юқоридаги 3.3.2 - расмдан кўринадикки поливинилхлорид билан олтингугуртни модификатсиялаб олинган сульфокатионитни ПЭПА иштирокида аминлаш асосида олинган таркибида ҳам сульфогуруҳ ҳам амингуруҳ тутган полиамфолитнинг Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларини сорбциялаш эгри чизиқлари келтирилган.

Биз объект сифатида олган сульфокатинит ва у асосида олинган полиамфолитларнинг Cu (II) ионлари бўйича сорбцион хоссаларини солиштирадиган бўлсак, дастлабги сульфокатионит 1 гр миқдори ўзига 35 мг Cu (II) ионларини сорбциялаган бўлса, полиамфолитнинг 1 грами ўзига 180 мг Cu (II) ионларини сорбциялаганини кўришимиз мумкин, бу эса сульфокатионитни ПЭПА иштирокида модификациялаб амин гуруҳлар киритилиши рангли металл ионларига бўлган сорбцион хоссаларини бир неча баробарга ошириб юбориши яққол кўринади. Буни сульфо гуруҳларига

нисбатан амина гурухларнинг рангли металл ионларига нисбатан юкори селективликга эга эканидан далолат беради.



Металл ионларини тутган эритмаларда металл ионларининг селективлиги куйидаги тартибда $\text{Ni}^{2+} < \text{Co}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Cr}^{3+}$ ортиб боради. Бундан ташқари оралик металл ионлари ионит билан кординатцион боғ ҳосил қилиш кучи ҳам муҳим аҳамиятга эга. Шундай қилиб Cu^{2+} ва Cr^{3+} ионлари Ni^{2+} ва Co^{2+} ионларига нисбатан ионитга кўпроқ ютилади. Бу эса ўз навбатида олинган полиамфолитни технологик эритмалардан қимматбаҳо металлларни ажратиш, эритмаларни концентрлашда қўллаш имконини беради.

3.4. Эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитга сорбция кинетикаси

Адсорбент ва адсорбтивнинг ўзаро таъсири хусусиятига қараб сорбция физикавий ва кимёвий сорбцияларга ажратилади. Физикавий адсорбцияда молекулалар кучсиз боғлар билан боғланган бўлиб, қайтар жараёндир. Сорбциянинг бу турида энергия камроқ талаб қилинади (20 кж/моль гача).

Кимёвий адсорбцияда (хемасорбция) кимёвий ўзаро таъсир кучларига боғлиқ бўлиб, амалда қайтмас жараёндир. Кимёвий адсорбция табиатидан қатъий назар деярли эндотермик жараён ҳисобланади (100 кж/моль гача) [111, 2222-2228 б; 112, 230-237 б.]. ПВХ асосида олинган сульфокатионитни

ПЭПА иштирокида аминлаш натижасида олинган полиамфолитнинг қўллаш соҳаларини аниқлаш учун сорбцион хусусиятлари ўрганилди.

Эритмалардан металл ионларининг сорбцияси

ПВХ асосида олинган полиамфолитга сунъий эритмалардан Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг сорбцияси ўрганилди. Бунинг учун $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ва $\text{CrCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ кристаллигидратларидан фойдаланиб Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг 0,25; 0,125; 0,1; 0,075; 0,05; 0,025; 0,0125; 0,01 моль·л⁻¹ концентрацияли эритмалар тайёрланди ва тайёрланган сунъий эритмалардан металл ионларининг сорбция давомийлиги 1, 2, 4, 6, 8, 10 соатларда ҳамда сорбция изотермалари 303, 313 ва 323К хароратларда ўрганилди. Бунинг учун HCl бўйича статик алмашилиш сифими 4,5мг-экв г⁻¹, NaOH бўйича 3,5 мг-экв г⁻¹ бўлган куруқ сорбент 0,3 г дан аналитик тарозида ўлчаб олиниб, хажми 250 мл бўлган конуссимон колбаларга солинди ва 100 мл дан туз эритмалари қуйилди. Сорбциядан олдинги ва кейинги эритмалардаги металл ионларининг концентрация ўзгариши *Спектрофотометр (Mikroplanshet rider Perkin Elmer)* (АҚШ) ёрдамида аниқланди (Cu^{2+} учун 760 нм, Ni^{2+} учун 720 нм, Co^{2+} учун 514 нм, Cr^{3+} учун 407 нм тўлқин узунликда) [96; 97; 113, 469 – 477 б.].

Сорбентга ютилган металл иони миқдори қуйидаги тенглама орқали ҳисоблаб чиқилган.

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

Бунда: q_e —ионитга ютилган металл иони миқдори моль/г, C_0 – металл ионларининг дастлабки концентрация моль/л, C_p – металл ионларининг мувозанат концентрацияси моль/л; V – эритма хажми л; m – куруқ сорбент массаси(г) [114].

Адсорбция кинетикасини ўрганиш

Маълумки сорбция жараёнининг механизмини (кимёвий реакция тезлиги, диффузияни бошқариш ва ва масса узатилишини) аниқлашда кинетик моделлардан фойдаланилади [115]. Сўнгги йилларда турли хил кинетик моделлар псевдо биринчи тартибли, псевдо иккинчи тартибли ва бошқа бир қанча усуллардан фойдаланилмоқда. Бунинг учун натрий гидроксид бўйича САС қиймати 3,5 мг-экв/г ва хлорид кислота бўйича САС қиймати 4,5 мг-экв/г гранулалар ўлчами 0,315-1,875 мм дан кам бўлмаган пластикат ПВХ асосида олинган таркибида амина ва сульфогрухлари тутган полиамфолит ишлатилди.

Ушбу ишда қуйидаги кинетик моделлардан фойдаланилди

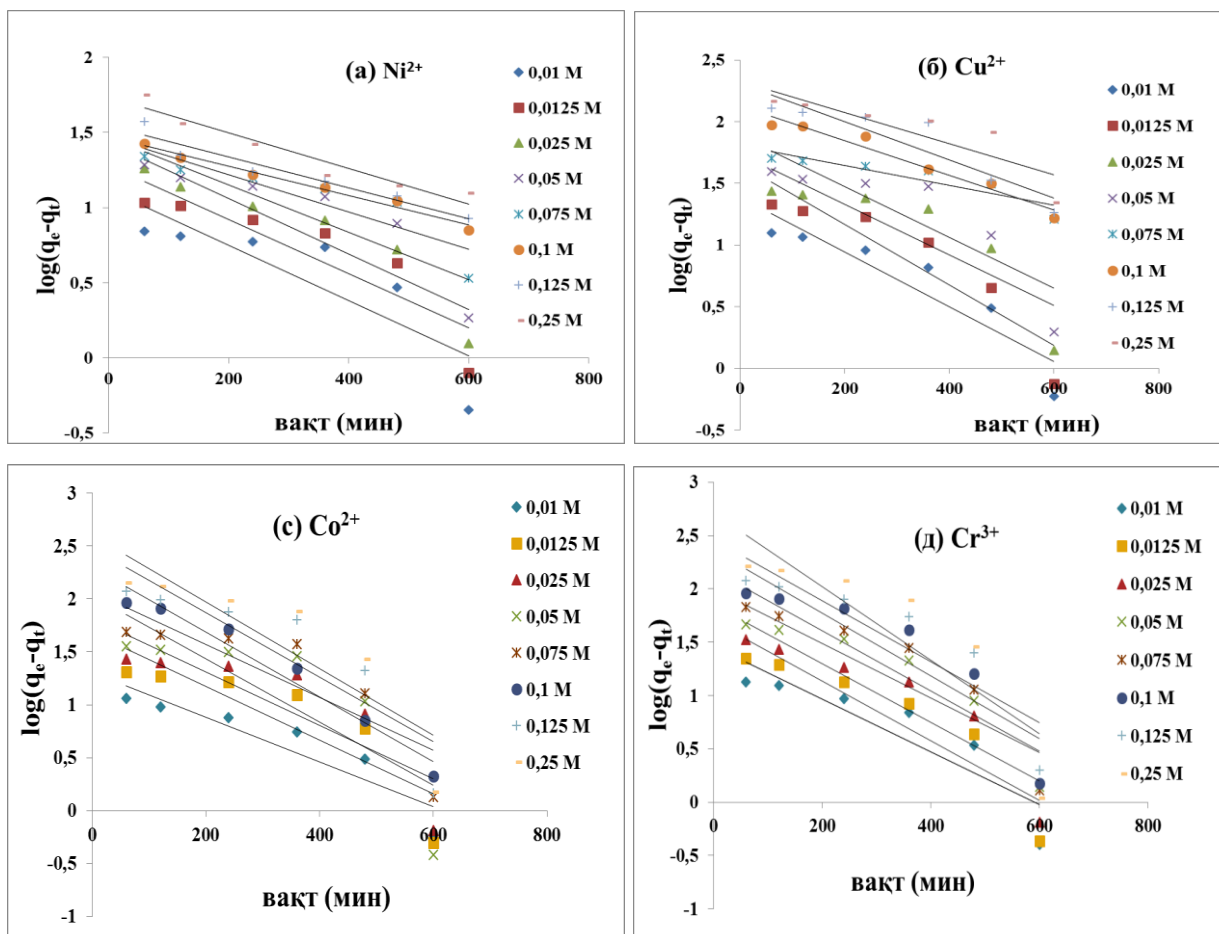
Псевдо-биринчи тартибли кинетик модель.

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.

Тажрибада ҳисобланган Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси 3.4.1 - расмда, $\log(q_e - q_t)$ ва t вақтга нисбатан тузилган графикдан псевдо биринчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.



3.4.1 - расм. ПВХ асосидаги полиамфолитга Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионлари сорбциясининг псевдо-биринчи тартибли кинетик модели.

Шунингдек Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга 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 [116, 451–465 б.].

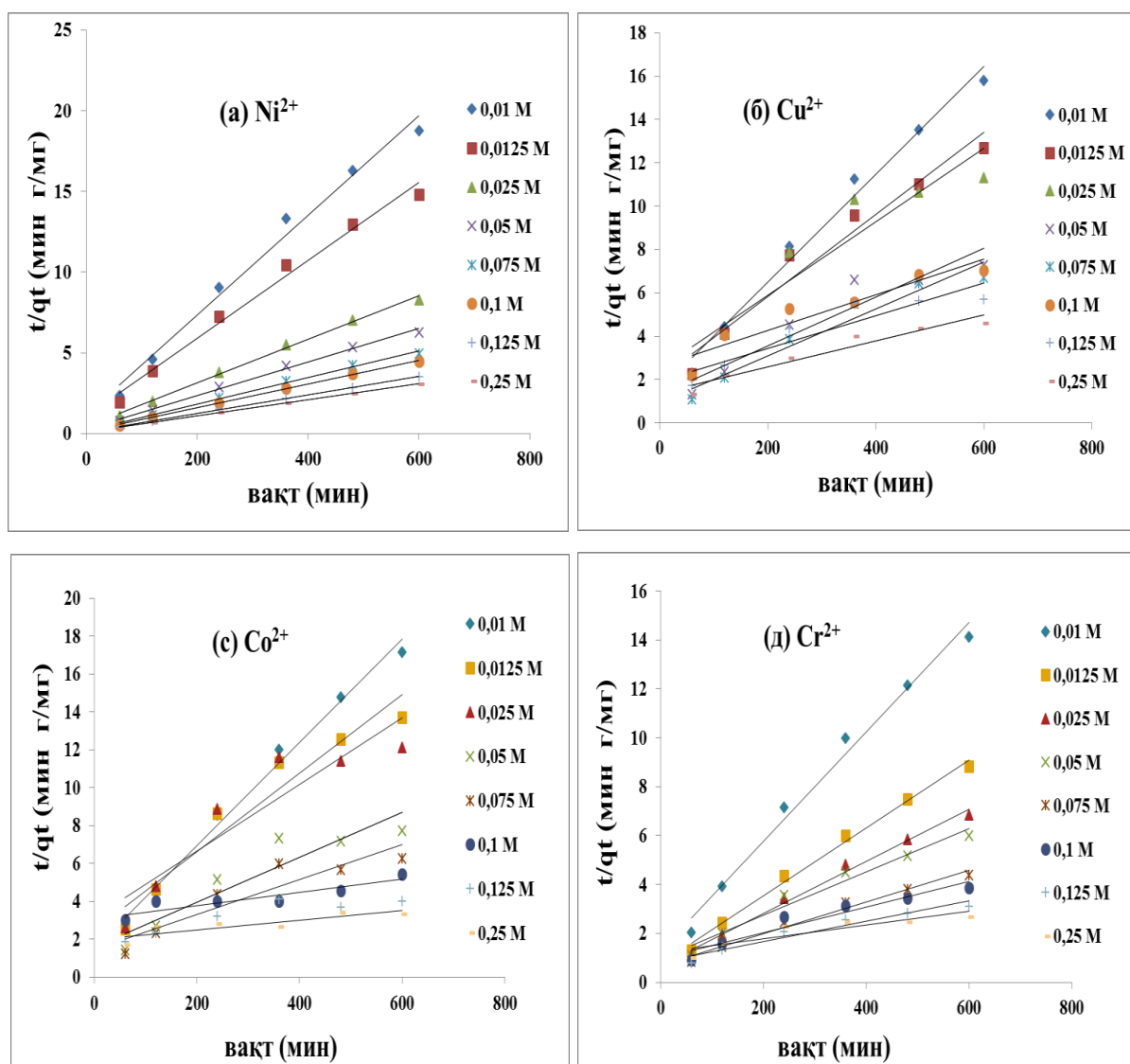
$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e}\right)t$$

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).

Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга сорбцияланиш жараёни кинетикуси 3.4.2 - расмда t/q_e ва t вақтга нисбатан тузилган графикдан псевдо иккинчи тартибли кинетик параметрларини топиш орқали баҳоланди.



3.4.2 - Расм. ПВХ асосидаги полиамфолитга Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионлари сорбциясининг псевдо-иккинчи тартибли кинетик модели.

ПВХ асосидаги полиамфолитга Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг сорбцияланиш жараёни кинетикаси юқорида келтирилган 3.4.1 ва 3.4.2 - расмлардан фойдаланиб топилган тезлик константалари (k_1 ва k_2) ва корреляция коеффициентлари (R^2) 3.4.1 - жадвалда келтирилган.

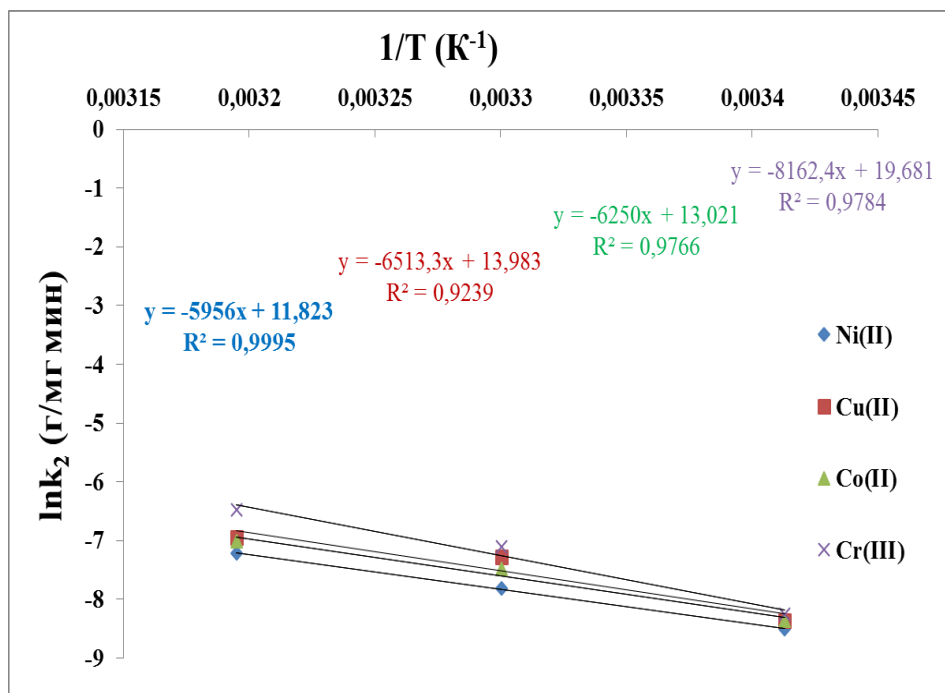
Сорбция жараёнида фаолланиш энергияси

Эритмалардаги адсорбция константаси қийматининг ҳарорат таъсирида ўзгаришини Аррениус қўйидаги тенглама орқали ифодалади [94, 3395-3401б; 117, 254-263 б.].

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

Бу ерда: A_0 экспонентал фактор, E_a - фаолланиш энергияси ва k_2 (г/мг мин) турли ҳароратлардаги псевдо-иккинчи тартибли кинетик константа. E_a фаолланиш энергиясини топиш учун $\ln k_2$ ва $1/T$ боғлиқлик графиги тузилади.

Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга адсорбцияланиши 303-323К оралиқда ҳароратга мос равишда ортиб борган. Сорбция жараёнида фаолланиш энергиясини топиш учун $\ln k_2$ ва $1/T$ боғлиқлик графиги тузилди (3.4.3 - расм).



3.4.3 - расм. Адсорбция фаолланиш энергиясини ҳисоблаш учун $\ln K_2$ ва $1/T$ боғлиқлик графиги.

Келтирилган 3.4.3 - расмда Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларинг ПВХ асосидаги полиамфолитга ҳисоблаб топилган сорбция фаолланиш энергияси қийматлари 3.4.1 - жадвалда келтирилган.

Қуйида келтирилдган 3.4.1 - жадвалдаги маълумотлар Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитга сорбцияланиш жараёни кинетикаси биринчи тартибли моделга нисбатан иккинчи тартибли модел маълумотлари яхлитликка яқинлигини кўриш мумкин. Биринчи тартибли модел параметрлар натижалари полиамфолитга дастлабки вақтларда Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} 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 (3.4.2 - расмларда) корреляция коэффиценти биринчи тартибли адсорбция корреляция коэффиценти (R^2) нисбатан бирга яқин чиққан ва жадвалдаги кинетик параметрлар қийматлари Cu^{2+} ,

Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларинг ПВХ асосида олинган полиамфолитга ютилиши иккинчи тартибли адсорбция кинетикасига бўйсунганлигидан далолат беради. Бу эса сорбция жараёнига ионлар табиати билан бирга ионит таркибидаги ҳам амина ҳам сульфогуруҳлар таъсир кўрсатганлигини билдиради.

3.4.1 - жадвал.

ПВХ асосидаги полиамфолитга Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионлари сорбциясининг кинетик кўрсаткичлари ва фаолланиш энергияси.

Сорбент	Металлар	Дастлабки конс. (моль/л)	Псевдо-биринчи тартибли			Псевдо-иккинчи тартибли			
			Мувозанат адсорбция миқдори q _e (мг г ⁻¹)	k ₁ (мин ⁻¹)	R ²	Мувозанат адсорбция миқдори q _e (мг г ⁻¹)	k ₂ (г мг ⁻¹ мин ⁻¹)	R ²	E _a кж/ моль
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Ni ²⁺	0,010	32,45	0,00253	0,705	33,33	0,000786	0,986	49,52
		0,0125	41,31	0,00241	0,777	41,67	0,000537	0,987	
		0,025	47,21	0,00233	0,868	76,92	0,000393	0,996	
		0,050	73,75	0,00233	0,791	100,0	0,000357	0,994	
		0,075	88,51	0,00233	0,811	125,0	0,000367	0,996	
		0,100	97,35	0,00233	0,981	142,9	0,000385	0,999	
		0,125	144,5	0,00193	0,932	178,6	0,002840	0,999	
		0,250	159,3	0,00163	0,929	200,0	0,000221	0,999	
		Ўртача k ₁ ва k ₂		0,00222		0,0000736			
	Co ²⁺	0,010	35,60	0,0046	0,844	37,04	0,000497	0,989	51,96
		0,012	44,30	0,0046	0,737	50,00	0,000163	0,937	
		0,025	50,20	0,0069	0,714	58,82	0,000092	0,848	
		0,050	77,90	0,0069	0,656	90,91	0,000076	0,871	

		0,075	97,40	0,0069	0,731	111,1	0,000055	0,852	
		0,100	112,1	0,0092	0,958	172,4	0,000002	0,826	
		0,125	150,5	0,0069	0,775	208,3	0,000008	0,796	
		0,250	177,1	0,0069	0,741	222,2	0,000002	0,731	
		Ўртача k ₁ ва k ₂			0,00662		0,0001974		
	Cu ²⁺	0,010	38,59	0,0046	0,843	41,67	0,000377	0,985	54,15
		0,012 5	48,00	0,0046	0,838	55,56	0,000158	0,96	
		0,025	54,41	0,0023	0,744	58,82	0,000115	0,884	
		0,050	84,48	0,0023	0,745	90,91	0,000093	0,903	
		0,075	105,6	0,0046	0,822	117,7	0,000029	0,946	
		0,100	121,6	0,0023	0,957	175,4	0,000022	0,888	
		0,125	163,2	0,0023	0,843	212,7	0,000011	0,849	
		0,250	192,0	0,0023	0,749	263,2	0,000007	0,934	
		Ўртача k ₁ ва k ₂			0,01354		0,000010		
	Cr ³⁺	0,010	42,90	0,0046	0,802	45,45	0,000374	0,987	67,86
		0,012 5	68,80	0,0046	0,837	76,92	0,000219	0,993	
		0,025	88,40	0,0046	0,831	100,0	0,000145	0,990	
		0,050	101,4	0,0046	0,849	125,0	0,000066	0,967	
		0,075	137,8	0,0046	0,843	166,7	0,000051	0,979	
		0,100	156,1	0,0046	0,816	200,0	0,000025	0,929	
		0,125	195,1	0,0046	0,795	250,0	0,000019	0,937	
0,250		223,6	0,0069	0,757	285,7	0,000003	0,815		
Ўртача k ₁ ва k ₂			0,01267		0,000113				

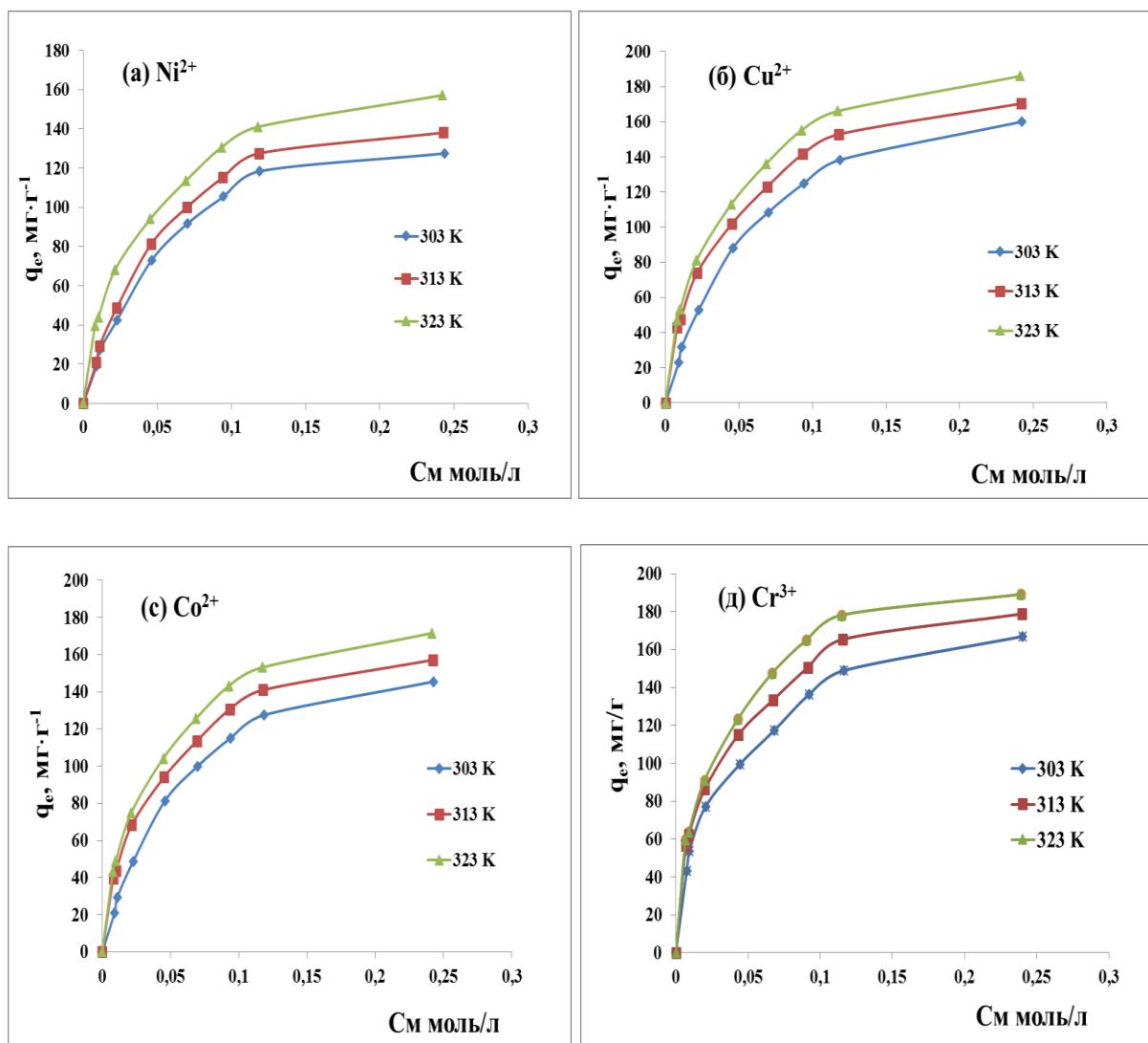
Мазкур олиб борилган кинетик тадқиқотларда пластикат ПВХ асосида таркибида аминок ва сульфогурхлар сақловчи янги полиамфолитга никель (II), ми (II), кобальт (II) ва хром (III) ионлари сақлаган сунъий эритмаларда

сорбцияси турли бошланғич концентрация ва ҳароратларда ўрганиш ушбу жараён кинетик параметрлар қийматлари Ni^{2+} ($R^2=0,705-0,986$), Co^{2+} ($R^2=0,844-0,989$), Cu^{2+} ($R^2=0,843-0,985$) ва Cr^{3+} ($R^2=0,802-0,987$) ионларинг полиамфолитга ютилиши иккинчи тартибли адсорбция кинетикасига қонуниятлари асосида боришини кўрсатади. Бу эса Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларинг ПВХ асосида олинган полиамфолитга сорбцияланишида металл ионлари билан бир қаторда сорбент таркибидаги амина ва сульфогрухлар ҳам таъсир кўрсатганлигидан далолат беради. Сорбция жараёнида металл ионларининг фаолланиш энергияси никель иони учун 49,52 кж/моль, кобальт иони учун 51,96 кж/моль, мис иони учун 54,15 кж/моль ва хром иони учун 67,86 кж/моль, бу қийматлар асосида жараён сорбцияси қуйидаги кетма - кетлик $\text{Ni}^{2+} < \text{Co}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Cr}^{3+}$ асосида фаолланиш энергияси ортиб бориши аниқланди. Металл ионларининг сорбцияси металл катионлари ва ионит юзасидаги $-\text{SO}_3^-$ грухлари орасидаги электростатик таъсир асосида ҳамда ионит таркибидаги $>\text{NH}$ грухлари орасидаги координацион боғланиш асосида боради. Металл ионларини сақлаган эритмаларда металл ионларининг гидратланган ионлари қуйидаги тартибда $\text{Ni}^{2+} < \text{Co}^{2+} < \text{Cu}^{2+} < \text{Cr}^{3+}$ ортиб боради. Бундан ташқари оралиқ металл ионлари ионит билан координацион боғ ҳосил қилиш кучи ҳам муҳим аҳамиятга эга. Шундай қилиб Cu^{2+} ва Cr^{3+} ионлари Ni^{2+} ва Co^{2+} ионларига нисбатан ионитга кўпроқ ютилиши аниқланди.

3.5. Эритмалардан Cu (II), Ni (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитга сорбция изотермаси ва термодинамик параметрларнинг ўзгариши

ПВХ асосида олинган сульфокатионитни полиэтиленполиамин иштирокида аминлаш натижасида олинган полиамфолитнинг эритмаларда Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг сорбциясининг мувозанат ҳолатлари ўрганилди. Олинган полиамфолитнинг адсорбциялаши мумкин бўлган Cu^{2+} ,

Ni^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг миқдори турли ҳароратларда (303K, 313K ва 323K) олиб борилди. Олинган натижалар асосида сорбция жараёнининг изотермаси тузилди.



3.5.1-Расм. ПВХ асосидаги полиамфолитга Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионларини ютилиш изотермаси.

Юқоридаги 3.5.1 - расмда полиамфолитга ютилган ион миқдорининг эритма мувозанат концентрациясига боғлиқлик графиги келтирилган. Бундан кўринадики, ҳарорат ортиши билан ионитга ютилган Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионларининг миқдори ошиб борган. Чунки ҳарорат ортиши билан полиамфолит 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.

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

Бунда: q_e – маълум массали сорбентга ютилган метал миқдори (мг/г), C_p - 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.

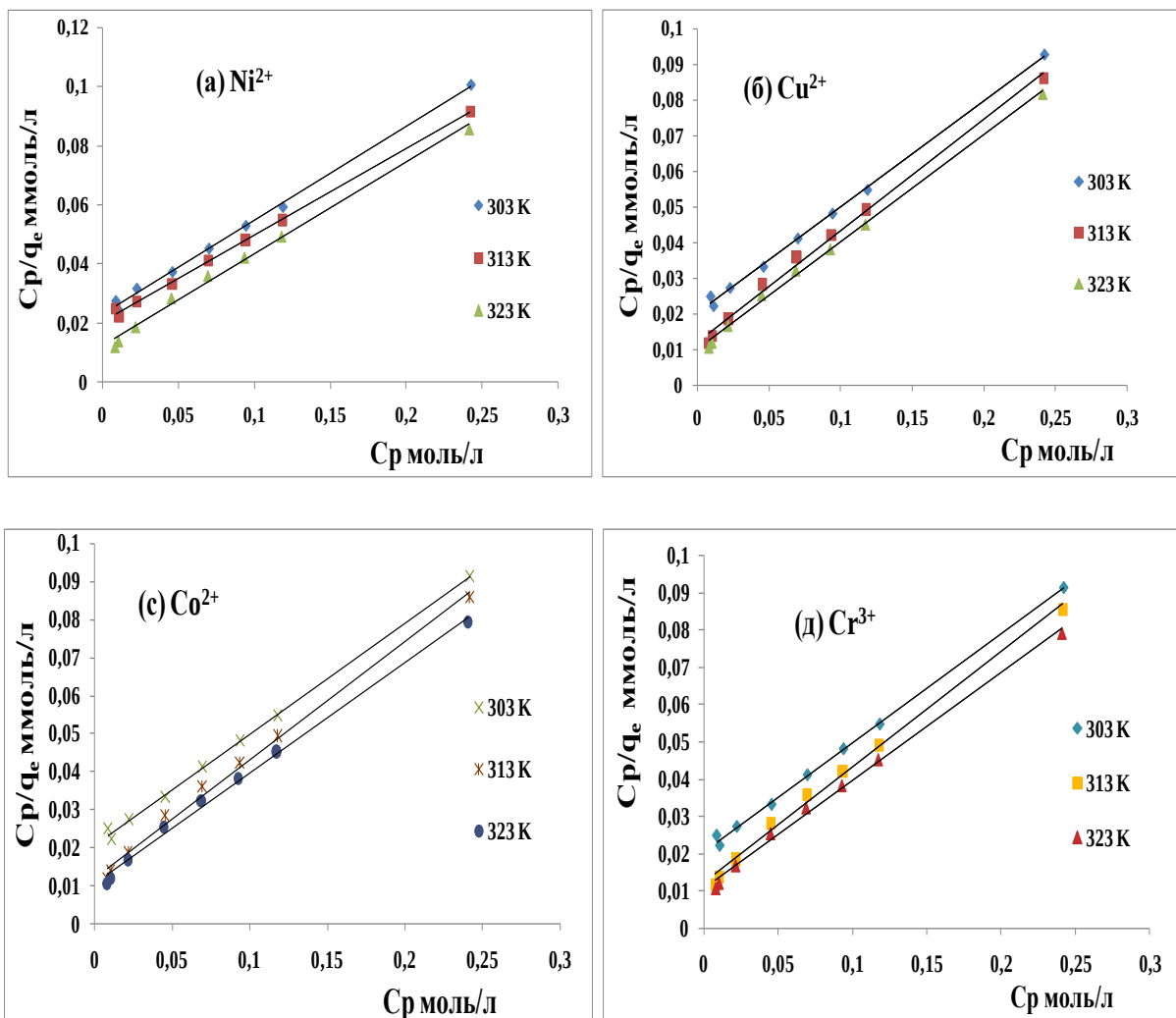
$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_0}$$

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 чизиқли кўринишидан фойдаланилади.

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

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



3.5.2 - Расм. Ленгмюр изотермаси. Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионлари учун

Юқорида келтирилган 3.5.2 - расмлардан ПВХ асосидаги полиамфолитга 303К дан 323К ҳароратларда эритмалардан Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионларининг сорбция жараёнлари учун Ленгмюр константалари ҳисобланди. Экстраполяция чизиғининг ордината ўқидан кесишишган қисми қуйидагига тенг:

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

Тўғри чизиқнинг тангенс бурчак қиймати қуйидагига тенг:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{q_{\max}}$$

ёки

$$\operatorname{ctg} \alpha = q_{\max}$$

Ҳароратларга мос равишда ҳисобланган натижалар 3.4.1 - жадвалда келтирилган.

Фрейндлих изотерма модели

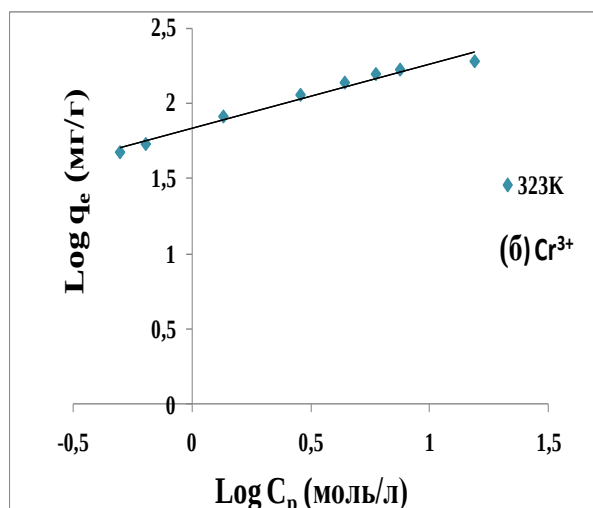
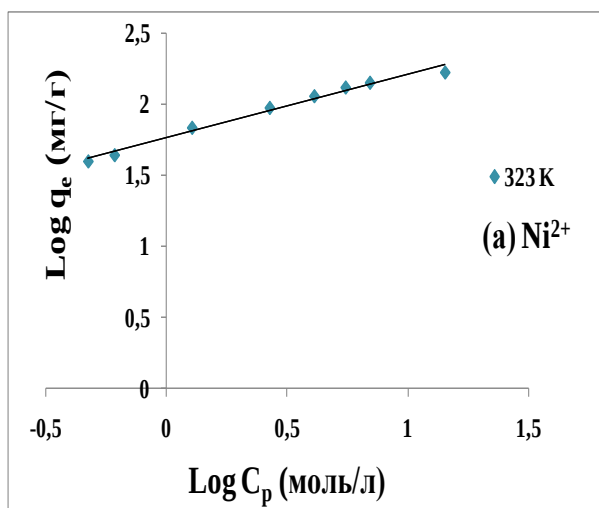
Қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

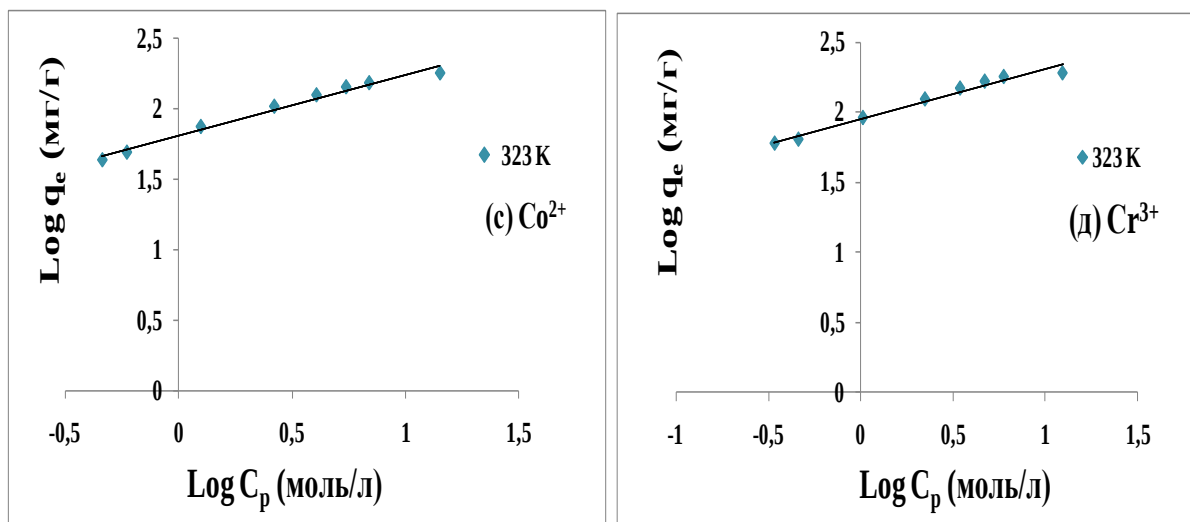
$$q_e = K_F C_p^{1/n}$$

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

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

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





3.5.3 - расм. Френдлих изотермаси Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионлари учун

Юқорида келтирилган 3.5.3 - расмдан таркибида амина ва сульфогруҳлари тутган полиамфолитга 303К дан 323К ҳароратларда эритмалардан Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (с) ва Cr^{3+} (д) ионларини сорбция жараёнилари учун Френдлих константалари ҳисобланди. Ҳисоблаб топилган натижалар 3.5.1 - жадвалда келтирилган.

3.5.1-жадвал

ПВХ асосидаги полиамфолитга Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионлари сорбциясида Ленгмюр ва Фрейндлих константа қийматлари

Ионлар	Ленгмюр константалари				Фрейндлих константалари		
	q_{max} (ммоль/г)	K_L	R_L	R^2	N	K_F	R^2
Ni (II)	3,2	0,00044	0,931	0,994	2,26	57,94	0,984
Co (II)	3,3	0,00041	0,931	0,996	2,29	64,65,	0,982
Cu (II)	3,4	0,00047	0,926	0,997	2,33	67,76	0,977
Cr (III)	3,9	0,00099	0,841	0,996	2,81	89,16	0,974

Келтирилган 3.5.1 - жадвалда сорбция изотермасининг Ленгмюр ва Френдлий тенгламалари бўйича барча ҳисобланган натижалари келтирилган. Френдлий параметрлари қийматларига кўра мос равишда Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионлари $n=2,26$; $2,29$; $2,33$ ва $2,81$ га тенг бу эса таркибида амина ва сульфогурухлари тутган полиамфолитга метал ионларининг сорбцияси юқори даражада борганлигидан далолат беради. Коррелацион коэффициентлари R^2 қийматлари Ni^{2+} учун $0,994$; Cu^{2+} учун $0,997$; Co^{2+} учун $0,994$ ва Cr^{3+} учун $0,996$ га тенг ва концентрация ўзгариши адсорбция жараёни Ленгмюр мономолекуляр адсорбция назариясига бўйсунганини (R_L -кулай бўлиши) кўрсатди.

Адсорбция термодинамикаси

Юқоридаги маълумотлардан кўришимиз мумкинки ҳарорат 303K дан 323K гача ошиб бориши билан эритмалардан Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг полиамфолитга сорбцияланиши ортган. Сорбциянинг дастлабки ҳолатдан мувозанат ҳолатга келишида сорбент юзасидаги ва эритма таркибидаги ион алмашилиш жараёнлари натижасида системанинг эркин энергияси ўзгаради.

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

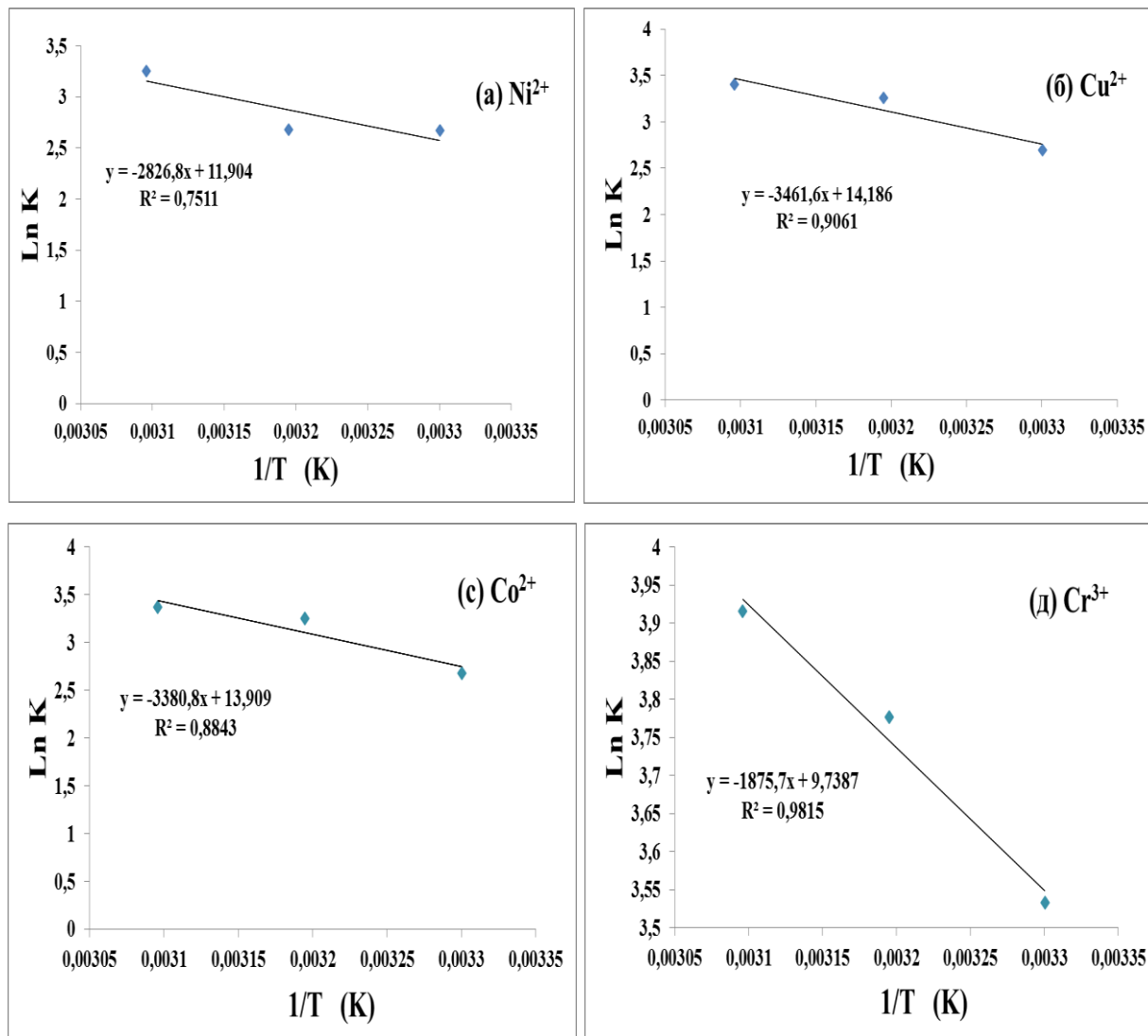
ΔG^0 нинг қиймати икки асосий термодинамик параметрларга боғлиқ, улар сорбент юзаси билан эритма таркибидаги ионларнинг таъсирланиш энергияси ифодаловчи – энтальпия (ΔH) ва суюқ фаза ва сорбент сиртида заррачаларнинг ҳаракати ва жойлашилиши ифодаловчи – энтропия (ΔS). Ушбу термодинамик параметрлар $\Delta G, \Delta H, \Delta S$ нинг қиймати қуйидагича ифодалаш мумкин [118, 180-205 б.].

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

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

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

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



3.5.4 - Расм. $\ln K$ нинг $1/T$ га боғлиқлиги Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (в) ва Cr^{3+} (д) ионлари

ПВХ асосида олинган полиамфолитга 303К дан 323К ҳароратлар оралиқларида эритмалардан Ni^{2+} (а), Cu^{2+} (б), Co^{2+} (в) ва Cr^{3+} (д) ионларининг сорбция жараёнларида термодинамик параметрларнинг ўзгариши 3.5.2-жадвалда келтирилган.

3.5.2-жадвал.

**Полиамфолитга Ni (II), Cu (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг
сорбция мувозанат константаси ва термодинамик функцияларнинг
ўзгариши**

Эритмадаги Металл ионлари	T, K	q _e , мг/г	K, л/моль	-ΔG, ж/моль	ΔH, ж/моль	ΔS, ж/моль·K
Ni (II)	303	142,3	14,4	6482,4	23495,4	98,94
	313	156,1	14,6	7471,8		
	323	166,6	25,8	8461,2		
Co (II)	303	156,3	14,6	6914,8	28101,3	115,6
	313	166,4	25,8	8070,4		
	323	179,8	29,0	9226,5		
Cu (II)	303	167,5	14,8	6946,7	28774,7	117,9
	313	179,4	26,0	8125,6		
	323	188,7	30,0	9304,5		
Cr (III)	303	170,4	34,2	8942,7	15588,7	80,96
	313	181,6	43,6	9752,3		
	323	189,1	50,2	10562,0		

Келтирилган 3.5.2 - жадвалвалдан кўринадикки, Ленгмюр мувозанат константаси асосида ҳисоблаб топилган $q_{\max}$ қиймати 293, 303 ва 313K ҳароратларда ошиб борган. Айни жадвалда келтирилган ΔH мусбат қийматга эга ва адсорбция жараёни эндотермиклиги аниқланди. Шунингдек система энтропиясининг ортиши сорбент юзасидаги Na^+ ионлар билан эритма таркибидаги Ni (II), Cu (II), Co (II) ва Cr (III) ионлари ўртасида ионалмашиниш реакцияси борганлигидан далолат беради. Эркин

энергиянинг камайиши Ni (II), Cu (II), Co (II) ва Cr (III) ионларининг полиамфолитга сорбцияси ўз-ўзича борганлигини кўрсатади.

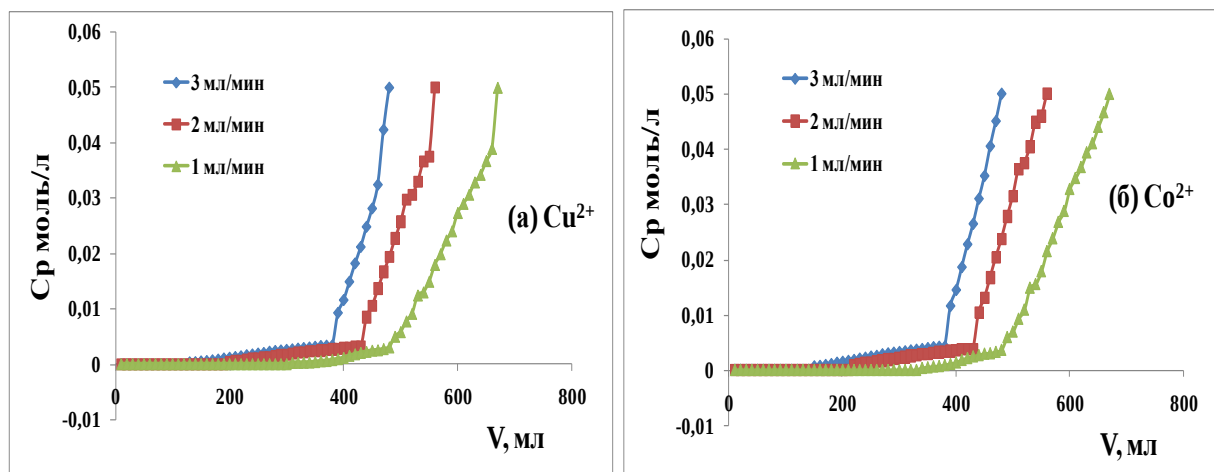
Ўтказилган тадқиқотлар ва олинган натижалар асосида илк бор поливинилхлорид асосида синтез қилинган сульфокатионитга полиэтиленполиамин иштирокида аминлаш натижасида олинган полиамфолит технологик сувларни тозалашда Ni (II), Cu (II), Co (II) ва Cr (III) ионларини ажратиб олиш учун тавсия этиш мумкин.

3.6. ОҚОВА СУВДАГИ Cu(II) ВА Co(II) ИОНЛАРИНИНГ ПОЛИАМФОЛИТГА ДИНАМИК СОРБЦИЯ ВА ДЕСОРБЦИЯСИ

Маълумки дунё миқёсида аҳоли сонининг ортиши билан кўплаб саноат корхоналарига талаб ҳам ортиб бормоқда. Саноат корхоналарининг кўпайиши атроф муҳитни захарли металллар билан ифлосланишига замин яратмоқда. Айниқса, гидрометаллургия саноати, буёқ маҳсулотларини ишлаб чиқариш, ҳарбий ҳаракатлар, қишлоқ хўжалиги чиқиндилари натижасида As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V ва Zn каби элементлар атроқ муҳитга кўплаб ҳосил бўлмоқда. Атроф-муҳитга чиқариладиган бу турдаги металлларни кўп қисмини қайта ажратиб олиш иқтисодий самарадорликка катта ҳисса қўшиши мумкин [119]. Кўпгина саноат тармоқларидан чиқадиган оқова сувлар таркибида турли хил оғир металлларнинг кўпчилигини учратиш мумкин. Айниқса Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} каби ионларнинг бундай сувлардаги концентрацияларининг оширилиши атроф муҳитга зарарли таъсир кўрсатмоқда [120]. Кўплаб саноат корхоналаридаги оқова сувларда оғир металл ионлари миқдорини назорат қилиш экологиянинг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади. Ифлосланган оқова сувлар таркиби анализ қилинади сўнг мос равишда турли хил моддалар ва ионлардан тозаланади. Атроф-муҳитни муҳофазаси учун оғир металл ионларининг оқова сувдаги рўхсат этилган энг кам миқдоригача тозалаш учун қўланиладиган усуллар мавжуд.

Динамик алмашинув сифимини ва десорбцияни ўрганиш учун поливинилхлорид асосида олингансульфокатионитга ПЭПА модификацияси натижасида олинган полиамфолитнинг HCl бўйича статик алмашиниш сифими $4,5 \text{ мг-экв г}^{-1}$, NaOH бўйича $3,5 \text{ мг-экв г}^{-1}$ бўлган грануласимон полиамфолит активланган ҳолатда калоннага жойлаштирилди. Турли концентрацияли Cu^{2+} ва Co^{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. Ион алмашиниш жараёнидан кейинги яни сорбциядан сўнг калоннадан чиқаётган эритма концентрацияси ўзгаришини *Микропланишетли ридер энспире Перкин эмлер (АҚШ)* спектро фотометрда аниқланди (Cu^{2+} учун $\lambda=760 \text{ нм}$, Co^{2+} учун $\lambda=514 \text{ нм}$ тўлқин узунликда).

Қуйида 3.6.1 - расмларда калоннадан чиқаётган эритмадаги металл ионларининг концентрациясининг сорбентдан ўтказилаётган эритма ҳажмига боғлиқлиги келтирилган.



3.6.1 - расм. ПВХ асосидаги полиамфолитга (а) Cu^{2+} ва (б) Co^{2+} ионлари динамик сорбция қийматининг ўтиш тезлигига боғлиқлиги. ($C_m=0,05 \text{ моль/л}$)

Ушбу келтирилган 3.6.1 - (а, б) расмлардан кўриниб турибдики, колоннадан эритмаларининг ўтиш тезлиги камайиши билан металл

ионларининг полиамфолитга сорбцияси ортиб борган. Бунга сабаб ион алмашинувчи сорбент функционал гуруҳлари билан туз эритмасидаги металл ионлари алмашилиш учун имкониятнинг кўпайишидир.

Қуйида келтирилган 3.6.1 - жадвалда келтирилган натижалардан кўринадикки динамик шароитдаги полиамфолитнинг динамик алмашинув сиғими (ДАС), умумий алмашинув сиғими (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 ғовақларидаги сульфогруруҳлар ҳамда аминогруруҳларга боғланиши юқори бўлади.

Қуйидаги 3.6.1 – жадвадаги маълумотлардан Cu^{2+} ва Co^{2+} ионларининг динамик шароитда олинган полиамфолитга сорбцияланиш юқори даражада бўлганлигини кўриш мумкин. Полиамфолитга Co^{2+} ионларига нисбатан Cu^{2+} ионларининг ДАС қиймати юқорироқ эканлигини кўришимиз мумкин. Бунга сабаб Cu^{2+} ионлари Co^{2+} ионларига қараганда полиамфолит билан кучли координацион боғлар орқали боғланганлиги бўлиши мумкин.

3.6.1 - жадвал.

Полиамфолитга Cu^{2+} ва Co^{2+} ионларининг динамик сорбция кўрсаткичлари

Ғ, мл/мин	V, мл (ўтган ҳажм)	V _{ионит} , мл (калоннадаги ионит ҳажми)	ДАС моль-экв/м ³	УДАС моль-экв/м ³	α
Co⁺⁺					
1	590	30	836	983	0,85
2	520	30	676	867	0,78
3	480	30	608	800	0,76
Cu⁺⁺					
1	720	30	972	1200	0,81
2	620	30	816	1033	0,79
3	560	30	635	933	0,68

Адабиётлар шарҳида кўрсатилгандек саноатда ишлатиладиган ион алмашинувчи материалларга қўйиладиган талаблардан бири бу уларнинг ионалмашинув жараёнида кўп марталаб фойдаланишдир. Яни сорбциядан сўнг ионитни десорбциялаб, регенерация қилганда сорбцион хоссасини қайта тиклайди. ПВХ асосидаги полиамфолитга Cu^{2+} ва Co^{2+} ионларининг сорбция ва десорбцияси 6 марта ўтказилган, тадқиқот натижалари қуйидаги 3.6.2 – жадвалда келтирилган.

3.6.2 - жадвал.

ПВХ асосидаги полиамфолитга динамик шароитда Cu^{2+} ва Co^{2+} 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
Cu^{++}						
1	1	720	30	972	1200	0,81
2	1	720	30	972	1200	0,81
3	1	720	30	972	1200	0,81
4	1	720	30	972	1200	0,81
5	1	720	30	972	1200	0,81
6	1	700	30	933	1167	0,88
Co^{++}						
1	1	590	30	836	983	0,85
2	1	590	30	836	983	0,85
3	1	590	30	836	983	0,85
4	1	590	30	836	983	0,85
5	1	590	30	836	983	0,85
6	1	560	30	765	933	0,82

Ушбу 3.6.2 - жадвалда полиамфолитга Cu^{2+} ва Co^{2+} ионларининг такрорий сорбциялаш фойдаланиш учун хлорид кислота (0,1 н ли эритмаси) билан десорбциялаш натижасида ДАС қиймати ўзгармади. Бу эса ионитнинг юқори даражада физик-кимёвий хоссаларга эга полиамфолитлигини исботлайди. Шунинг учун ушбу ионитни импорт қилиб олиб келинадиган саноатда қўлланувчи ионитлар қаторида ишлатиш учун саноат

корхоналаридан чиқадиган сувларни тозалашда қўллаш учун таклиф этиш мумкин деб ҳисоблаймиз.

3.7. Грануланган поливинилхлорид асосидаги полиамфолитнинг қўлланилиш соҳалари

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 [121, 339-346 б.]. Бунга сабаб сувнинг умумий қаттиқлиги келтириб чиқарувчи Ca^{2+} , Mg^{2+} ҳамда Fe^{2+} , Mn^{2+} каби ионларнинг умумий концентрацияси 500 мг/лдан юқори бўлган сув истеъмол учун қабул қилинмайди, 200 мг/лдан юқори бўлган сувни сув ресурслари танқис бўлган минтақаларда қабул қилиши мумкин. Бундай оғир металл ионларига бой бўлган сувларни ҳозирги кунда ионалмашинувчи материаллар ёрдамида самарали тозаланиб келинмоқда. Селиктивлиги юқори бўлган синтетик ионалмашинувчи 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 қаттиқлигини камайтиришда ва оғир металл ионларидан тозалашда ионитлар ёрдамида ҳал қилинади. ПВХ асосида олинган ионитни саноат корхоналари учун ишлатиладиган оқар сувларни тузсизлантириш мақсадида тадқиқот ишлари олиб борилди [122].

Таркибида Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионлари тутган оқар сувлардан металл ионларининг полиамфолитга сорбцияси динимик шароитда ўрганилди. Бунинг учун оқар сув наъмунаси дастлаб қоғоз филтрларида

(FILTRAK MADE INGDR 90 маркали) филтрланди. Активлантирилган полиамфолитнинг NaOH бўйича САС қиймати 3,5 мг-экв/г ва HCl бўйича САС қиймати 4,5 мг-экв/гга тен бўлган намунасидан колоннага жайлаштирилди. Оқар сув намунаси тескари, яни колоннага пастдан тепага йуналишда 0,5 мл/мин тезликда жўнатилди. Ютилиш жараёнида металл ионларининг эритмадаги концентратсияси ўзгаришини *Микропланшетли ридер энспире Перкин эмлер (АҚШ)* спектро фотометрда аниқланди. Оқова сувдаги металлларнинг умумий алмашинув сифими 650 ммоль-экв/м³ тенглиги аниқланди.

Оқова сувлар таркибидан оралиқ металл ионларини поливинилхлорид асосидаги полиамфолитга сорбциясини ўрганиш

Таркибида амина ва сульфогрухлари тутган полиамфолитни оқова сув таркибидан турли ионларни ажратиб олиш учун «Муборак газни қайта ишлаш заводи» АЖ нинг «Техник назорат бўлими» (ТНБ) қошидаги кимёвий таҳлил бўлимида оқова сувларидан металл ионларини олиши аниқланган. Оқова сув таркибида [123, 93-108 б.] металл ионлари ионитга сорбцияланганлигини спектрометрик усул ёрдамида *Микропланшетли ридер энспире Перкин эмлер (АҚШ)* спектро фотометрда аниқланди. Оқова сувларни тозаланиши керак бўлган асосий катионлар 3.7.1 - жадвалда келтирилган бўлиб, асосан ушбу ионларни оқова сувлар таркибидаги миқдорини камайтириш талаб қилинди.

3.7.1 - жадвал

ПВХ асосидаги полиамфолитнинг оқова сувлардаги ионларни сорбциялаб камайтириши

Мавжуд ионлар	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Cr ³⁺	Co ²⁺
Дастлабки миқдори, мг/дм ³	1820	10,5	75	295
Сорбциядан кейинги миқдори, мг/дм ³	314,2	1,33	7,5	10,4

Таркибида амина ва сульфогурухлари тутган поливинилхлорид асосида олинган полиамфолитга турли оралиқ металл ионларининг ҳар хил концентрацияли сунъий эритмаларда сорбцияси ўрганилди. Бунинг учун Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ПВХ асосидаги полиамфолитнинг сорбциясига таъсир этувчи турли омиллар: концентрация (0,025; 0,05; 0,075; 0,1 М), ҳарорат (303К; 313К; ва 323К), вақтга (2-24 соат) боғлиқликлари ўрганилди. Олинган полиамфолит оқова сувлар 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 қилинди.

Поливинилхлорид асосида олинган ушбу полиамфолитни оғир металл ионларини сорбцияси учун жорий қилиш саноат корхоналаридан чиқаётган оқова сувларини турли металл ионлардан тозалаш имконини берди ва оқова сувларини атроф муҳит экологиясига салбий таъсир кўрсатувчи металл ионларидан тазалашда юқори самара беради шунингдек, маълум иқтисодий фойдага эришиш имкони мавжуд.

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;
2. **Этилацетат** «хч» ГОСТ 8981;
3. **Полиэтиленполиамин (ПЭПА)** ГОСТ 10587-84;
4. Ректификацияланган **этил спирт** ГОСТ 5963;
5. Техник **олтингугурт** кукуни ГОСТ 127;
6. **Кальций гидроксид** «хч» ГОСТ 9262;
7. **Бензол** «хч» ГОСТ 5955;
8. **Нитрат кислота**, концентрланган «хч» ГОСТ 701;
9. **Хлорид кислота** – HCl ; концентрланган «хч» $M=36,5 \text{ г/мол}$; $T_{\text{суй}} = -32^\circ\text{C}$;
10. **Натрий гидроксид** – NaOH ; «хч» $M=40 \text{ г/мол}$; $\rho=2,13 \text{ г/см}^3$;
11. **Мис (II) нитрат тригидрати** «Ч» ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$);
12. **Никель (II) гексагидрати** «Ч» ($\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$);
13. **Хром (III) хлорид тетрагидрати** «Ч» ($\text{CrCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$);
14. **Кобальт (II) хлорид гексагидрати** «Ч» ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$);
15. **Кальций хлорид** (сувсиз), «хч» ТУ 6-09-4711-81;
16. **Магний хлорид** кристаллогидрати ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) ГОСТ 4209-77;
17. **Индикаторлар**, (Трилон Б).

4.1. Тадқиқ қилиш усуллари

ИҚ–спектроскопия. Ўрганилаётган полимер моддалар ИҚ спектрларини ўрганишда олмос ZnSe MIRacle 10 призма билан битталик 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 см⁻¹ оралиғида ўрганилди.

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

Термогравиметрик ва дифференциал термик таҳлили (TG, DTG). Полиамфолитнинг термогравиметрик ва дифференциал термик таҳлили 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 полиамфолитни доимий оғирликка етмагунга қадар 70±5°C ҳароратда термик шкафта қуритилди. Тортишдан олдин полиамфолит 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 полиамфолит оғирлиги, г;

P₁ – қуритишдан кейинги полиамфолит оғирлиги, г.

P – 11,2042 г;

P₁ – 6,3436 г;

$$W_1 = \frac{11,2042 - 6,3436}{11,2042} * 100\% = 43,4\%$$

P – 11,2142 г;

P₁ – 6,2532 г;

$$W_2 = \frac{11,2142 - 6,2532}{11,2142} * 100\% = 44\%$$

$$W_{\text{ўртача}} = 43,7\%$$

Нам ҳолатдаги полиамфолитнинг солиштирма ҳажмини аниқлаш - ГОСТ 10898.4-84. Солиштирма ҳажми куйида берилган формула ёрдамида аниқланди:

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

бу ерда: V – нам полиамфолит ҳажми, мл;

m – текширилаётган полиамфолит массаси, г;

W – намликнинг масса улуши, %.

m₁ – 11,2142 г;

V₁ – 20 см³ гр;

W – 43,7%;

$$V_{\text{сол}} = \frac{20 * 100}{11,2142(100 - 43,7)} = 3,17 \text{ мл/г}$$

Полиамфолитнинг статик алмашинув сиғимини аниқлаш– ГОСТ 20255.1-89. Полиамфолитнинг тўлиқ алмашинув сиғимини NaOH нинг 0,1 н ли эритмаси бўйича аниқланди. Полиамфолитни (1 г қуруқ модда ҳисобида) натрий ишқорининг 0,1 н 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 н ли эритмаси орқали титрланди. Алмашинув сиғимини қуйида берилган формула ёрдамида ҳисобланди:

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

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.

Полиамфолитнинг кимёвий барқарорлогини аниқлаш усули

Поливинилхлорид асосида олинган катионит ва ПЕПА асосида олинган полиамфолитнинг кимёвий барқарорлигини аниқлашда турли кислота, ишқор ва кучли оксидловчилардан фойдаланилди. Кислоталардан нитрат кислотанинг 1% ва 5% ли эритмаси, ишқорлардан NaOH нинг 5% ли эритмаси ва кучли оксидловчилардан перхлорат кислотанинг 1% ва 5% ли эритмаларидан фойдаланилди. Бунда ишчи ҳолатдаги полиамфолитни 1% ва 5% ли нитрат ва перхлорат кислоталарнинг эритмаларида 25⁰С ҳароратда 48 соат давомида қўйилди ва сўнгра полиамфолитни филтрланиб қайта таёрлаб статик алмашиниш сиғими (CAC) аниқлаб полиамфолитнинг дастлабки CAC қиймати билан солиштирилди, катионитда ҳам шу жараён амалга оширилади. Ишқор бўйича кимёвий барқарорлигини аниқлашда 5% ли NaOH эритмасида 100⁰С да 10 соат давомида қиздирилади ва совитилиб полиамфолит ва

катионит филтрлаб қайтадан САС қиймати аниқланади. Полиамфолитнинг статик алмашиниш сиғими билан биргаликда масса камайиши ҳам аниқланди.

Полиамфолитнинг термик барқарорлигини аниқлаш усули

Ионитларнинг термик барқарорлиги Нетзсч Симултанеоус Анайзер СТА 409 ПГ (Германия) ускунаси, термопарой К-типа (Low РГ Силвер) термопара билан ва алюминили тигелдан фойдаланилди. Полимер материалларнинг термик барқарорлигини ўзгаришини тадқиқ қилиш азотли инерт муҳитда азот ажралиб чиқиш тезлиги 50 мл/мин да олиб борилди. Температуранинг ўзгариш диапазони 25- 350⁰С да қиздириш тезлиги 5 К/мин да олиб борилди. Текширилаётган моддалар 20-30 мг қийматда олинди. Жараённинг ўзгариши KNO₃, In, Bi, Sn, Zn моддалардан ташкил топган стандарт набордан фойдаланилди.

Ni²⁺, Cu²⁺, Co²⁺ ва Cr³⁺ ионларининг статик шароитда сорбцияси ўрганиш

ПВХ асосидаги сульфокатионитни полиэтиленполиамин билан модификатсиялаб олинган полиамфолитнинг HCl бўйича статик алмашиниш сиғими 4,5мг-экв г⁻¹, NaOH бўйича 3,5 мг-экв г⁻¹ га тенг. Синтез қилинган полиамфолит ишчи ҳолатга келтириш учун тайёрланади. Дастлаб маълум бир массадаги полиамфолит калонкаларга солиниб ионит орқали 4% ли NaOH нинг сувли эритмаси ўтказилади. Ишқор ўтказиш ишқорнинг концентратсияси дастлабки ва охириги ҳолат бир хил бўлгунча ўтказилади ва калонкадаги ионитдан чиқаётган сув нейтрал ҳолатгача дистланган сувда ювилади, кейинчалик эса 4% ли HCl нинг сувли эритмаси билан фаолланади. Бу босқичда ҳам ионитдан чиқаётган кислотанинг концентратсияси дастлабки концентратсия билан бир хил бўлгунча кислота эритмаси ўтказилади. Полиамфолитга металл ионларининг сорбциясини яхшилаш учун ионитни Na ли формага ўтказилади. Бунинг учун ионитли калонкадан 0,1 н ли NaOH эритмасидан фойдаланилади. Таркибида Ni²⁺, Cu²⁺, Co²⁺ ва Cr³⁺ ионларини

сақловчи сунъий эритма таёрлаш учун $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ва $\text{CrCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ кристаллогидратларидан фойдаланиб ушбу ионларининг 0,25; 0,125; 0,1; 0,075; 0,05; 0,025; 0,0125; 0,01 моль·л⁻¹ концентрацияли эритмаларидан тайёрланди. Тайёрланган сунъий эритмалардан металл ионларининг сорбция давомийлиги 1, 2, 4, 6, 8, 10 соатларда ҳамда сорбция изотермалари 303, 313 ва 323 К ҳароратларда ўрганилди. Бунинг учун HCl бўйича статик алмашилиш сиғими 4,5 мг-экв г⁻¹, NaOH бўйича 3,5 мг-экв г⁻¹ бўлган қуруқ сорбент 0,3 г дан аналитик тарозида ўлчаб олиниб, ҳажми 250 мл бўлган конуссимон колбаларга солинди ва 100 мл дан туз эритмалари қуйилди. Сорбциядан олдинги ва кейинги эритмалардаги металл ионларининг концентрация ўзгариши *Спектрофотометр (Mikroplanshet rider Perkin Elmer)* (АҚШ) ёрдамида аниқланди (Cu^{2+} учун 760 нм, Ni^{2+} учун 720 нм, Co^{2+} учун 514 нм, Cr^{3+} учун 407 нм тўлқин узунлиқда).

Концентрация қуйидаги тенглама ёрдамида ҳисоблаб чиқилган:

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

Бу ерда: A – оптик зичлик

ε - тўлқин узунлиги

l – кювета узунлиги

C – эритма концентрацияси

ХУЛОСАЛАР

1. ПВХ асосида олинган сульфокатионитни ПЭПА иштирокида аминлаш натижасида янги полиамфолит олиш реакциясига турли хил омилларнинг таъсирини ўрганиш натижасида жараённинг мақбул шароитлари топилди. Олинган модданинг идентификациялаб ҳосил бўлган полимер материал таркибида S ва N тутганлиги, ҳамда уларнинг сульфо ва аминок гуруҳлари ҳосил қилиб ПВХ занжирига бирикканлиги физик-кимёвий анализ усуллари ёрдамида исботланди.

2. ПВХ асосидаги янги полиамфолит олиш имконияти кўрсатилди, мақбул шароитлари аниқланди, олинган полимерни физик-кимёвий усуллар билан идентификациялаш орқали поливинилхлорид занжирида ион алмашилиш хусусиятига эга сульфогуруҳлари ҳамда аминокуруҳлари ҳосил бўлганлиги исботланди. Ушбу тадқиқотлар полиамфолит учун корхона стандарти техник шароитларини ишлаб чиқиш имконини берди.

3. Олинган полимерни ИҚ-спектроскопик усул билан идентификациялаш орқали таркибида ҳам катионалмашинувчи сульфогуруҳлар ҳам анионалмашинувчи аминокуруҳлари борлиги аниқланди ҳамда олинган полиамфолитни сканерловчи электрон микрофотографиялари таҳлили унинг сорбциялаш жараёнини осонлаштирувчи ғовак тузилишга эгаллиги тасдиқлаш имконини берди. Полиамфолитнинг ўрганилган физик-кимёвий хоссалари саноат миқёсида сувдаги мавжуд ионларни ажратиб олишда ишлатиш талабларига мос келишини кўрсатди.

4. Полиамфолитга кобальт (II), мис (II), никель (II) ва хром (III) ионларининг ютилиш кинетикаси тадқиқ қилинган ҳамда сорбция жараёнининг активланиш энергияси ҳисоблаб топилди. Олинган натижалар ўрганилаётган жараён псевдо-иккинчи тартибли реакциялар қонуниятлари бўйича боришини кўрсатиш имконини берди. Кинетик таҳлиллар асосида Cu^{2+} ва Cr^{3+} ионларини Ni^{2+} ва Co^{2+} ионларига нисбатан юқори селективликка эга эканлиги аниқланди.

5. Сорбция жараёнининг 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 Ni^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} ва Cr^{3+} ионларининг ионит билан ионалмашиниш реакцияси орқали ютилишини кўрсатди.

6. Таркибида амина ва сульфогруҳлари тутган полиамфолит иштирокида саноат корхона сувларини тозалаш учун бир неча маротаба динамик шароитда сорбция, десорбция жараёнлари амалга оширилганда, унинг сорбцион хоссалари ўзгармасдан қолгани кузатилди ва натижада полиамфолитни саноат корхоналарида сувларни тозалашда кўп маротаба қўллаш мумкинлигини имконини берди.

7. Полиамфолит ёрдамида «Муборак газни қайта ишлаш заводи» АЖ технологик жараёнларида ҳосил бўладиган сувларини оралиқ металл ионларидан тозалашга имкон берувчи мобил ускуна ишлаб чиқилди ва саноат миқёсида жорий қилиниш учун тавсия этилди ҳамда полиамфолит O'ZSTANDART AGENTLIGI Standartlar Instituti томонидан Ts 02072392-002:2020 рўйхатдан ўтказилди.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Duffus J.H. „Heavy metals” – a meaningless term. Pure Applied Chemistry, 2002; Vol. 74, pp. 793-807.
2. Diniz C.V., Doyle F.M., Martins A.H. Uptake of heavy metals by chelating resins from acidic manganese chloride solution, Minerals Metallurgy Processing, 2000; Vol. 17, pp. 217-222.
3. Krim L., Nacer S. and Bilango G. Kinetics of chromium sorption on biomass fungi from aqueous solution. Am. J. Environ. Sci., 2006. 2: 27-32.
4. Yisa J. Heavy metals contamination of road deposited sediments. Am. J. Applied Sci., 2010. 7: 1231-1236.
5. Ong M.C. and Kamruzzaman B.Y. An assessment of metals (Pb and Cu) contamination in bottom sediment from South China Sea coastal waters, Malaysia. Am. J. Applied Sci., 2009. 6: 1418-1423.
6. Золотов Ю.А., Цизин Г.И., Дмитриенко С.Г., Моросанова Е.И. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов. Применение в неорганическом анализе. – М.: Наука, 2010. 564 с.
7. Castro L., Blázquez M. L., González F., Muñoz J.A., Ballester A. Heavy metal adsorption using biogenic iron compounds. Hydrometallurgy, 2018. Vol. 179, P. 44-51.
8. Chajduk-Maleszewska E., Dybczyński R. Effective separation and preconcentration of trace amounts of Pd on Duolite ES 346 resin and its use for the determination of Pd by NAA, Analytical Chemistry, 2004; Vol. 49, pp. 281-297.
9. Foo K.Y., Hameed B.H: Insights into the modeling of adsorption isotherm systems, Chemical Engineering Journal, 2010; 156(1), 2-10.
10. Mukhamediev M.G., Bekchanov D.Z. New Anion Exchanger Based on Polyvinyl Chloride and Its Application in Industrial Water Treatment. RussJ Appl Chem 92, 1499–1505 (2019). <https://doi.org/10.1134/S1070427219110053>.
11. Лейкин Ю.А. Физико – химические основы синтеза полимерных сорбентов: Москва БИНОМ. Лаборатория знаний 2015. - с 34.

12. Bandrabur B., Tataru-Fărnuș R., Lazăr L., Gutt G. Application of a strong acid resin as ionexchange material for water softening – Equilibrium and thermodynamic analysis. Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry 2012, 13 (4), pp. 361 – 370.

13. Saida Uvaysova., Magomed Babuev. Study of the interaction of polystyrene-azo-o-phenol-azo-rhodanine with zinc ions. Инновации в науке Сборник статей по материалам LVII международной научно-практической конференции май 2016 год. №5(54), 152-154.

14. Singh N.B., Garima Nagpal., Sonal Agrawal Rachna. Water purification by using Adsorbents: A Review. Environmental Technology & Innovation 11 (2018) 187–240.

15. Зейналов Р.З., Татаева С.Д., Атаева Н.И. Концентрирование и определение меди, цинка и кадмия хелатообразующим модифицированным сорбентом // Аналитика и контроль. 2013. Т. 17. № 1. С. 89–96.

16. Басаргин Н.Н., Оскотская Э.Р., Чеброва А.В. Сорбция цинка полимерными хелатообразующими сорбентами и ее применение в анализе природных вод / Розовский // Журн. аналит. химии. 2008. Т. 63. № 3. С. 231–236.

17. Emad Yousif., Ali Hasan. Photostabilization of poly (vinyl chloride) – Still on the run. Journal of Taibah University for Science 9 (2015) 421–448.

18. Aimukhanov A.K., Rozhkova X.S., Ilyassov B.R., Zeinidenov A.K., Nuraje N. The influence of structural and charge transport properties of PEDOT:PSS layers on the photovoltaic properties of polymersolar cells. Polym Adv Technol. 2020; 1–8. <https://doi.org/10.1002/pat.5102>.

19. Rustamov M.K., Gafurova D.A., Karimov M.M. et al. Application of ion-exchange materials with high specific surface area for solving environmental problems. Russ J Gen Chem 84, 2545–2551 (2014). <https://doi.org/10.1134/S1070363214130106>.

20. Clifford D.A. Ion Exchange and Inorganic Adsorption. Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies (5th ed.), American Water Works Association, McGraw-Hill, New York, 2016.

21. Liu P., Liu Y., Su Z. Modification of Poly (hydroethyl acrylate) - Grafted Cross-linked Poly(vinyl chloride) Particles via Surface-Initiated Atom Transfer Radical Polymerization (SI-ATRP). Competitive Adsorption of Some Heavy Metal Ions on Modified Polymers. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2006**, 45 (7), 2255–2260.

22. Goud V.V., Patwardhan A.V., Pradhan K.C. Kinetics of insitu Epoxidation of Natural Unsaturated Triglycerides Catalyzed by Acidic Ion Exchange Resin. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2007**, 46 (10), 3078–3085.

23. Солодухина Л.А., Абросимова Л.А. Смолы ионообменные (катиониты), марки КУ -2-8, КУ -2-8 ЧС, КУ -2-8 ЧС. Патент RU 2013 147 450 А 2015.

24. Bergbreiter D.E., Zhong Z. Anionic Grafting onto Divinylbenzene - Crosslinked Polystyrene. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2005**, 44 (23), 8616–8620.

25. Patel D., Saha B. Heterogeneous Kinetics and Residue Curve Map(RCM) Determination for Synthesis of *n*-Hexyl Acetate Using Ion-Exchange Resins as Catalysts. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2007**, 46 (10), 3157–3169.

26. Thompson H.S. «[On the Absorbent Power of Soils](#)». The Journal of the Royal Agricultural Society of England 2011: 68-75.

27. Way J.T. (2002). «[On the Power of Soils to Absorb Manure](#)». The Journal of the Royal Agricultural Society of England 11: 313-379.

28. Gans R. (2005). «[Zeolithe und ähnliche Verbindungen, ihre Konstitution und Bedeutung für Technik und Landwirtschaft](#)». Jahrbuch der Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt 26: 179-211.

29. Лейкин Ю.А. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов. Москва БИНОМ. Лаборатория знаний. 2015, с 35-42.

30. Xiong Z., Zhao D., Harper W.F., Jr. Sorption and Desorption of Perchlorate with Various Classes of Ion Exchangers: A Comparative Study. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2007**, 46 (26), 9213–9222.
31. Schmid B., Doker M., Gmehling J. Esterification of Ethylene Glycol with Acetic Acid Catalyzed by Amberlyst 36. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2008**, 47 (3), 698–703.
32. Spiro D., Alexandratos. Ion-Exchange Resins: A Retrospective from Industrial and Engineering Chemistry Research. *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009, 48, 388–398.
33. Di Natale F., Lancia A. Recovery of Tungstate from Aqueous Solutions by Ion Exchange. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2007**, 46 (21), 6777–6782.
34. Meenakshi S., Natrayasamy V. “Identification of selective ion-exchange resin for fluoride sorption”. *Journal of Colloid and Interface Science* 308 (2007) 438–450.
35. Рублева Е.Д., Данилов Ф.И. Производные полигексаметилен гуанидина – комплексные ингибиторы электрохимических и сопутствующих процессов на низкоуглеродистой стали в нейтральной среде. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Днепропетровск – 2015, 29-45 с.
36. Inamuddin Dr., Mohammad Luqman. *Ion Exchange Technology I Theory and Materials*, - Springer. Dordrecht Heidelberg New York London 2012, 337-360 p. DOI 10.1007/978-94-007-4026-6.
37. Лейкин Ю.А., Мясоєдов Б.Ф., Лосев В.В., Кириллов Е.А. Модифицированные сорбенты для селективного извлечения аммиака его производных. // *Хим. Физика*. 2007. Т. 26. № 10. С. 18–33.
38. Brown C.J., Sheedy M. A new ion exchange process for softening high TDS produced water, SPE/Petroleum Society of CIM/CHOA, Technical Paper No 78941, Eco-Tec Inc., 2002.

39. Лейкин Ю.А. Исследование в области химии комплексообразующих фосфорсодержащих полимеров трехмерной структуры: Дис. д-рахим. наук. М.: МХТИ им. Д.И. Менделеева, 2009. 440 с.
40. Бобоев Т.М., Рахимов Х.Р. “Физикавий ва каллоид кимё”, Тошкент-2004. 501-саҳифа.
41. Каримкулов К.М., Аскарлов М.А. // Пласт. массы. 2009. №1. С.47–48.
42. Hayzoun H., Ouammou A., Saidi O., et al. Assessment of the bacteriological and chemical quality of the Sebou River, Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science* (2014) 5 (S2): 2438–2443.
43. Komissarchik S. and Nyanikova G. Test systems and a method for express detection of synthetic food dyes in drinks. *LWT-Food Science and Technology* (2014) 58(2): 315–320.
44. Harrache Z., Abbas M., Aksil T., et al. (2019) Thermodynamic and kinetics studies on adsorption of Indigo Carmine from aqueous solution by activated carbon. *MicrochemicalJournal* 144: 180–189.
45. Eun Ji Park., Byoung Chul Park., Young Joong Kim., Ali Canlier., Taek Sung Hwang. Elimination and Substitution Compete During Amination of poly (vinyl chloride) with Ehtylenediamine: XPS Analysis and Approach of Active Site Index Article in *Macromolecular Research*. June 2018. DOI: 10.1007/s13233-018-6123-z.
46. Ahmed I.S., Ghonaim A.K., Abdel Hakim A.A., Moustafa M.M., Kamal El-Din A.H. 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.
47. Moulay S. Trends in the Chemical Modification of PVC// *Khimiya Chemistry*. 2002. Vol. 11. №3. Pp.217-247.
48. Рустамова Н.М., Гафурова Д.А., Мухамедиев М.Г. Синтез и свойства новых анионитов на основе поливинилхлорида. *Узбекский химический журнал*, 2019, №1 с 10-16.

49. Guido Grause., Takahisa Hosoya., Kazumi Hashimoto., Tomohito Kameda., Toshiaki Yoshioka. Nucleophilic substitution of poly (vinyl chloride) with iminoacetic acid and n-dodecanethiol. J Mater Cycles Waste Manag. 2009. DOI 10.1007/s10163-013-0202-1.
50. Nishat N., Ahmad Sh., Ahamad T. Synthesis, characterization and antimicrobial studies of newly developed metal-chelated epoxy resins. // Appl. Polym. Sci. 2006. Vol. 101. № 3. pp. 1347-1355.
51. Randolph Kiefer and Wolfgang H. Sorption of Heavy Metals onto Selective Ion-Exchange Resins with Aminophosphonate Functional Groups Industrial & Engineering Chemistry Research 2001. (40) 4570-4576 DOI: [10.1021/ie010182l](https://doi.org/10.1021/ie010182l).
52. Mao C., Zhao WB., Zhu AP., Shin J., Lin SC. A photochemical method for the surface modification of poly (vinylchloride) with o-butyrylchitosan to improve blood compability.// Process Biochem. 2004. Vol. 39. pp. 1151-1157.
53. Balakrishnan B., Jayakrishnan A. Chemical modification of poly (vinylchloride) using polyethylene glycol) to improve blood compatibility. // Trends Biomater Artif Organs 2005. Vol. 18. pp. 230-236.
54. Yoshioka T., Kameda T., Grause G., Imai S., Okuwaki A. Effect of compatibility between solvent and poly(vinyl chloride) on dechlorination of poly(vinyl chloride) // J. Polym. Res. 2009. Vol. 17. № 3. pp. 489-493.
55. Moulay Saad., Zeffouni Zakia. Pyridination of poly (vinyl chloride) via a hemolytic pathway. // Chin. J. Polym. Sci. 2007. V. 25. № 3. pp. 297-302.
56. Kameda T., Ono M., Grause G., Mizoguchi T., Yoshioka T. Chemical modification of poly(vinyl chloride) by nucleophilic substitution // Polym. Degrad. Stab. 2009. Vol. 94. № 1. pp. 107-112.
57. Martines G. Synthesis of PVC-g-PS through stereoselective nucleophilic substitution on PVC // J. Polymer Sci.: Part A: Polymer Chemistry. 2006. Vol. 44. № 8. pp. 2476-2486.

58. Двадненко М.В., Привалова Н.М., Бенюх В.Г. Сорбенты на основе гидроксидов металлов для очистки сточных вод // Современные наукоемкие технологии. 2011. Л. 1. с. 92.

59. Везенцев А.И., Трубицин М.А., Голдовская-Перистая Л.Ф., Воловичева П.А. Сорбционная очистка почвы от тяжелых металлов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. 2008. Т. 3. № 6. с. 172 - 175.

60. Losev V.N., Elsufiev E.V., Buyko O.V., Trofimchuk A.K., Horda R.V., Legenchuk O.V. Extraction of precious metals from industrial solutions by the pine (*Pinus sylvestris*) sawdust-based biosorbent modified with thiourea groups. *Hydrometallurgy*. 176 (2018) 118–128.

61. Баяндин В.В., Мултуев П.В., Шаглаева Н.С. Синтез и свойства осеменного поливинилхлорида известия. // Прикладная химия и биотехнология. (2014) № 2 С. 7.

62. Жўраев М.М., Хушвақтов С.Х., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. «Поивинилхлорид асосидаги азот ва олтингугурт тутган поликомплексонга кобальт (II) ва хром (III) ионларининг сорбцияси» Журнал ФарДУ илмий хабарлари. 2020 №3(6-13).

63. Паршина И.Н., Стряпков А.В. Исследование процесса десорбции меди и цинка из катионита КУ-2×8// Вестник ОГУ, 2004. - №1. – С. 97-100.

64. Swastika Choudhury., Samit Kumar Ray. Poly (4-vinylpyridine) and poly (vinyl acetate – co – 4 – vinylpyridine) grafted polyvinyl chloride membranes for removal of tetrahydrofuran from water by pervaporation. *Separation and Purification Technology* 254 (2021) с 117-618.

65. Rodrigo Navarro., Monica Perez Perrino., Carolina Garcia., Carlos Elvira., Alberto Gallardo and Helmut Reinecke. Opening New Gates for the Modification of PVC or Other PVC Derivatives: Synthetic Strategies for the Covalent Binding of Molecules to PVC. *Polymers* 2016, 8, 152; doi: 10.3390/polym8040152.

66. Sneha D., Shashank T., Mhaske. Thiophene diester amine as a novel solid plasticizer for poly (vinyl chloride). *Materials Today: Proceedings* 5 (2018) 16526–16538.

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

68. Jia P., Hu L., Feng G., Bo C., Zhang M., and Zhou Y. *Mater. Chem. Phys.*190, 25 (2017).

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

70. Бектенов Н.А., Ергожин Е.Е., Мекебаева А.К., Аловитдинов А.Б., Кариева Г.А. Сульфокатионит на основе глицидилметакрилата и альфа-фенилвинилфосфорной кислоты // Известия вузов. Химия и химическая технология. - 2003. - Т. 46. - № 8. - С. 79-82.

71. Райкова Н.Г., Шуктомова И.И. Использование отходов целлюлозно-бумажной промышленности в процессах рекультивации почвы, загрязненной радиоактивными элементами// Экология и промышленность России. 2012. № 9. с, 56 -57.

72. Zhang R., Ma H., Wang B. Removal of chromium (VI) from aqueous solution using polyaniline doped with sulphuric acid, *Ind. Eng. Chem. Res.* 49 (2010) 9998–10004.

73. Ергожин Е.Е., Никитина А.И., Бектенов П.А., Кабулова Г.К. Сорбция ионов Cu^{2+} сульфокатионитами на основе растительного сырья и глицидилметакрилата. // Известия НАН РК. Серия химии и технологии. 2011. № 3 (387). С. 14 - 16.

74. Tandy S., Bossart K., Mueller R., Ritschel J., Hauser L., Schulin R., Nowack B. Extraction of heavy metals from soils using biodegradable chelating agents, // *Environmental Science and Technology*, 2004. Vol. 38, pp. 937-944.

75. Ергожин Е.Е., Чалов Т.К., Мельников Е.А., Хакимболатова К.Х., Никитина А.И. Сорбция ионов Cu^{2+} и Me^{2+} полифункциональными анионитами на основе эпоксидных производных ароматических аминов и полиэтиленамина. // Вода: химия и экология, 2012. №8 с. 74 — 79.

76. Мельников Е.А., Хакимболатова К.Х., Никитина А. П., Тасмагамбет А.Т. // Новый сорбент на основе бензиламина, эпихлоргидрина и полиэтиленмина для извлечения ионов переходных металлов // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук». Петропавловск. 2012. с. 148-149.

77. Хохотва А.П. Адсорбция тяжелых металлов сорбентом на основе сосновой коры // Химия и технология воды, 2010, т. 32, № 6. с. 604-612.

78. Брызгалова П.В. Разработка сорбционной технологии извлечения меди, железа и цезия из природных вод угольно-кремнистыми материалами: дис. канд. техн. Наук // Екатеринбург, 2003. – 141 с.

79. Беляев Е.Ю., Беляева Л.Е. Применение целлюлозы в решении экологических проблем Е. Ю. Беляева, // Химия в интересах устойчивого развития. 2000. № 8.с. 755–761.

80. Guo Y. Adsorption of malachite green on micro- and mesoporous rice husk based active carbon / Y. Guo, S. Yang, W. Fu et al. // Dyes and Pigments. 2003. Vol. 56. pp. 219–229.

81. Холомейдик А.Н., Земнухова Л.А. Удаление ионов марганца из водных растворов сорбентами на основе рисовой шелухи // Экология и промышленность России. 2011. № 11. с. 34–35.

82. Эшкурбонов Ф.Б., Джалилов А.Т. Исследование сорбционных свойств полученного ионита на основе гидролизованного полиакрилонитрила // Universum: Химия и биология: электрон научн. журн. 2014. № 3 (4). URL: <http://7universum.com/ru/nature/archive/item/1068>.

83. Niladri Ballav., Arjun Maity., Shivani B. High efficient removal of chromium(VI) using gly - cine doped polypyrrole adsorbent from aqueous solution // Chemical Engineering Journal 198–199 (2012) 536–546.

84. Randolph Kiefer., Wolfgang H. Höll. Sorption of heavy metals on selective ion exchange resins with functional groups aminophosphate// Ind. Eng. Chem. Res. 2001. Vol. 40 (21). pp. 4570–4576.

85. Соколова Т.А., Русковская.К., Егорушкина Н.Н., Соколянский Д.А. Патент РФ №2133708.

86. Абрамова Л.И., Бойбурдов Т.А., Григорян Э.П., Зильберман Е.Н., Куренков В.Ф., Мягтенков В.А. Полиакриламид. Москва.химия 2002 г. С. 192.

87. Aksil T., Abbas M., Trari M., et al. (2019) Water adsorption on lyophilized Arbutus unedo L. fruit powder: Determination of thermodynamic parameters. Microchemical Journal 145: 35–41.

88. Brown C.J., Sheedy M.A new ion exchange process for softening high TDS produced water, SPE/Petroleum Society of CIM/CHOA, Technical Paper No 78941, Eco-Tec Inc., 2002.

89. Лейкин Ю.А., Черкасова Т.А., Ильинский А.А., Зорина А.И., Расторгуева М.Н., Додатко В.Ф., Владычкин И.М., Кузовов Ю.И. А.с 3813095,22.08.2001. Оpubл 23.02.2003.

90. Пимнева Л.А. Журнал. прикладной химии. 2004. Т.77. Вып.4.

91. Foo K.Y., Hameed B.H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems, Chemical Engineering Journal, 2010, 156(1), 2-10.

92. Keno David Kowanga, Erastus Gatebe, Godfrey Omare Mauti, Eliakim Mbaka Mauti. Kinetic, sorption isotherms, pseudo-first-order model and pseudo-second-order model studies of Cu(II) and Pb(II) using defatted Moringa oleifera seed powderThe Journal of Phytopharmacology 2016; 5(2): 71-78.

93. Zhu G.-j., et al. A novel ion-imprinted polymer for selective removal of trace Fe (III) from Cr (III)-containing solutions. *Hydrometallurgy* 186 (2019) 105–114.

94. Жураев М.М., Хушвактов С.Ю., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. «Сорбция ионов кальция (II) и магния (II) сульфокатионитом на основе пластика поливинилхлорида» Журнал Композиционные материалы Илмий-техникавий амалий журнали. №3, 2018. с-34-36.

95. Yaoning Chen, Weiyu Liang, Yuanping Li, Yanxin Wu, Yanrong Chen, Wei Xiao, Li Zhao, Jiachao Zhang, Hui Li. Modification, application and reaction mechanisms of nano-sized iron sulfide particles for pollutant removal from soil and water: A review. *Chemical-Engineering Journal* **2019**, 362, 144-159. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.12.175>.

96. Rengaraj S., Yeon J.W., Kim Y., Yongju J. Adsorption characteristics of Cu(II) onto ion exchange resins 252H and 1500H: Kinetics, isotherms and error analysis, *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 143(1–2), 469-477.

97. Хушвактов С.Ю., Жураев М.М., Бекчанов Д.Ж., Мухамедиев М.Г. Сорбция ионов меди (II) и никеля (II) на азот и серосодержащем полиамфолите. //UNIVERSUM: Химия и биология. (2019) № 11 (65).

98. Bekchanov D., Kawakita H., Mukhamediev M., Khushvaktov S., Juraev M. Sorption of cobalt (II) and chromium (III) ions to nitrogen- and sulfur-containing polyampholyte on the basis of polyvinylchloride /Polymers for Advanced Technologies 2021 <https://doi.org/10.1002/pat.5209>.

99. Bhaumik M., Maity A., Srinivasu V.V., Onyango M.S. Enhanced removal of Cr(VI) from aqueous solution using polypyrrole/Fe₃O₄ magnetic nanocomposite, *J. Hazard. Mater.* 190 (2011) 381–390.

100. Жўраев М.М. “Поливинилхлорид пластикат асосидаги янги ионитларнинг физик-кимёвий хоссалари”. Диссертация Тошкент 2020.

101. Шаглаева Н.С. и др. Сульфуризация поливинилхлорида. *Журнал прикладной химии*. 2013. Т. 86, № 10. С. 1623–1628.

102. Bayandin V.V., Sultangare R.G., Prozorova, G.F.,Vaul'skaya T.I., Khutsishvili S.S. Sulfurization Polyvinyl Chloride. Russian Journal of Applied 2013, 86 (4):611-614.

103. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. Масква 2012. С. 40-50.

104. Мухамедиев М.Г., Бекчанов Д.Ж., Жураев М.М., Кутлимуротов Н.М. Сульфокатионит олиш усули // Патент. ЎзРес ИАП 2018 0208. Блй. № 8. – с. 25. / ЎЗ.

105. Славинская Г.В., Хохлов В.Ю. Потенциометрическое титрование ионитов. Практическое руководство по специальности 020101 “Химии” Воронеж 2004.

106. Adina Negrea, Andreea Gabor, Corneliu Mircea Davidescu, Mihaela Ciopec, Petru Negrea, Narcis Duteanu and Alina Barbulescu. Rare Earth Elements Removal from Water Using Natural Polymers. Scientific reports. Sci Rep. 2018; 8: 316. doi:10.1038/s41598-017-18623-0.

107. Singh N.B., Garima Nagpal., Sonal Agrawal., Rachna. Water purification by using Adsorbents: A Review. Environmental Technology & Innovation 11 (2018) p. 204–208.

108. Ali Kara, Emel Demirbel. 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: 237–240.

109. Jurayev M., Khushvaktov S., Botirov S., Bekchanov D., Mukhamediev M.G. «Kinetics of Sorption of Ca (II) And Mg (II) Ions from Solutions To a New Sulphocathionite» Журнал International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No. 7, (2020), pp. 3395-3401.

110. Bekchanov D.J., Sagdiev N.J., Mukhamediev M.G. Study Sorption of Heavy Metals Nitrogen – And - Phosphorus Containing Polyampholytes American Journal of Polymer Science 2016, 6(2): 46-49.

111. Gupta, K.; Basu, T.; Ghosh, U.C. Sorption characteristics of arsenic(V) for removal from water using agglomerated nanostructure iron(III)_zirconium(IV) bimetal mixed oxide. *J. Chem. Eng. Data* 2009, Vol. 54, pp. 2222–2228.

112. Ren, Z.; Zhang, G.; Chen, J.P. Adsorptive removal of arsenic from water by an iron-zirconium binary oxide adsorbent. // *J. Colloid Interface Sci.* 2011, Vol. 358, pp. 230–237.

113. Rengaraj S., Yeon J.W., Kim Y., Yongju J., Ha Y.-K., Kim W.-H: Adsorption characteristics of Cu(II) onto ion exchange resins 252H and 1500H: Kinetics, isotherms and error analysis, *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 143(1–2), 469-477;

114. Bogdan Bandrabur, Ramona-Elena Tataru-Fărnuș, Liliana Lazăr, Laura Bulgariu, Gheorghe Gutt. Use of strong acid resin Purolite C100E Forremoving permanent hardness of water – factors affecting cationic exchange capacity *Scientific Study & Research*. 2012, 13 (3), pp 295 – 304.

115. Adeleke A.O., Akil A., Kaizar H., Mohd R. Adsorption of Rhodamine B dye from aqueous solution onto acid treated banana peel: Response surface methodology, kinetics and isotherm studies *PLoS One*. 2019; 14(5): e 0216878.

116. Ho Y.S., McKay G. Pseudo-second order model for sorption processes Elsevier. *Process Biochemistry* 34 (1999) 451–465.

117. Jean-Pierre Simonin. On the comparison of pseudo-first order and pseudo-second order rate laws in the modeling of adsorption kinetics *Chem. Eng. J.*, vol. 300, 15 September 2016, Pages 254–263.

118. Акбаров Х.И., Сагдуллаев Б.У., Холиқов А.Ж. Физик-кимё. Дарслик. –Т.: «Университет», 2019. 10-205 б.

119. Jianguo Wu, Aiqiang Xia and others. Adsorption Thermodynamics and Dynamics of Three Typical Dyes onto Bio-adsorbent Spent Substrate of *Pleurotus eryngii* *Int J Environ Res Public Health*. 2019 Mar; 16(5): 679.

120. 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.

121. Senthil Kumar P., Vincent C., Kirthika K., Sathish Kumar K. Kinetics and equilibrium studies of Pb²⁺ ion removal from aqueous solutions by use of nano-silversol-coated activated carbon. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 2010.Vol. 27, No. 02, pp. 339 - 346.

122. Igwe J.C., Abia A.A. Adsorption isotherm studies of Cd (II), Pb (II) and Zn (II) ions bioremediation from aqueous solution using unmodified and EDTA-modified maize cob. Eclética Química. 2007 vol. 32 No.1 <https://doi.org/10.1590/S0100-46702007000100005>.

123. Koivula R., Lehto J., Pajo L., Gale T., Leinonen H. Purification of metal plating rinse waters with chelating ion exchangers, // *Hydrometallurgy*, 2000. Vol. 56, pp. 93-108.

118. Акбаров Ҳ.И., Сағдуллаев Б.У., Холиков А.Ж. Физик-кимё. Дарслик. –Т.: «Университет», 2019. 10-205 б.
119. Jianguo Wu, Aiqiang Xia and others. Adsorption Thermodynamics and Dynamics of Three Typical Dyes onto Bio-adsorbent Spent Substrate of *Pleurotus eryngii* Int J Environ Res Public Health. 2019 Mar; 16(5): 679.
120. 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 lebbek* pods Applied Water Science (2019) 9:142.
121. Senthil Kumar P., Vincent C., Kirthika K., Sathish Kumar K. Kinetics and equilibrium studies of Pb²⁺ ion removal from aqueous solutions by use of nano-silversol-coated activated carbon. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 2010. Vol. 27, No. 02, pp. 339 - 346.
122. Igwe J.C., Abia A.A. Adsorption isotherm studies of Cd (II), Pb (II) and Zn (II) ions bioremediation from aqueous solution using unmodified and EDTA-modified maize cob. Eclética Química. 2007 vol. 32 No.1 <https://doi.org/10.1590/S0100-46702007000100005>.
123. Koivula R., Lehto J., Pajo L., Gale T., Leinonen H. Purification of metal plating rinse waters with chelating ion exchangers, // *Hydrometallurgy*, 2000. Vol. 56, pp. 93-108.

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

ПЛАСТИКАТ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД АСОСИДАГИ АМИНО ВА СУЛЬФОГУРУҲ ТУТТАН ЯНГИ ПОЛИКОМПЛЕКСОНЛАРНИНГ ФИЗИК-КИМЁВИЙ ХОССАЛАРИ

(монография)

Наш лиц. АИ № 276, 15.06.2015
Босишга рухсат этилди: 18.06.2022 йил
Бичими 60x84 1/16, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулда чоп этилди.
Шартли босма табоғи 6.1. Адади 100 . Буюртма № 30-06
Тел: (99) 832 99 79; (97) 815 44 54
“LESSON PRESS” МЧЖ наشريёти,
100071, Тошкент, Комолон кўчаси, 13.
«IMPRESS MEDIA» МЧЖ босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Қушбеги кўчаси, 6-уй.