

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К.01.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УРГАНЧ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ИСМОИЛОВА ҲИМОЯТ МАТНАЗАРОВНА**

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁЛАР АСОСИДА ОЛИНГАН ИОНИТЛАРНИНГ  
ОРАЛИҚ МЕТАЛЛАР БИЛАН КОМПЛЕКСЛАРИ**

**02.00.01 – Ноорганик кимё**

**02.00.04 – Физик кимё**

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по  
химическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on  
chemical sciences**

**Исмоилова Ҳимоят Матназаровна**

Маҳаллий хомашёлар асосида олинган ионитларнинг оралиқ металллар билан комплекслари..... 3

**Исмоилова Ҳимоят Матназаровна**

Комплексы переходных металлов с ионитами, полученными, на основе местного сырья ..... 21

**Ismoilova Khimoyat**

Complexes of transition metals with ion exchangers obtained on the based local raw materials ..... 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works..... 40

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ  
DSc.03/30.12.2019.К.01.03 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**УРГАНЧ ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ**

**ИСМОИЛОВА ҲИМОЯТ МАТНАЗАРОВНА**

**МАҲАЛЛИЙ ХОМАШЁЛАР АСОСИДА ОЛИНГАН ИОНИТЛАРНИНГ  
ОРАЛИҚ МЕТАЛЛАР БИЛАН КОМПЛЕКСЛАРИ**

**02.00.01 – Ноорганик кимё**

**02.00.04 – Физик кимё**

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2021**

Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2020.2.PhD/K124 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Урганч давлат университетидида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (Ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (ik-kimyo.nuu/uz) ва «Ziynet» Ахборот таълим порталида (www. Ziynet.uz) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбарлар:**

**Ҳасанов Шодлик Бекпўлатович**  
кимё фанлари номзоди, доцент

**Бекчанов Даврон Жумазарович**  
кимё фанлари доктори, доцент

**Расмий оппонентлар:**

**Рафиқов Адхам Салимович**  
кимё фанлари доктори, профессор

**Даминова Шахло Шариповна**  
кимё фанлари доктори, доцент

**Етакчи ташкилот:**

Умумий ва ноорганик кимё институт

Диссертация химояси Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/30.12.2019.K.01.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «13» апрел соат «16<sup>00</sup>» даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 4-уй. Тел.: (+99871) 246-07-88; факс: (+99824) 246-53-21; 246-02-24, e-mail: chem0102@mail.ru).

Диссертация билан Ўзбекистон Миллий университетининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (11 рақами билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100174, Тошкент шаҳри, Университет кўчаси, 4-уй. Тел.: (+99871) 246-07-88, 277-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24; e-mail: chem0102@mail.ru. ).

Диссертация автореферати 2021 йил «01» 04 кун тарқатилди.

(2021 йил «01» 04 даги 3 рақамли реестр баённомаси)



**З.А. Сманова**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, к.ф.д., профессор

**Д.А. Гафурова**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш котиби, к.ф.д.

**Ш.А.Кадирова**  
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси, к.ф.д., профессор

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Бугунги кунда жаҳонда полимер-металл комплексларнинг янги турлари синтез қилинмоқда ва улар халқ хўжалигининг турли соҳаларида, жумладан, органик синтезда, гидрометаллургияда, полимерларни чоклашда, оқова сувларини тозалашда қўлланилади. Айниқса, хелат ҳосил қилувчи полидентант амина, краун-эфирлари, карбоксил фосфат гуруҳларини сақловчи полимерлар асосида бир қатор полимер-металл комплекслар кенг миқёсда қўлланилиб келинмоқда. Полимер-металл комплексларини олиш бўйича тадқиқотларни амалга оширишда таркибида олтингугурт, азот, кислород ва фосфор донор атомларини сақлаган технологик эритмалардан турли металл ионларини ажратувчи ва оқова сувларини зарарли моддалардан тозаловчи полимер комплексларни синтез қилиш ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Дунёда ишлаб чиқариладиган полимер-металл комплекслар одатий металл катализаторларига қараганда активлиги юқорироқ бўлган катализаторлар сифатида органик реакцияларни олиб боришда кенг қўлланилиб келинмоқда. Бунга сабаб полимерлар сиртига металл атомлари нано ўлчамда эканлиги учун металл атомларининг умумий юзаси одатий ҳолатдаги металлларга нисбатан жуда юқори бўлганлигидадир. Бундай полимер-металл катализаторлар ўзининг юқори самарадорлиги ва селективлиги билан ажралиб туради. Шунинг учун кимёвий жараёнларни сифатли ва юқори самарадорликда олиб бориш учун бундай турдаги катализаторлардан фойдаланиш алоҳида аҳамият касб этади.

Республикамизда маҳаллий хомашёлар асосида ишлаб чиқариладиган синтетик полимерларнинг ишлатилиш соҳаларини кенгайтириш, полимер-металл комплекслари олинишининг мақбул шароитларини аниқлаш ва уларни саноат тармоқларида жорий этишга катта эътибор қаратилган. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида<sup>1</sup> «маҳаллий хомашёларни чуқур қайта ишлашни ва улар асосида янги импорт ўрнини босувчи маҳсулотлар ишлаб чиқаришни кўзда тутувчи саноатни янги сифат жиҳатдан юқorigа кўтариш»га йўналтирилган вазибалар белгилаб берилган. Бу борада маҳаллий хомашёлар асосида истиқболли селектив ва каталитик хоссали полимер-металл комплекслар олишнинг инновацион ва иқтисодий жиҳатидан самарадор йўлларида бири бу кўп тоннали синтетик полимерлар сиртида металл заррачалари тутган полимер-металл комплекслар олиш жараёнини тадқиқ қилиш муҳим вазибалардан ҳисобланади.

Ушбу диссертация иши Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралда қабул қилинган ПФ-4947 «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, 2019 йил 3 апрелдаги ПҚ-4265-сонли «Кимё саноатини янада ислоҳ қилиш ва

---

<sup>1</sup> 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси / Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли Фармони.

унинг инвестициявий жозибадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ва 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сон «Кимё ва биология йўналишларида узлуксиз таълим сифатини ва илм-фан натижадорлигини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарори ижросини таъминлашда ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти натижалари муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг VII.Кимё технологиялари ва нанотехнологиялар устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Бугунги кунгача турли синтетик полимерлар сиртида металл заррачалари сақлаган полимер-металл комплекслар синтез қилиш қонуниятларни тадқиқ қилиш ва уларни sanoatning турли тармоқларида қўллаш бўйича бир қатор илмий изланишлар олиб борилган. Хусусан, бир қатор хориж олимлари Hiroyuki Nishide, David Mayevsky, Orawan Winther-Jensen, Bjorn Winther-Jensen, Inamuddin Lucman, Eric Monfilier, G.I. Dzhardimalieva, Chuanyi Wang, G.M. Ayoub, L. Semerjian, A. Acra, M. El-Fadel, B. Koopman, K.Y. Foo, B.H. Hameed, Y.S. Zheng, J. Wang, Beata Zawisza, Anna Baranik, Ewa Malicka, Ewa Talik, Rafał Sitko, P.P. Kalbende, A.B. Zade; шунингдек, МДХ давлатлари олимларидан Е.А.Бектуров, С.Е. Кудайбергенов, А.Л. Максимов, О.В. Нецкина, С.Р. Гаджиева, Н.М. Джафарова, Ф.Н. Бахманова, С.З. Гамидов, Ф.М. Чырагов, А.К. Байдуллаева, Н.А. Бектенов, Е.Е. Ергожин, Т.К. Чалов, А.И. Никитина, Т.В. Ковригина, К.Х. Хакимболатова, В.В. Бондарева, А.А. Шиндлер, В.Ф. Борбат, Л.Н. Адеева, С.С. Кубышевлар ўз тадқиқотларида полимер-металл комплекслар олиш механизмлари, хоссалари ва қўлланилиш соҳалари бўйича бир қатор ишларни амалга оширганлар.

Мамлакатимизда ушбу соҳада илмий изланишлар олиб бораётган олимлардан Н.А. Парпиев, С.Ш. Рашидова, У.Н. Мусаев, Х.Т. Шарипов, Т.М.Бабаев, М.Г. Мухамедиев, О.Н. Рўзимуродов, Н.Р. Вохидова, Ш.Ш. Даминова, З.Ч. Кадирова, Д.А. Гафурова, Ш.А. Кадирова, Ф.Б. Эшкурбонов, Х.Х. Тураев, Н.Д. Амонова, Н.Т. Каттаев, М.К. Рустамовлар турли ноорганик ва органик полимерлар сиртида металл заррачалари сақлаган полимер-металл комплекслар олиш бўйича олиб борган илмий тадқиқотларини келтириб ўтиш ўринли бўлади.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация иши Тошкент вилояти Чирчиқ давлат педагогика институтининг № ПЗ-20170926416 «Маҳаллий хомашёлар асосида олинган ионитлар иштирокида технологик эритмалар ва оқова сувлар таркибидан металл ионларини ажратиш олиш» илмий лойиҳаси доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** маҳаллий хомашёлар асосида олинган ионитларнинг оралиқ металллар билан комплексларини олиш, тузилиши ва хоссаларини тадқиқ қилишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифалари:**

маҳаллий хомашё асосида олинган амина ҳамда амина ва фосфон гуруҳлари тутган поликомплексонларнинг Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II) ва Cr(III) ионларини сорбция кинетикаси, изотермаси ва термодинамикасини тадқиқ қилиш;

сорбция натижасида олинган полимер-металл комплекслари таркиби, тузилиши ва термик барқарорлигини аниқлаш;

олинган бирикмаларнинг фазовий тузилишини квант кимёвий ҳисоблашлар билан асослаш;

поликомплексонларнинг оралиқ металл ионлари билан комплекс ҳосил қилиш хоссаларидан фойдаланган ҳолда амалиётда қўллаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида амина ҳамда амина ва фосфон гуруҳлари тутган поликомплексонлар, рангли металллар мис (II), никел (II), кобальт (II), рух (II) ва хром (III) ионларини сақловчи эритмалар ишлатилди.

**Тадқиқотнинг предмети** оралиқ металл ионларининг сорбциялаш шароитлари, комплекс бирикмаларнинг тузилиши, хоссалари, жараёнлар кинетикаси, изотермаси ва термодинамикасидан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Тадқиқотлар жараёнида ИҚ-спектроскопия, диффуз қайтарилишни электрон спектр, дифференциал термик анализ, оптик эмиссион спектроскопия, спектрофотометрия, комплексометрия, полимер-металл комплексларининг квант кимёвий таҳлили, сорбция механизмини Ленгмюр ва Фрейндлих назариялари ҳамда псевдо-биринчи ва псевдо-иккинчи тартибли кинетик моделлари каби замонавий назарий ва экспериментал тадқиқот усулларида фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

илк бор маҳаллий хомашё асосидаги олинган поликомплексонларнинг мис (II) ва хром (III) ионларига нисбатан селективлиги аниқланган;

поликомплексонларнинг Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II) ва Cr(III) ионлари билан сорбция механизми комплекс ҳосил бўлиш орқали кетиши ИҚ-спектроскопия, диффуз қайтарилишнинг электрон спектри ҳамда элемент таҳлил ёрдамида аниқланган, олинган комплексларнинг таркиби, тузилиши ва координацион тугун геометрияси исботланган;

поликомплексонларнинг мис (II), никель (II), кобальт (II), рух (II) ва хром (III) ионлари билан ҳосил қилган координацион бирикмаларининг координацион тугунлари квант кимёвий усулда ҳисобланган ва геометрик параметрлари аниқланган;

поликомплексонлар иштирокида «Муборак газни қайта ишлаш заводи» АЖ нинг оқова сувларидан рангли металл ионларини комплекс ҳосил қилиб ажратиш олиш мумкинлиги аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

маҳаллий хомашё асосидаги поликомплексонларнинг оралиқ металллар ионларини сорбциялашининг оптимал шароитлари аниқланган;

ҳосил бўлган координацион бирикмаларнинг тузилиши, металл ионлари гибридланиши ва координацион сони топилган;

оралиқ металлларни поликомплексонлар билан сорбцияланиш кинетикаси, изотермалари ва термодинамика параметрларининг ўрганилиши натижасида сорбциянинг энг мақбул шароитлари аниқланган;

поликомплексонлар иштирокида саноат корхоналари оқова сувларидан рангли ва оғир металлларни координацион боғ ҳисобига сорбция қилиб ажратиб олинган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** ИҚ-спектроскопия, диффуз қайтарилишнинг электрон спектр, дифференциал термик анализ, оптик эмиссион спектроскопия, спектрофотометрия, комплексометрия каби замонавий усуллар ёрдамида экспериментал натижалар олинганлиги билан асосланган. Ионит ва металл ионлари орасида кучли комплекс боғлар ҳосил бўлиши назарий жиҳатдан квант кимёвий ҳисоблар орқали исботланган. Ион мувозанат, поликомплексонларга металл ионлари сорбцияланиш жараёнлари кинетикаси псевдо биринчи ва псевдо иккинчи тартибли моделлар ҳамда сорбция изотермаси Ленгмюр ва Фрейндлих изотерма моделлари, шунингдек, металл ионлари сорбция термодинамикаси ҳақидаги замонавий назарияларда ишлатиладиган тенгламаларни қўллаш орқали олинган натижаларни таҳлил қилиш билан хулосалар қилинган ҳамда математик статистика усуллари билан қайта ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти оралиқ металлларнинг поликомплексонларга сорбцияланиш шароитлари, термодинамик ва кинетик параметрлари аниқланганлиги, янги полимер-металл комплекс бирикмаларининг таркиби, тузилиши ва физик-кимёвий хоссаларини тадқиқ қилиш орқали турли селективликдаги полимер-металл комплекслари олиш мумкинлиги билан изоҳланди.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти эса поликомплексонларнинг селектив хоссасига асосланиб, республика ҳудудида жойлашган саноат корхоналаридан чиқадиган оқова сувларни зарарли металл ионларидан самарали тозалаш ва гидрометаллургияда технологик эритмаларни концентрлаш ҳамда металл ионларини ажратиб олишдан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Анионит ва полиамфолит билан оралиқ металллар ионларининг сорбцияланишини ўрганишда олинган илмий натижалар асосида:

оқова сувларни поликомплексонлар иштирокида тозалаш «Муборак газ қайта ишлаш заводи» АЖ амалиётида жорий қилинган («Муборак газни қайта ишлаш заводи» АЖ нинг 2021 йил 12 январдаги № 21/GK-01-21-сон маълумотномаси). Натижада оралиқ металл ионларини комплекс боғ ҳисобига селектив ажратиб олувчи мини ускуна яратиш имконини берган; селектив поликомплексонлар «Муборак газни қайта ишлаш заводи» АЖ амалиётига жорий қилинган («Муборак газни қайта ишлаш заводи» АЖ нинг 2021 йил 12 январдаги № 21/GK-01-21-сон маълумотномаси). Натижада, поликомплексонлар оқова сувлари таркибидаги Cu(II), Ni(II), Zn(II) металл



ионлари миқдорини 1,25% гача камайтириш имконини берган; поликомплексонлар «УРГАНЧ БАҲМАЛ» МЧЖ амалиётига жорий қилинган (Ўзбекистон Республикаси Экология ва атроф-муҳитни муҳофаза қилиш давлат қўмитасининг 2020 йил 18 мартдаги № 01-02/8-342 сон маълумотномаси). Натижада оқова сувлар таркибидаги оралиқ металл мис (II), кобальт (II), никель (II), рух (II) ва хром (III) ионларнинг миқдорини 75-80% га камайтириш имконини берган;

селектив хоссали поликомплексонлар А-7-23 рақамли «Маҳаллий сорбентлар ёрдамида мис ионларини оқова сувларидан ажратиб олиш технологияси» мавзусидаги (2015-2017йй) амалий лойиҳада оқова сувларидан мис ионларини селектив ажратишда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2020 йил 17 июлдаги №89-03-2581-сон маълумотномаси). Натижада саноат корхоналари оқова сувларидан мис (II) ионларини селектив ажратиб олиш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Тадқиқот натижалари 12 та, жумладан, 1та халқаро ва 2 та республика илмий-амалий анжуманларида маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши.** Диссертация мавзуси бўйича жами 22 та илмий иш чоп этилган, шулардан, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан, 4 та мақола республика ва 4 та мақола хорижий журналларда нашр этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, адабиётлар рўйхати, иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 саҳифани ташкил этади.

## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида ишнинг долзарблиги ва мавзунинг янгилиги ва зарурлиги асослаб берилган, тадқиқот мақсади ва вазифалари таърифланган, тадқиқотнинг объект ва предметлари аниқланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологияси тараққиётининг устувор йўналишларига мос келиши кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари ёритилган, олинган натижаларнинг ишончлилиги асосланган, эришилган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларини жорий қилиш рўйхати, нашр этилган ишлар ва диссертация структураси ҳақида маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг «**Поликомплексонлар асосида полимер-металл комплексларнинг олиниши ва аҳамияти**» деб номланган **биринчи бобида**, асосан, полимер-металл комплексларнинг олиниши ва уларнинг хоссалари, каталитик хусусиятлари ҳамда таркибида ҳар хил функционал гуруҳ тутган

анионитлар, катионитлар ва поликомплексонлар комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг физик-кимёвий асослари қиёсий таҳлил қилинган, технологик эритмалардан рангли ва нодир металл ионларини комплекс ҳосил қилувчи ионитлар ёрдамида сорбциялашга доир адабиётлар шарҳи келтирилган.

Диссертациянинг «Поликомплексонларнинг оралиқ металллар билан комплексларининг тузилиши» деб номланган иккинчи бобида поликомплексонлар билан оралиқ металл ионлари комплексларининг ИҚ-спектроскопик таҳлили, сорбция маҳсулотларини ДСК-термик таҳлили, поликомплексонларнинг 3d-металлар билан комплексларини диффуз қайтарилишни электрон спектрлари, сорбция маҳсулотларининг энергетик ва геометрик параметрларини квант-кимёвий ҳисоблаш келтирилган.

Синтез қилинган комплекс бирикмаларда Cu-N боғи  $422\text{ см}^{-1}$ , Cr-N боғи  $422\text{ см}^{-1}$ , Zn-N  $419\text{ см}^{-1}$ , Ni-N  $409\text{ см}^{-1}$  ва Co-N  $422\text{ см}^{-1}$  да ютилиш соҳалари қайд қилинади. Буни, шунингдек,  $3360\text{ см}^{-1}$  соҳада намоён бўлаётган иккиламчи амина-гуруҳ валент тебранишларини ютилиш соҳасини пасайишида ҳам кўриш мумкин. Бунда мисли комплексларда амина гуруҳни ютилиш соҳаси  $3340\text{ см}^{-1}$ , хромлида  $3281\text{ см}^{-1}$ , рухли комплексда  $3357\text{ см}^{-1}$ , никелли комплексда  $3348\text{ см}^{-1}$  ва кобальтлида  $3350\text{ см}^{-1}$  да кузатилиб, боғнинг ютилиш соҳасини  $3-81\text{ см}^{-1}$  оралиғида пасайиши қайд қилинди. Металл сульфатлари сорбцияси амалга оширилган комплексларда  $457-482\text{ см}^{-1}$  оралиғида Me-O боғига хос бўлган ютилиш соҳалари кузатилди.

1-жадвал

**РРЕ-1 ва сорбция натижасида ҳосил бўлган комплексларнинг ИҚ-спектрлари**

Бирикма	$\nu$ (NH)	$\delta$ (NH)	$\nu$ (CH <sub>2</sub> )	$\delta$ (CH <sub>2</sub> )	Me-N	Me-O
РРЕ-1	3360	1635	1070	1456	-	-
[CrL <sub>3</sub> ]Cl <sub>3</sub>	3281	1634	1070	1456	422	-
[CoL <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	3350	1634	1072	1456	422	457
[NiL <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	3348	1634	1070	1454	409	482
[CuL <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	3340	1634	1072	1454	422	476
[ZnL <sub>2</sub> ]SO <sub>4</sub>	3357	1634	1070	1447	419	467

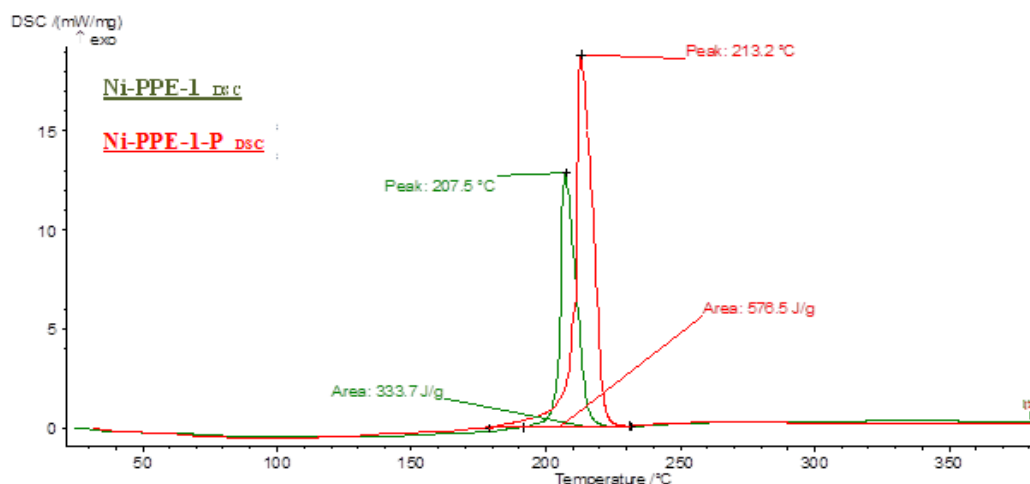
РРЕ-1-Р полиамфолитининг ИҚ-спектрини таҳлил қилиш унда янги  $1298\text{ см}^{-1}$  (P=O боғ) ва  $2120\text{ см}^{-1}$  (P-(OH) нинг -ОН боғи) ютилиш спектрлари пайдо бўлишини кўрсатди. Координациядан кейин P=O боғнинг ютилиш частотаси мос равишда  $8-26\text{ см}^{-1}$  га пасайганлиги, -ОН ва иккиламчи амина гуруҳларнинг валент тебранишлари эса мос равишда  $7-42\text{ см}^{-1}$  ва  $23-115\text{ см}^{-1}$  ортанлиги қайд этилди. Бундан координация P=O боғнинг кислород атоми орқали борганини айтишимиз мумкин.

2-жадвал

**РРЕ-1-Р ва сорбция натижасида ҳосил бўлган комплексларнинг ИҚ-спектрлари**

Бирикма	$\nu$ (P=O)	$\nu$ (NH)	$\nu$ (OH)	$\delta$ (CH <sub>2</sub> )	$\nu$ (CH <sub>2</sub> )	Me-O
РРЕ-1-Р	1298	3281	2120	1457	1072	-
[CrL <sub>3</sub> ]Cl <sub>3</sub>	1290	3396	2162	1456	1072	470
[CoL <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	1288	3338	2153	1455	1072	473
[NiL <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	1291	3304	2127	1455	1077	474
[CuL <sub>4</sub> ]SO <sub>4</sub>	1274	3305	2142	1458	1085	488
[ZnL <sub>2</sub> ]SO <sub>4</sub>	1272	3354	2143	1456	1070	492

Синтез қилинган полимер-металл комплексларининг термик барқарорлиги аниқлаш мақсадида олинган намуналарни термоаналитик тадқиқотлар Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (Германия) ускунасида 350 °С ҳароратга қадар олиб борилди.



1-расм.  $[\text{NiL}^1_4]\text{SO}_4$  ва  $[\text{NiL}^2_4]\text{SO}_4$  комплексларининг дериватограммаси

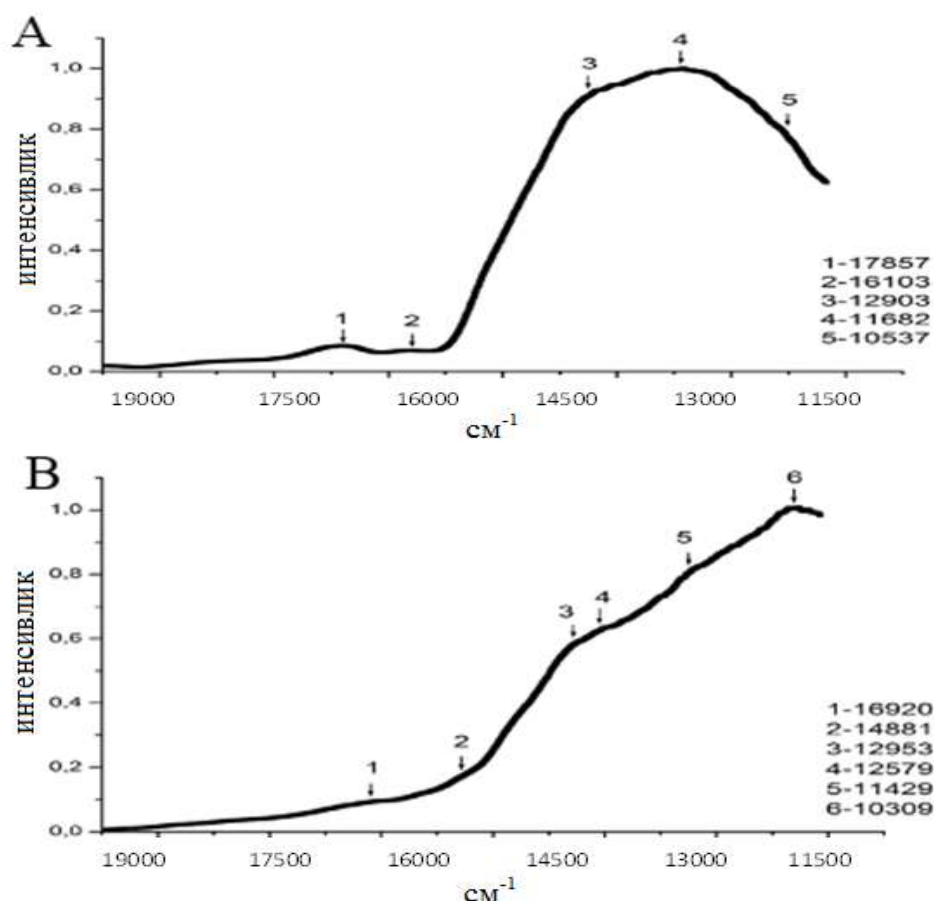
Олинган полимер-металл комплекс бирикмаларининг термик анализ натижалари шуни кўрсатдики,  $[\text{NiL}^1_4]\text{SO}_4$  ва  $[\text{NiL}^2_4]\text{SO}_4$  таркибли координацион бирикмаларининг максимал термик барқарорлиги мос равишда 207,5°С ва 213,2°С ларга тенглиги аниқланди, бу олинган полимер-металл комплекслари бўйича энг юқори кўрсаткич ҳисобланади. Олинган маълумотлардан кўриниб турибдики,  $[\text{NiL}^1_4]\text{SO}_4$  ва  $[\text{NiL}^2_4]\text{SO}_4$  координацион бирикмалари энг барқарор комплекс деб ҳулоса қилиш мумкин.

Шунингдек, олинган полимер-металл комплекс бирикмаларининг диффуз қайтарилишни электрон спектрлари координацион бирикманинг координация тугуни геометриясини, марказий атомнинг координацион сонини аниқлаш учун қўлланилди.

Кобальт (II) комплекслари электрон спектрлари кўпгина ҳолларда структура бўйича муҳим ахборот бериши мумкин. Кўпчилик олти координацияланган кобальт (II) комплекслари юқори спинли бўлади. Уларнинг асосий ҳолати  $^4T_{1g}$  ва спин-орбитал таъсир сезиларли. Ушбу гуруҳ комплексларида назарий жиҳатдан учта ўтиш кузатилади:  $^4T_{1g}(F) \rightarrow ^4T_{2g}$ ,  $^4T_{1g}(F) \rightarrow ^4A_{2g}$  ва  $^4T_{1g}(F) \rightarrow ^4T_{1g}(P)$ .  $^4T_{1g}(F) \rightarrow ^4A_{2g}$  даги икки электронли ўтиш кузатилмайди.  $\sim 20\ 000\ \text{cm}^{-1}$  даги ўтиш октаэдрик комплексларда  $^4T_{1g}(F) \rightarrow ^4T_{1g}(P)$  ўтишга мос келади. Қайтариш пайдо бўлишига сабаб,  $^4T_{1g}(P)$  даги спин-орбитал таъсирлашув айнийликни йўқотади.  $8350\ \text{cm}^{-1}$  даги иккинчи чўққи  $^4T_{1g}(F) \rightarrow ^4T_{2g}$  ўтишга хос бўлади.

$[\text{CoL}^1_4]\text{SO}_4$  бирикманинг электрон спектрида 17857, 16103, 12903, 11682 ва  $10537\ \text{cm}^{-1}$  чўққилар кузатилади.

$[\text{CoL}^2_4]\text{SO}_4$  координацион бирикмасида 16920, 14881, 12953, 12579, 11429 ва  $10309\ \text{cm}^{-1}$  чўққилар мавжуд.

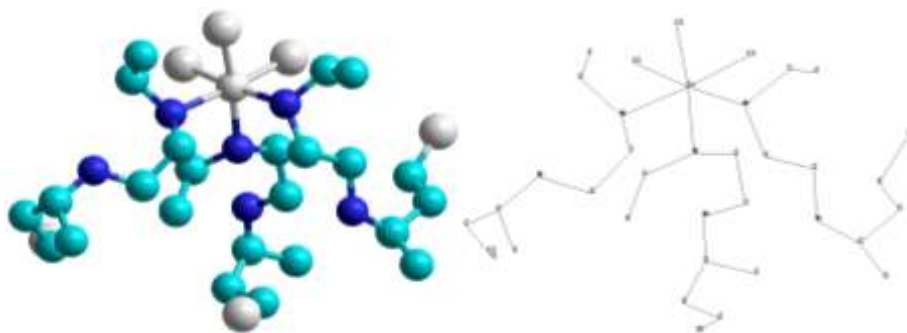


2-расм. А-[CoL<sup>1</sup><sub>4</sub>]SO<sub>4</sub> ва В-[CoL<sup>2</sup><sub>4</sub>]SO<sub>4</sub> комплексларнинг ДҚЭС анализи

Адабиётлар маълумотларига кўра d-қавати тўлмаган металл ионларида кўзгалиш ва электронларнинг кўчиш жараёни содир бўлади. Бу эса ҳар бир ион учун ўзига хос бориб, координацион бирикмаларни идентификациялашда қўлланилади. Олинган маълумотларга асосланиб, барча металл ионлари учун ҳосил бўлган комплексларнинг диффуз қайтарилишни электрон спектрлари қийматлари октаэдрик тузилишга эга эканлигини кўрсатади.

Квант-кимёвий ҳисоблашлар HyperChem 8.07 дастурий пакетнинг РМЗ яқинлашувида амалга оширилди. Ўхшашлик градиенти 0.05 чегарада аниқланди. ИҚ-спектроскопия, ДҚЭС натижаларидан келиб чиқиб молекулаларнинг дастлабки Z-матрицалари тузилди, бунда координация Me-N боғлар орқали ҳосил бўлиши инobatга олинди ва 6 координацияланишига таянган ҳолда хромли комплекслар учун металл:полимер=1:3, мис, никель, кобальт металлари учун 1:4, рух учун 1:2 нисбатда бўлади, деб тахмин қилинди ва энергетик ҳамда геометрик параметрлар ҳисобланди.

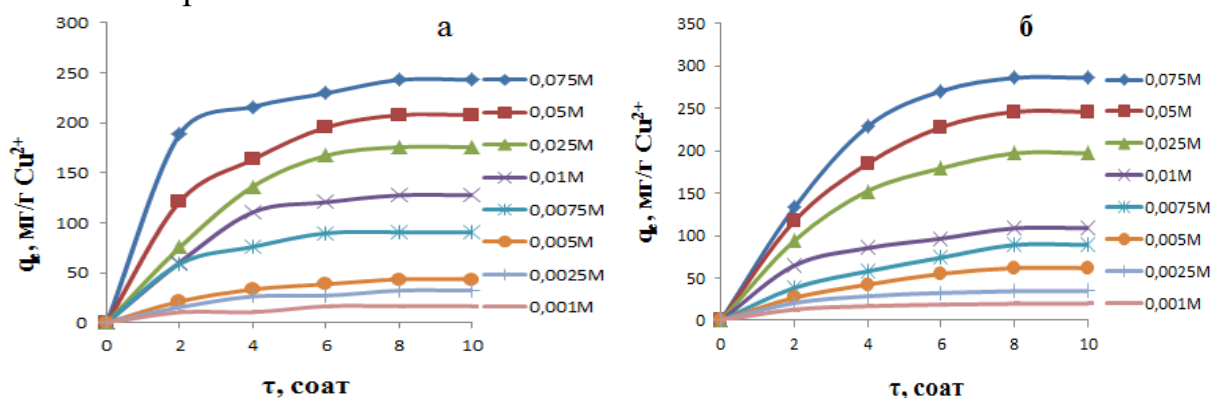
Хромли комплекс учун энг мақбул деб топилган фазовий тузилишда металл иккиламчи амин гуруҳи азоти орқали бириккан бўлиб, металл хлорид таркибидаги хлорлар бир тарафда, полимер молекулалари иккинчи тарафда жойлашиши аниқланди (3-расм).



3-расм.  $[\text{CrL}^1_3]\text{Cl}_3$  комплекснинг фазовий тузилиши

Диссертациянинг «Сорбция термодинамикаси, кинетикаси ва тадқиқот натижаларининг амалиётга татбиқи» деб номланган учинчи бобида поликомплексонларга металл ионларининг ютилиш қонуниятлари, поликомплексонларга оралиқ металл ионларининг ютилиш кинетикаси таҳлили, амина ва фосфит гуруҳларини сақловчи поликомплексонларга металл ионларининг ютилиш изотермаси ва термодинамикаси, поликомплексонлар иштирокида оқова сувларини металл ионларидан тозалаш усуллари келтирилган.

Поливинилхлорид асосида олинган анионит ва полиамфолитга мис (II), никел (II), кобальт (II), рух (II) ва хром (III) ионларини ҳар хил ҳароратлар (303, 313, 323K) да, турли концентрациялар (0.001, 0.0025, 0.005, 0.0075, 0.01, 0.025, 0.05, 0.075M) да ва сорбция давомийлиги (2-10 соат) оралиғида ўрганилди. Сорбция жараёнининг мувозанат изотермаларини псевдо биринчи тартибли ва иккинчи тартибли, Лэнгмюр, Фрейндлих усулларида моделлаштириш асосида сорбциялаш жараёни кинетикаси ва термодинамикаси тадқиқ қилинди ва натижалар олинди. PPE-1 ва PPE-1-P га металл ионларининг ютилиш кинетикаси:



4-расм.  $\text{Cu}(\text{II})$  иони ютилиш кинетикаси. PPE-1 (а) ва PPE-1-P (б) ( $T=323\text{K}$ )

Поликомплексонларга металл ионларининг координацион боғ ҳосил қилиб ютилишига сорбция давомийлиги ва эритма концентрация таъсири ўрганилди. Олинган натижалари шуни кўрсатдики, PPE-1 ва PPE-1-P поликомплексонларига металл ионлари деярли бир хил миқдорда ютилган. Бу металл ионларининг поликомплексонлар билан асосан координацион боғ ҳосил қилиши ҳисобига сорбцияланганлигидан далолат беради.

Амин ва фосфит гуруҳ тутган анионит ва полиамфолитга  $\text{Cu}(\text{II})$ ,  $\text{Ni}(\text{II})$ ,  $\text{Co}(\text{II})$ ,  $\text{Zn}(\text{II})$ ,  $\text{Cr}(\text{III})$  металл ионлари сорбция кинетикаси тадқиқ қилиш

сорбция жараёни *Псевдо иккинчи тартиб кинетик* тенгламага мослиги кўрсатилди.

Поликомплексонларга оралиқ металл ионларининг координацион боғ орқали ютилиш қонуниятларини ва селективлиги баҳолаш мақсадида, поликомплексонларга оралиқ металл ионларининг ютилиш активланиш энергиялари ҳисобланди. Бунинг учун Аррениус тенгласидан фойдаланилди:

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

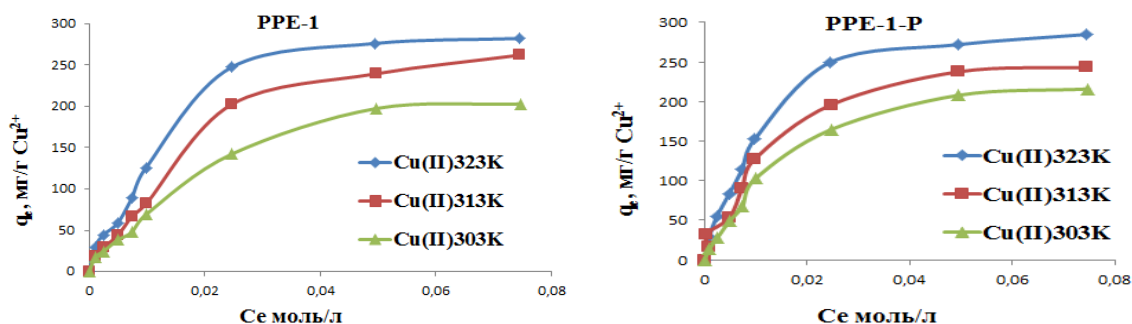
Бу ерда:  $A_0$  экспонентал фактор,  $E_a$  – активланиш энергияси ва  $k_2$  (г/мг мин) турли ҳароратлардаги псевдо-иккинчи тартибли кинетик константа.  $E_a$  активланиш энергиясини топиш учун  $\ln k_2$  ва  $1/T$  боғлиқлик графиги тузилди ва натижалар жадвалда келтирилган. (3-жадвал)

3-жадвал

**Поликомплексонларга Cu(II), Ni(II), Co(II), Cr(III) ва Zn(II) ионлари сорбциясининг кинетик кўрсаткичлари ва активланиш энергияси**

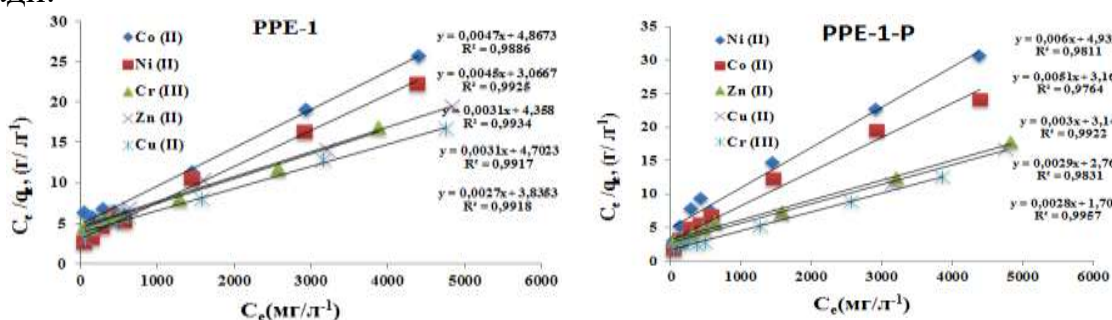
Металл иони	PPE-1				PPE-1-P		
	T K	$k_2$ г/мг·мин	$R^2$	$E_a$ кДж/ моль	$k_2$ г/мг·мин	$R^2$	$E_a$ кДж/ моль
Cu(II)	303	0,00409	0,907	17,35	0,00436	0,900	17,99
	313	0,00573			0,00621		
	323	0,00636			0,00676		
Cr(III)	303	0,00345	0,986	7,071	0,00428	0,978	8,968
	313	0,00371			0,00466		
	323	0,00411			0,00534		
Zn(II)	303	0,00292	0,951	8,655	0,00302	0,971	25,98
	313	0,00312			0,00462		
	323	0,00361			0,00571		
Ni(II)	303	0,00211	0,997	26,89	0,00426	0,994	12,15
	313	0,00289			0,00507		
	323	0,00409			0,00575		
Co(II)	303	0,00104	0,924	23,43	0,00219	0,974	22,88
	313	0,00161			0,00317		
	323	0,00184			0,00385		

Полимер-металл комплексларини олиш учун поликомплексонларга оралиқ металл Cu(II), Zn(II), Cr(III), Ni(II) ва Co(II) ионларининг координацион боғ орқали ютилиш мувозанат ҳолатлари ўрганилди. Сорбция жараёни 303К, 313К, 323К ҳароратларда олиб борилди. Олинган натижалар асосида сорбция жараёнининг изотермаси тузилди.



5-расм. PPE-1 ва PPE-1-P га Cu(II) ионларини ютилиш изотермаси

Графикдан кўриниб турибдики, металл ионларининг поликомплексонларга ютилишида муҳит ҳарорати ошиши билан ютилаётган металл ионларининг миқдори ортиб борган, бу эса металл ионлари поликомплексонларга кимёвий сорбция орқали ютилаётганидан далолат беради.



6-расм. Ленгмюр изотермаси. Co(II), Ni(II), Cr(III), Zn(II),Cu(II) ионлари

4-жадвал

Металл ионларининг PPE-1 ва PPE-1-P га адсорбцияланишининг Ленгмюр ва Фрейндлих изотермаси натижалари

Изотерма параметрлари	Металл ионлари сорбцияси				
	Cu(II)	Ni(II)	Co(II)	Zn(II)	Cr(III)
Фрейндлих	<i>PPE-1 Анионит</i>				
n	1,25	1,33	1,5	1,37	1,2
K <sub>f</sub>	8,09	4,59	2,62	2,46	1,9
R <sup>2</sup>	0,893	0,971	0,952	0,992	0,991
Фрейндлих	<i>PPE-1-P Полиамфолит</i>				
n	3,5	4	3	1,25	1,22
K <sub>f</sub>	8,33	2,96	1,96	7,4	10,4
R <sup>2</sup>	0,972	0,982	0,962	0,986	0,989
Ленгмюр	<i>PPE-1 Анионит</i>				
K <sub>L</sub>	102	106,67	84	81,82	57,1
R <sub>L</sub>	0,129	0,124	0,156	0,161	0,229
R <sup>2</sup>	0,994	0,986	0,953	0,942	0,979
Ленгмюр	<i>PPE-1-P Полиамфолит</i>				
K <sub>L</sub>	72,2	65,1	63,3	86,67	91,4
R <sub>L</sub>	0,182	0,201	0,207	0,152	0,144
R <sup>2</sup>	0,998	0,998	0,993	0,999	0,990

Металл ионларини поликомплексонларга ютилиш изотермасини тадқиқ қилиш учун Ленгмюр ва Фрейндлих изотерма моделларидан фойдаланиб, изотерма константалари ҳисоблаб топилди. Фрейндлих параметр қийматлари

PPE-1 ва PPE-1-P поликомплексонларга кўра мос равишда Cu(II) иони  $n = 1,25$  ва  $3,5$ , Cr(III) иони  $n = 1,2$  ва  $1,22$ , Zn(II) иони  $n=1,37- 1,25$ , Co(II) иони  $n=1,5-3$  ва Ni(II) иони  $n=1,33-4$  га тенг, бу эса ионитларга металл ионлари сорбцияси кузатилгандан далолат беради. Адсорбция жараёни Фрейндлих адсорбция назариясига кўра бўйсинишини кўрсатади. Корреляция коэффициентлари  $R^2$  қийматлари PPE-1 ва PPE-1-P поликомплексонларга мос равишда Cu(II)  $0,893-0,972$ , Cr(III)  $0,991-0,989$ , Zn(II)  $0,992-0,986$ , Co(II)  $0,952-0,962$  ва Ni(II)  $0,971-0,982$  гача ўзгариши кузатилди. Ленгмюр параметр қийматлари PPE-1 ва PPE-1-P поликомплексонларда мос равишда барча оралиқ металлларда корреляция коэффициентлари  $R^2$  қийматлари 1 га яқинлиги ва сорбция жараёни учун  $0 < R_L < 1$  қулай,  $R_L > 1$  ноқулай,  $R_L = 1$  чизиқли ва  $R_L = 0$  қайтмас бўлишини ифодалайди. Сорбция жараёни Ленгмюр мономолекуляр адсорбцияси назариясига бўйсунушини ( $R_L$ -қулай бўлиши) кўрсатади.

Металл ионлари сорбция мувозанат ҳолатлари ва термодинамикасини тадқиқ қилиш орқали ўрганилаётган жараён Ленгмюрнинг мономолекуляр адсорбцияси назариясига бўйсунуши ҳамда сорбция жараёнининг термодинамик параметрлари – эркин энергия ( $\Delta G$ ), энтальпия ( $\Delta H$ ) ва энтропия ( $\Delta S$ ) ўзгариши Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) металл ионларининг ионитлар билан ион алмашилиш реакцияси орқали ютилиши аниқланди.

5-жадвал

*Сорбция жараёнида термодинамик параметрларнинг ўзгариши(PPE-1)*

Металл ионлари	$\Delta H$ (кЖ/моль)	$\Delta S$ (Ж/моль·К)	$\Delta G$ (кЖ/моль)		
			303 К	313 К	323 К
Cu(II)	13026,4	66,31	-7063,03	-7726,04	-8389,06
Zn(II)	6270,08	45,71	-7578,91	-8035,96	-8493,02
Cr(III)	9487,98	57,53	-7944,73	-8520,07	-9095,4
Ni(II)	20470,7	86,46	-5728,35	-6593,1	-7457,66
Co(II)	2995,030	33,16	-7053,32	-7384,95	-7716,58

6-жадвал

*Сорбция жараёнида термодинамик параметрларнинг ўзгариши(PPE-1-P)*

Металл ионлари	$\Delta H$ (кЖ/моль)	$\Delta S$ (Ж/моль·К)	$\Delta G$ (кЖ/моль)		
			303 К	313 К	323 К
Cr(III)	7534,98	43,71	-5710,6	-6147,8	-6584,9
Cu(II)	7631,75	46,02	-6313,2	-6773,4	-7233,7
Zn(II)	4595,81	37,38	-6731,7	-7105,6	-7479,5
Co(II)	2884,95	28,53	-5762,5	-6047,9	-6333,3
Ni(II)	4512,59	35,81	-6335,1	-6693,1	-7051,1

Жадвалларда берилган маълумотлардан кўриниб турибдики, энтальпия қийматининг ўзгариши сорбция жараёнининг эндотермиклиги аниқланди. Энтропия қийматининг ўзгариши ионит юзасидаги ва эритмадаги ионлар ўртасида ион алмашилиш реакцияси борганлигидан далолат беради. Шунингдек, системада эркин энергиясининг манфий қийматларининг ҳарорат ортиши билан ортиб бориши оралиқ металл ионларининг ионитларга ютилиши ўз-ўзича кетганлигини кўрсатади.



Олинган натижалар шуни кўрсатадики, таркибида азот ва фосфор тутган сорбентлар билан мис(II), никел(II), кобальт(II), рух(II) ва хром(III) ионлари барқарор комплекс ҳосил қилиб бириккан, шунинг билан биргаликда мис(II) ва хром(III) ионлари бошқа металл ионларига нисбатан полиамфолит билан юқори мойилликни намоён қилиб кучли комплекс ҳосил қилган. Сорбция жараёнига таъсир этувчи омиллар ҳарорат ва эритма концентрациясининг ортиши билан ионитларга металл ионларининг ютилиши ортиб борган, бу эса ютилиш жараёни кимёвий сорбция билан бораётганлигидан далолат беради.

Поликомплексонларнинг қўлланилиши мумкин бўлган соҳаларини аниқлаш мақсадида PPE-1 ва PPE-1-P поликомплексонларининг металл ионлари билан кучли комплекс ҳосил қилиш хоссаларига асосланиб, Муборак газ қайта ишлаш заводининг «Техник назорат бўлими» (ТНБ) қошидаги кимёвий таҳлил лабораториясида оқова сувларини металл ионларидан тозалаш бўйича синовдан ўтказилди. Тадқиқот натижаларига кўра, оқова сувларини металл ионларидан тозалаш учун поликомплексонлардан фойдаланган ҳолда модель қурилма ишлаб чиқилиб, технологик жараёнларга жорий қилинди ва поликомплексонлар ёрдамида оқова сувлари таркибидаги Cu(II), Ni(II), Zn(II) металл ионлари миқдори 1,25% гача камайтириш имконини берган;

Шунингдек, PPE-1 ва PPE-1-P поликомплексонлари ёрдамида «Самарали технологик ечимлар» масъулияти чекланган жамиятга қаршли оқова сувларни тозалаш иншоотида синовдан ўтказилди. Мазкур иншоот «Урганч Бахмал» МЧЖ корхонасида пахта толасидан олинган газламаларни бўяш жараёнида ажралиб чиққан оқова сувларни тозалашга мўлжалланган. Адсорбция жараёни кириш ва чиқишдаги кўрсаткичларни таққослаш асосида назорат қилиб борилди ва тозалаш хусусияти текширилди. Чиқинди сув таркибидаги металл ионларининг ионитларга сорбцияланганлиги спектрометрик усулда ўрганилди. Олинган натижалар 7-жадвалда келтирилган.

7-жадвал

**«Урганч Бахмал» МЧЖ корхонасидан ажралиб чиқётган оқова сувларни тозалаш самарадорлиги кўрсаткичлари**

Металл иони	Сорбциядан олдинги эритмадаги металлнинг миқдори мг/л	Сорбциядан кейинги эритмадаги металлнинг миқдори мг/л			
		PPE-1	Тозалаш самарадорлиги %	PPE-1-P	Тозалаш самарадорлиги %
Рух	2,42	1,41	58,2	1,05	43,3
Мис	24,7	10,7	43,2	22,7	91,9
Никел	5,03	1,35	26,8	3,64	72,4
Хром	114	40,7	35,7	90,9	79,7
Темир	5,10	2,67	52,4	4,37	85,7
Кальций	37,5	2,15	5,73	2,18	5,82
Магний	3,10	2,41	77,7	2,96	95,4
Кобальт	2,76	1,68	61,0	1,55	56,0

Поликомплексонларни корхона оқова сувларни тозалаш тизимига жорий қилиш ҳисобига катта иқтисодий самара кутилиши билан бирга атроф-муҳитга чиқарилаётган оқова сувлар таркибидаги оғир металлларни 75-80% га қадар тозалаш самарадорлигига эришилган.

Диссертациянинг «Сорбция жараёнини олиб бориш методикаси» деб номланган **тўртинчи бобида** фойдаланилган реактивлар ва усуллар, ионитларни ишчи ҳолатга келтириш (фаоллаштириш), металл ионларини полимерларга сорбция методикаси, ионитларга турли эритмалардан оралик металл ионларининг сорбция кинетикаси, изотермаси ва термодинамикаси келтирилган.

## ХУЛОСАЛАР

1. Амино ҳамда amino ва фосфон гуруҳлари тутган поликомплексонларнинг оралик металллар Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) ионларини сорбциялаш уларнинг мис (II) ва хром (III) ионларига нисбатан юқори селектив эканлигини аниқлаш имконини берди.

2. ИҚ-спектроскопия ва диффуз қайтарилишни электрон спектрлари ёрдамида сорбция маҳсулотлари бўлган полимер-металл комплексларини тадқиқ қилиш уларнинг тузилиши, координацион марказлар ва геометриясини аниқлаш имконини берди.

3. ДСК анализи натижасида дастлаб полимер-металл комплекслари таркибидаги сув молекулалари ажралиб чиққанлиги, кейинчалик 523-573К да полимер-металл комплексларнинг органик қисми парчаланиши ва охириги маҳсулот сифатида металл оксиди ҳосил бўлиши уларнинг элементар таркибини тасдиқлади.

4. Координацион бирикмаларнинг геометрик ва энергетик параметрлари квант кимёвий ҳисоблашлар ёрдамида топилди ва синтез қилинган полимер-металл комплекслари учун энергетик нуқтаи назаридан энг қулай фазовий тузилишлари таклиф қилинди.

5. Амино ҳамда amino ва фосфон гуруҳлари тутган поликомплексонлар томонидан оралик металллар Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) ионларининг сорбцияланиш жараёни псевдо иккинчи тартибли кинетик қонуниятларга бўйсунганини исботланди.

6. Металл ионлари сорбциясининг мувозанат ҳолатлари ва термодинамикасини тадқиқ қилиш орқали ўрганилаётган жараён Ленгмюрнинг мономолекуляр адсорбцияси назариясига бўйсунгани ҳамда сорбция жараёнининг термодинамик функциялари – эркин энергия  $\Delta G$ , энтальпия  $\Delta H$  ва энтропия  $\Delta S$  ўзгаришига кўра Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) металл ионларининг поликомплексонлар билан боғланиши кимёвий сорбция ҳисобига бориши кўрсатилди.

7. Поликомплексонлар ва эритмадаги металл ионларининг комплекс ҳосил бўлиш мақбул шароитлари қўлланилиб, саноат оқова сувларини оғир металл ионларидан тозалаш мумкинлигини тасдиқлади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.K.01.03  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

---

**УРГЕНЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИСМОИЛОВА ХИМОЯТ МАТНАЗАРОВНА**

**КОМПЛЕКСЫ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ С ИОНТАМИ,  
ПОЛУЧЕННЫМИ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ**

**02.00.01 – Неорганическая химия  
02.00.04 – Физическая химия**

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

**Ташкент – 2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2020.2.PhD/K124

Докторская диссертация выполнена в Ургенчском государственном университете.  
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу ik-kimyو.nuu.uz и Информационно-образовательном портале «ZiyoNET» по адресу ww.w.ziynet.uz.

**Научные руководители:**

**Хасанов Шодлик Бекпулатович**  
кандидат химических наук, доцент

**Бекчанов Давронбек Жумазарович**  
доктор химических наук, доцент

**Официальные оппоненты:**

**Рафиков Адхам Салимович**  
доктор химических наук, профессор

**Даминова Шахло Шариповна**  
доктор химических наук, доцент

**Ведущая организация:**

Институт общей и неорганической химии

Защита диссертации состоится «13» апрель 2021 г. в 16<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K.01.03 при Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская, 4. Тел.: (998 71) 246-07-88; (998 71) 227-12-24, факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24, e-mail: chem0102@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана (зарегистрирован за № 11). (Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская, 4. Тел.: (+99871) 246-07-88, 277-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24.)

Автореферат диссертации разослан «01» апрель 2021 г.  
(протокол рассылки № 3 от «01» апрель 2021 г.)



**З.А. Сманова**

Председатель научного совета по  
присуждению учёных степеней,  
д.х.н., профессор

**Д.А. Гафурова**

Ученый секретарь научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.х.н.

**Ш.А.Кадилова**

Председатель научного семинара при  
научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.х.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** На сегодняшний день в мире синтезируются новые типы полимерно-металлических комплексов, которые находят применение в различных отраслях экономики, в том числе в органическом синтезе, гидрометаллургии, сварке полимеров, очистке сточных вод. В частности, широко используется ряд полимер-металлических комплексов на основе полимеров, содержащих хелатообразующие полидентантные амино, краун-эфирные, карбоксилфосфатные группы. Синтез полимерных комплексов, содержащих донорные атомы серы, азота, кислорода и фосфора, способных выделять ионы различных металлов из технологических растворов и очищающих сточные воды от вредных веществ, также является важным при исследовании получения полимер-металлических комплексов.

Производимые в мире полимер-металлические комплексы широко используются при проведении органических реакций в качестве катализаторов с более высокой активностью, чем обычные металлические катализаторы. Это связано с тем, что общая площадь поверхности атомов металлов намного выше, чем у металлов в нормальном состоянии, поскольку атомы металлов на поверхности полимеров имеют наноразмеры. Такие полимерно-металлические катализаторы отличаются высокой эффективностью и селективностью. Поэтому использование этого типа катализатора особенно важно для качественного и эффективного проведения химических процессов.

Большое внимание в стране уделяется расширению использования синтетических полимеров, производимых на основе местного сырья, определению оптимальных условий производства полимерно-металлических комплексов и внедрению их в промышленность. В Стратегия действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан поставлены задачи, направленные на «выведение качества промышленности на новый уровень, предполагающую глубокую переработку местного сырья и производство на его основе новой импортозамещающей продукции»<sup>1</sup>. В связи с этим одним из инновационных и экономически эффективных способов получения перспективных селективных и каталитических полимерно-металлических комплексов на основе местного сырья является изучение процесса получения многотоннажных полимерно-металлических комплексов, содержащих частицы металла, на поверхности синтетических полимеров.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, поставленных в Указе Президента Республики Узбекистан от 7 февраля 2017 года № ПФ-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлении Президента Республики Узбекистан от 3 апреля 2019 года №ПП-4265 «О мерах по дальнейшему реформированию и повышению инвестиционной

---

<sup>1</sup> Стратегия действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017 — 2021 годах / Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 года

привлекательности химической промышленности» и Постановлении Президента Республики Узбекистан от 12 августа 2020 года №ПП-4805 «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по направлениям химия и биология», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики VII. Химическая технология и нанотехнология.

**Степень изученности проблемы.** На сегодняшний день проведен ряд научных исследований по изучению закономерностей синтеза комплексов полимер-металл, содержащих металлические частицы на поверхности различных синтетических полимеров, и их применения в различных отраслях промышленности. В частности, такие зарубежные ученые Hiroyuki Nishide, David Mayevsky, Orawan Winther-Jensen, Bjorn Winther-Jensen, Inamuddin Lucman, Eric Monfilier, G.I. Dzhardimalieva, Chuanyi Wang, G.M. Ayoub, L. Semerjian, A. Acra, M. El-Fadel, B. Koopman, K.Y. Foo, B.H. Hameed, Y.S. Zheng, J. Wang, Beata Zawisza, Anna Baranik, Ewa Malicka, Ewa Talik, Rafał Sitko, P.P. Kalbende, A.B. Zade а также ученые стран содружества Е.А. Бектуров, С.Е. Кудайбергенов, А.Л. Максимов, О.В. Нецкина, С.Р. Гаджиева, Н.М. Джафарова, Ф.Н. Бахманова, С.З. Гамидов, Ф.М. Чырагов, А.К. Байдуллаева, Н.А. Бектенов, Е.Е. Ергожин, Т.К. Чалов, А.И. Никитина, Т.В. Ковригина, К.Х. Хакимболатова, В.В. Бондарева, А.А. Шиндлер, В.Ф. Борбат, Л.Н. Адеева, С.С. Кубышев в своих исследованиях провели ряд исследований по механизмам получения полимер-металлических комплексов, по изучению их свойств и применений.

Следует также привести работы таких отечественных ученых как Н.А. Парпиев, С.Ш. Рашидова, У.Н. Мусаев, Х.Т. Шарипов, Т.М. Бабаев, М.Г. Мухамедиев, О.Н. Рузимуродов, Н.Р. Вохидова, Ш.Ш. Даминова, З.Ч. Кадирова, Д.А. Гафурова, Ш.А. Кадирова, Ф.Б. Эшкурбонов, Х.Х. Тураев, Н.Д. Амонова, Н.Т. Каттаев, М.К. Рустамов исследующих получение полимер-металлических комплексов, содержащих частицы металлов на поверхности неорганических и органических полимеров.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационная работа выполнялась в рамках научного проекта Чирчикского государственного педагогического института Ташкентской области № ПЗ-20170926416 «Отделение ионов металлов от технологических растворов и сточных вод с участием ионообменников, полученных на основе местного сырья».

**Целью исследования** является получение комплексов переходных металлов с ионитами на основе местного сырья, изучение их строения и свойств.

**Задачи исследования:**

исследование кинетики, изотермы и термодинамики процесса сорбции ионов Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II) и Cr(III) поликомплексонами на основе местного сырья, содержащие amino-, а также amino- и фосфоновые группы;

определение состава, строения и термической устойчивости полученных полимер-металлокомплексов;

обоснование пространственного строения полученных соединений квантовохимическими расчетами;

практическое применение поликомплексонатов основанное на их комплексообразующих свойствах с ионами переходных металлов.

**Объектам исследования** являются поликомплексонаты, содержащие amino-, а также amino- и фосфоновые группы, растворы солей цветных металлов меди (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II) и хрома (III).

**Предмет исследования** – условия сорбции ионов переходных металлов, строение, свойства комплексных соединений, кинетика, изотерма и термодинамика процессов.

**Методы исследования.** В процессе исследования использованы такие теоретические и экспериментальные методы исследования, как ИК-спектроскопия, электронные спектры диффузного отражения, дифференциальный термический анализ, оптико-эмиссионная спектроскопия, спектрофотометрия, комплексометрия, квантовохимический расчет, теории Лэнгмюра и Фрейндлиха, кинетические модели псевдопервого и псевдвторого порядка.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые определена селективность поликомплексонатов на основе местного сырья к ионам меди (II) и хрома (III);

доказан механизм протекания сорбции посредством образования комплексов методами ИК-спектроскопии, электронными спектрами диффузного отражения, методом элементного анализа установлен состав, определен состав, строение геометрия координационного узла синтезированных комплексов;

определены геометрические параметры и рассчитаны координационные узлы координационных соединений поликомплексонатов с ионами меди (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II) и хрома (III) квантово-химическими методами расчета;

установлена возможность извлечения ионов цветных металлов за счёт образованием комплексов поликомплексонатов из сточных вод АО «Муборак газни қайта ишлаш заводи».

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

определены оптимальные условия сорбции ионов переходных металлов поликомплексонами;

установлено строение полученных координационных соединений, гибридизация ионов металлов и координационное число;

на основе исследования кинетики, изотермы и термодинамики сорбции переходных металлов поликомплексонами установлены оптимальные условия сорбции;

из сточных вод промышленных предприятий в присутствии поликомплексонов за счет координационной связи методом сорбции извлечены цветные и тяжелые металлы.

**Достоверность результатов исследования** обосновывается получением результатов исследований такими современными методами исследования, как ИК - спектроскопия, электронные спектры диффузного отражения, дифференциальный термический анализ, оптико-эмиссионная спектроскопия, спектрофотометрия и комплексонометрия. Образование сильных комплексных связей между ионитами и ионами металлов с теоретической точки зрения доказано квантовохимическими расчетами. Ионное равновесие, кинетика процесса сорбции ионов металлов поликомплексонами анализировано моделями псевдопервого и псевдвторого порядка, моделями изотермы Лэнгмюра и Фрейндлиха, с использованием уравнений сорбции современных теорий сделаны выводы о механизмах сорбции, а также переработаны методами математической статистики.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в определении условий, термодинамических и кинетических параметров сорбции переходных металлов поликомплексонами, в установлении возможности получения полимер-металлических комплексов различной селективности посредством исследования состава, строения и физико-химических свойств новых полимер-металлических комплексов.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что на основе селективности поликомплексонов возможна эффективная очистка сточных вод промышленных предприятий, расположенных на территории республики от ионов вредных металлов, в концентрировании технологических растворов гидрометаллургии и извлечении ионов металлов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе научных исследований процесса сорбции анионитами и полиамфолитами ионов переходных металлов:

очистка сточных вод поликомплексонами внедрена на практику в АО «Муборак газ қайта ишлаш заводи» (справка 21/GK-01-21 АО «Муборак газни қайта ишлаш заводи» от 12 января 2021 года). Результаты дали возможность созданию миниустановки по селективному выделению ионов переходных металлов за счет образования комплексной связи;

селективные поликомплексоны внедрены на практику АО «Муборак газни қайта ишлаш заводи» (справка 21/GK-01-21 АО «Муборак газни қайта ишлаш заводи» от 12 января 2021 года). Результаты дали возможность снижению количества ионов металлов Cu(II), Ni(II), Zn(II) в сточных водах до 1,25%;

поликомплексоны внедрены на практику ООО «УРГАНЧ БАҲМАЛ» (справка № 01-02/8-342 Государственного комитета Экологии и охраны окружающей среды Республики Узбекистан от 18 марта 2020 года). Результаты дали возможность снизить количества ионов переходных



металлов меди (II), кобальта (II), никеля (II), цинка (II) и хрома (III) на 75-80%;

поликомплексоны селективного действия использованы для извлечения ионов меди из сточных вод в прикладном проекте А-7-23 «Технология выделения ионов меди из сточных вод местными сорбентами» (2015-2017 гг) (справка №89-03-2581 Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан от 17 июля 2020 года). Результаты дали возможность селективного извлечения ионов меди (II) из сточных вод промышленных предприятий.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования были представлены и обсуждены на 12 научно-практических конференциях, в том числе 1 международной и 2 республиканских.

**Опубликованность результатов исследования.** По результатам темы диссертации опубликовано 22 научных работ, из них 8 научных статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 4 в республиканских и 4 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность, новизна и востребованность темы, описываются цели и задачи исследования, показаны объекты и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетам науки и техники Республики Узбекистан, показана теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приводится перечень внедрения результатов исследований, опубликованных работ и структура диссертации.

Первая глава диссертации, озаглавленная **«Получение комплексов полимер-металл на основе поликомплексов и их значение (обзор литературы)»**, посвящена получению комплексов полимер-металл и их свойствам, каталитическим свойствам и анионообменным смолам, содержащим различные функциональные группы, азот и фосфор, катиониты и поликомплексы, сравнительному анализу физико-химической основы комплексообразующих ионитов и обзор литературы по сорбции ионов цветных и редких металлов из технологических растворов с использованием комплексообразующих ионитов.

Во второй главе диссертации **«Строение комплексов поликомплексонатов с переходными металлами»** приведены анализ ИК-спектров комплексов поликомплексонатов с ионами переходных металлов, ДСК-термический анализ продуктов сорбции, анализ электронных спектров комплексов поликомплексонатов с 3d-металлами, результаты расчета

---

Автор выражает искреннюю благодарность д.х.н., проф. М.Г.Мухамедиеву за научные советы при выполнении диссертации

энергетических и геометрических параметров методами квантовохимического расчета.

В синтезированных комплексных соединениях зарегистрированы связи Cu-N при  $422\text{ см}^{-1}$ , Cr-N при  $422\text{ см}^{-1}$ , Zn-N  $419\text{ см}^{-1}$ , Ni-N  $409\text{ см}^{-1}$  и Co-N при  $422\text{ см}^{-1}$ . Образование данной связи можно также наблюдать в снижении частоты колебания при  $3360\text{ см}^{-1}$  относящейся к валентным колебаниям вторичной amino-группы. При этом в медных комплексах область поглощения aminoгруппы наблюдается при  $3340\text{ см}^{-1}$ , в хромном комплексе  $3281\text{ см}^{-1}$ , в комплексе цинка  $3357\text{ см}^{-1}$ , никелевых комплексах  $3348\text{ см}^{-1}$  и для кобальта  $3350\text{ см}^{-1}$ , наблюдается снижение полосы поглощения на  $3\text{-}81\text{ см}^{-1}$ . При сорбции сульфатов металлов зарегистрированы полосы поглощения при  $457\text{-}482\text{ см}^{-1}$  относящиеся к колебаниям связи Me-O.

Табл.1

**ИК-спектры PPE-1 и комплексов, образованных в результате сорбции**

Соединение	$\nu$ (NH)	$\delta$ (NH)	$\nu$ (CH <sub>2</sub> )	$\delta$ (CH <sub>2</sub> )	Me-N	Me-O
PPE-1	3360	1635	1070	1456	-	-
[CrL <sub>3</sub> ] <sup>1</sup> Cl <sub>3</sub>	3281	1634	1070	1456	422	-
[CoL <sub>4</sub> ] <sup>1</sup> SO <sub>4</sub>	3350	1634	1072	1456	422	457
[NiL <sub>4</sub> ] <sup>1</sup> SO <sub>4</sub>	3348	1634	1070	1454	409	482
[CuL <sub>4</sub> ] <sup>1</sup> SO <sub>4</sub>	3340	1634	1072	1454	422	476
[ZnL <sub>2</sub> ] <sup>1</sup> SO <sub>4</sub>	3357	1634	1070	1447	419	467

Анализ ИК-спектров полиамфолита PPE-1-P показывает наличие двух новых спектров при  $1298\text{ см}^{-1}$  (P=O связь) и  $2120\text{ см}^{-1}$  (-OH связь при P-(OH)). После координации наблюдается понижение частоты поглощения связи P=O на  $8\text{-}26\text{ см}^{-1}$ , а частота поглощения валентных колебаний -OH групп и вторичной aminoгруппы повышается соответственно на  $7\text{-}42\text{ см}^{-1}$  и  $23\text{-}115\text{ см}^{-1}$ . Исходя из этого можно предложить координацию металла через атом кислорода P=O группы.

Табл.2

**ИК-спектры PPE-1-P и полученных в результате сорбции комплексов**

Соединение	$\nu$ (P=O)	$\nu$ (NH)	$\nu$ (OH)	$\delta$ (CH <sub>2</sub> )	$\nu$ (CH <sub>2</sub> )	Me-O
PPE-1-P	1298	3281	2120	1457	1072	-
[CrL <sub>3</sub> ] <sup>2</sup> Cl <sub>3</sub>	1290	3396	2162	1456	1072	470
[CoL <sub>4</sub> ] <sup>2</sup> SO <sub>4</sub>	1288	3338	2153	1455	1072	473
[NiL <sub>4</sub> ] <sup>2</sup> SO <sub>4</sub>	1291	3304	2127	1455	1077	474
[CuL <sub>4</sub> ] <sup>2</sup> SO <sub>4</sub>	1274	3305	2142	1458	1085	488
[ZnL <sub>2</sub> ] <sup>2</sup> SO <sub>4</sub>	1272	3354	2143	1456	1070	492

Для определения термической устойчивости синтезированных полимер-металлических комплексов термоаналитические исследования проводили на приборе Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (Германия).

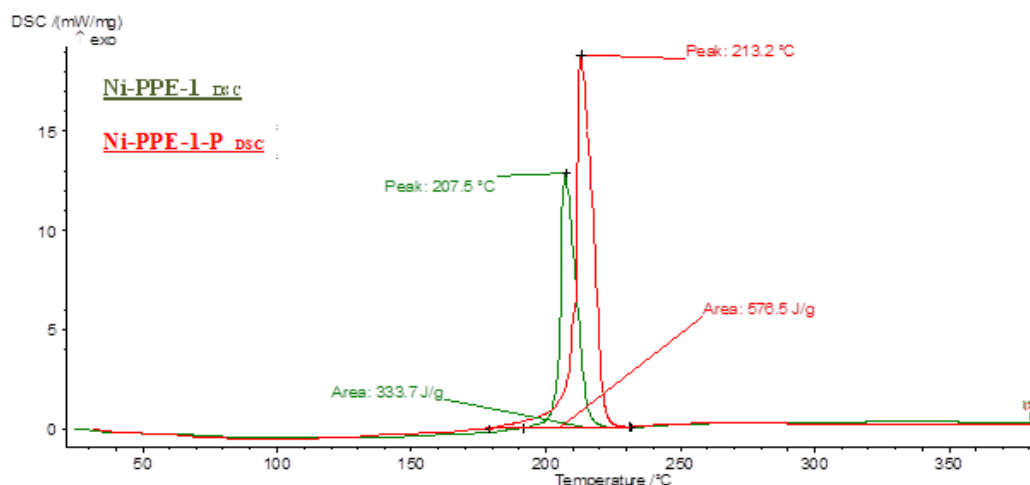


Рис.1. Дериватограммы комплексов  $\text{Ni}[\text{L}^1_4]\text{SO}_4$  и  $[\text{NiL}^2_4]\text{SO}_4$

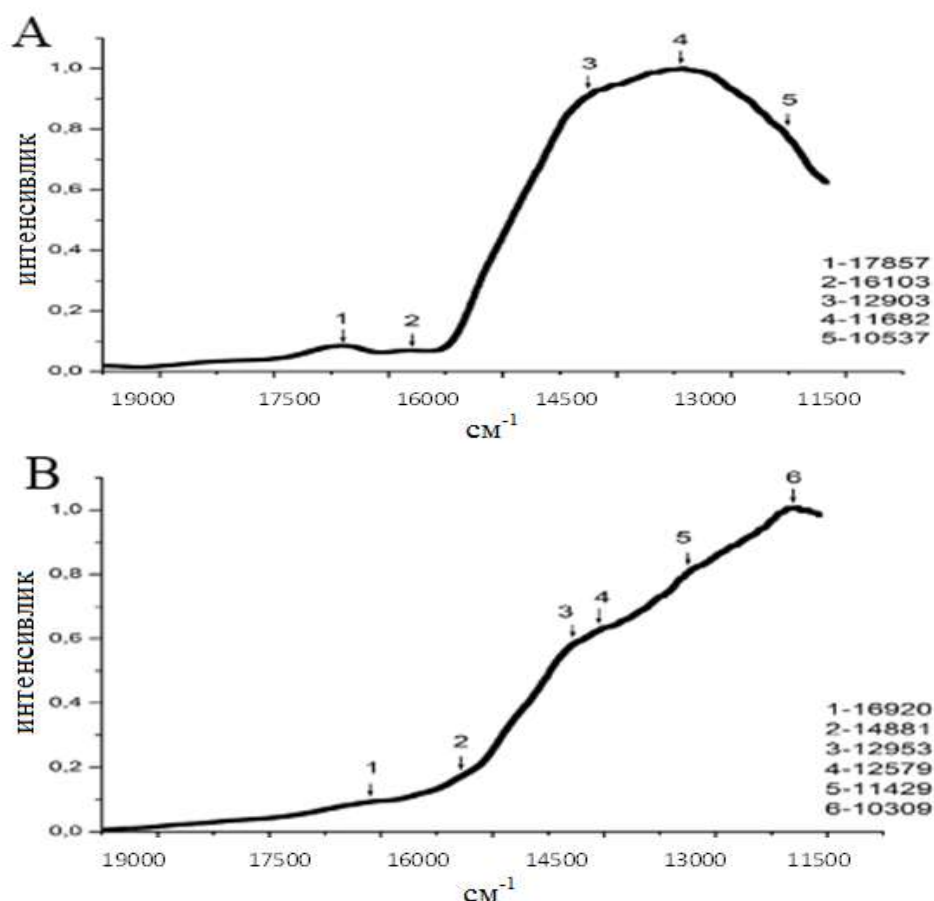
Термический анализ полимер-металлических комплексных соединений показывает, что для комплексов  $\text{Ni}[\text{L}^1_4]\text{SO}_4$  и  $[\text{NiL}^2_4]\text{SO}_4$  максимальная термическая устойчивость соответственно равна  $207,5^\circ\text{C}$  и  $213,2^\circ\text{C}$ , это считается самой высокой среди полученных полимер-металлических комплексов. Таким образом, на основании полученных данных комплексы  $\text{Ni}[\text{L}^1_4]\text{SO}_4$  и  $[\text{NiL}^2_4]\text{SO}_4$  можно считать самыми термически устойчивыми.

Также для определения геометрии координационного узла, координационного числа центрального атома в полученных полимер-металлических комплексах исследованы электронные спектры диффузного отражения.

Электронные спектры комплексов кобальта (II) во многих случаях могут дать важную структурную информацию. Большинство шестикордиационных комплексов кобальта (II) имеют высокий спин. Их основное состояние -  $^4\text{T}_{1g}$ , и спин-орбитальный эффект значительный. В этой группе комплексов теоретически существует три перехода:  $^4\text{T}_{1g}(\text{F}) \rightarrow ^4\text{T}_{2g}$ ,  $^4\text{T}_{1g}(\text{F}) \rightarrow ^4\text{A}_{2g}$  и  $^4\text{T}_{1g}(\text{F}) \rightarrow ^4\text{T}_{1g}(\text{P})$ . Двухэлектронный переход при  $^4\text{T}_{1g}(\text{F}) \rightarrow ^4\text{A}_{2g}$  не наблюдается. Переход при  $\sim 20\,000\text{ см}^{-1}$  в октаэдрических комплексах соответствует  $^4\text{T}_{1g}(\text{F}) \rightarrow ^4\text{T}_{1g}(\text{P})$  переходу. Появление данного спектра приводит к устранению спин-орбитального вырождения при  $^4\text{T}_{1g}(\text{P})$ . Два пика при  $8350\text{ см}^{-1}$  соответствуют переходу  $^4\text{T}_{1g}(\text{F}) \rightarrow ^4\text{T}_{2g}$ .

В электронных спектрах соединения  $[\text{CoL}^1_4]\text{SO}_4$  наблюдаются максимумы при  $17857, 16103, 12903, 11682$  и  $10537\text{ см}^{-1}$ .

Координационное соединение  $[\text{CoL}^2_4]\text{SO}_4$  имеет максимумы при  $16920, 14881, 12953, 12579, 11429$  и  $10309\text{ см}^{-1}$ .



**Рис. 2. ЭСДО А-[CoL<sup>1</sup><sub>4</sub>]SO<sub>4</sub> и В-[CoL<sup>2</sup><sub>4</sub>]SO<sub>4</sub>**

Согласно литературным данным, процесс возбуждения и миграции электронов происходит в ионах металлов с незаполненным d-слоем. Это уникально для каждого иона и используется для идентификации координационных соединений. Данные электронных спектров диффузного отражения комплексов, показывают, что все образующиеся комплексы имеют октаэдрическую структуру.

Квантово-химические расчеты выполнены в приближении PM3 пакета программ NucleChem 8.07. Градиент схождения был определен на уровне 0,05. По результатам ИК- и ЭСДО-спектроскопии сформированы исходные Z-матрицы молекул с учетом образования координации через связи Me-N и на основе координационного числа металлов 6, для комплексов хром: полимер = 1:3, медь, никель, кобальт принимались в соотношении 1:4, для цинка 1:4 и рассчитывались энергетические и геометрические параметры.

В пространственной структуре, которая оказалась наиболее оптимальной для комплекса хрома, металл был связан азотом вторичной аминогруппы, при это атомы хлора оказались с одной стороны, а молекулы полимера - с другой (рис. 3).

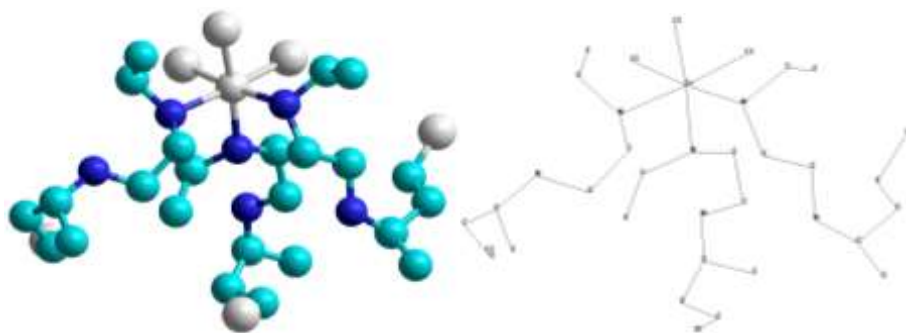


Рис.3. Пространственное строение комплекса  $[\text{CrL}^3]\text{Cl}_3$

В третьей главе диссертации под названием «Термодинамика, кинетика сорбции и внедрение результатов исследований на практику» рассмотрены законы поглощения ионов металлов поликомплексонами, анализ кинетики поглощения ионов переходных металлов поликомплексонами, изотерма и термодинамика поглощения ионов металлов поликомплексами, содержащими амино- и фосфитные группы, методы очистки сточных вод от ионов металлов с поликомплексонами.

Сорбцию ионов меди (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II) и хрома (III) анионитами и полиамфолитами на основе поливинилхлорида проводили при различных температурах (303, 313, 323K), концентрациях (0.001, 0.0025, 0.005, 0.0075, 0.01, 0.025, 0.05, 0.075M) и продолжительности (2-10 часов) сорбции. Кинетика и термодинамика процесса сорбции изучены на основе моделирования изотерм равновесия процесса сорбции методами псевдопервого и второго порядков, методами Ленгмюра, Фрейндлиха и получены результаты. Кинетика поглощения ионов металлов на PPE-1 и PPE-1-P:

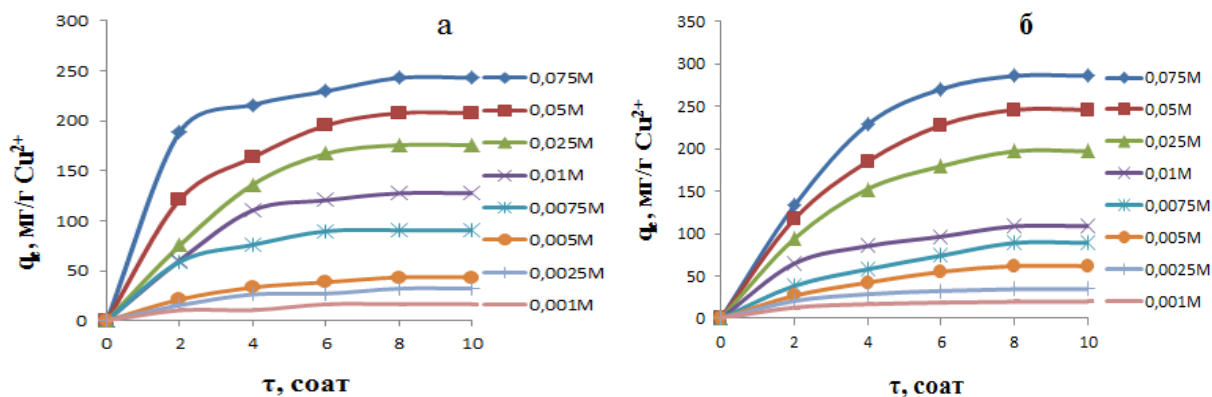


Рис.4. Кинетика поглощения иона  $\text{Cu}(\text{II})$ . PPE-1 (а) и PPE-1-P (б) ( $T=323\text{K}$ )

Для получения комплексов полимер-металл изучено влияние продолжительности сорбции и концентрации раствора на поглощение ионов металлов в поликомплексах с образованием координационной связи. Полученные результаты показали, что почти одинаковое количество абсорбировалось поликомплексонами PPE-1 и PPE-1-P, что указывает на то, что ионы металлов образуют координационную связь на основе поликомплексонных.

Исследование кинетики сорбции ионов металлов Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) на аниониты и полиамфолиты, содержащие амино- и фосфитными группы показали соответствие сорбции кинетическому уравнению псевдвторого порядка.

Для оценки закономерностей и селективности поглощения ионов переходных металлов поликомплексонами с образованием координационной связи были рассчитаны энергии активации поглощения ионов переходных металлов поликомплексонами. Для этого использовалось уравнение Аррениуса:

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

Где:  $A_0$  - экспоненциальный фактор,  $E_a$  - энергия активации и  $k_2$  (г/мг мин) - кинетическая константа псевдвторого порядка при различных температурах. Для определения энергии активации  $E_a$  был построен график зависимости  $\ln k_2$  от  $1/T$ , результаты которого представлены в таблице. (Таблица 3.)

Табл. 3

Кинетические показатели и энергия активации ионов Cu(II), Ni(II), Co(II), Cr(III) и Zn(II) на иониты

Ион металла	PPE-1				PPE-1-P		
	Т К	$k_2$ г/мг·мин	$R^2$	$E_a$ кДж/ моль	$k_2$ г/мг·мин	$R^2$	$E_a$ кДж/ моль
Cu(II)	303	0,00409	0,907	17,35	0,00436	0,900	17,99
	313	0,00573			0,00621		
	323	0,00636			0,00676		
Cr(III)	303	0,00345	0,986	7,071	0,00428	0,978	8,968
	313	0,00371			0,00466		
	323	0,00411			0,00534		
Zn(II)	303	0,00292	0,951	8,655	0,00302	0,971	25,98
	313	0,00312			0,00462		
	323	0,00361			0,00571		
Ni(II)	303	0,00211	0,997	26,89	0,00426	0,994	12,15
	313	0,00289			0,00507		
	323	0,00409			0,00575		
Co(II)	303	0,00104	0,924	23,43	0,00219	0,974	22,88
	313	0,00161			0,00317		
	323	0,00184			0,00385		

Для получения комплексов полимер-металл были изучены равновесные состояния сорбции ионов переходных металлов Cu(II), Zn(II), Cr(III), Ni(II) и Co(II) в поликомплексы с образованием координационной связи. Процесс сорбции проводили при температурах 303К, 313К, 323К. На основании полученных результатов построена изотерма сорбционного процесса.

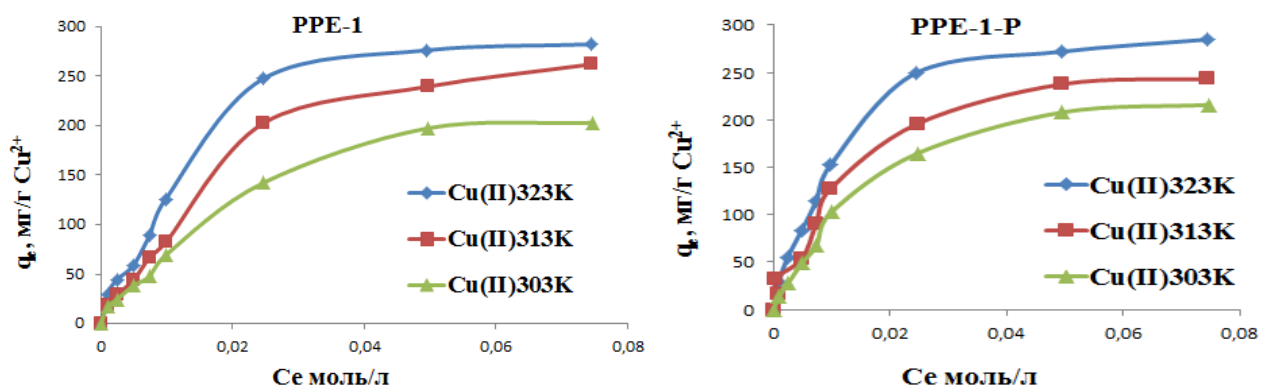


Рис.5. Изотермы поглощения ионов Cu(II) на PPE-1 и PPE-1-P

Из графика видно, что количество поглощенных ионов металлов увеличивается с повышением температуры при поглощении ионов металлов, с образованием координационной связи с поликомплексонами, что указывает на то, что ионы металлов поглощаются поликомплексонами путем химической сорбции.

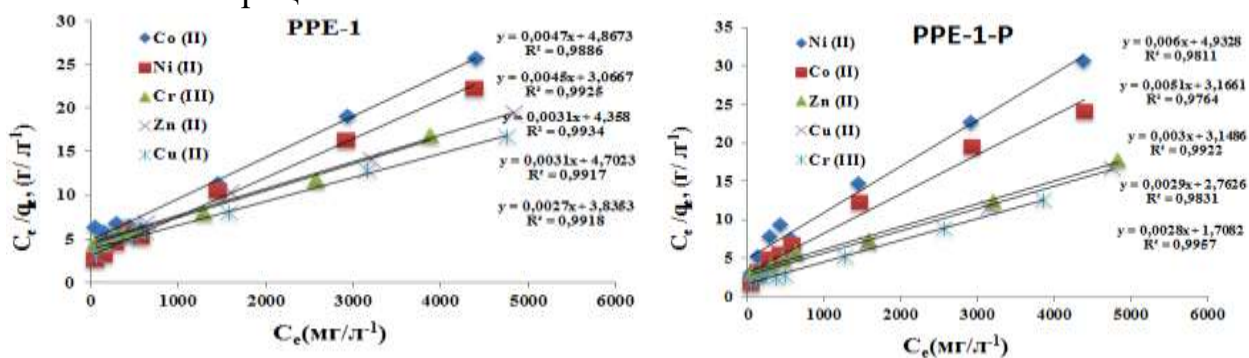


Рис.6. Изотермы Ленгмюра. Ионы Co(II), Ni(II), Cr(III), Zn(II), Cu(II)

Табл.4

Результаты изотерм Ленгмюра и Фрейндлиха адсорбции ионов металлов на PPE-1 и PPE-1-P

Параметры изотермы	Сорбция ионов металлов				
	Cu(II)	Ni(II)	Co(II)	Zn(II)	Cr(III)
Фрейндлих	<i>PPE-1 Анионит</i>				
n	1,25	1,33	1,5	1,37	1,2
K <sub>f</sub>	8,09	4,59	2,62	2,46	1,9
R <sup>2</sup>	0,893	0,971	0,952	0,992	0,991
Фрейндлих	<i>PPE-1-P Полиамфолит</i>				
n	3,5	4	3	1,25	1,22
K <sub>f</sub>	8,33	2,96	1,96	7,4	10,4
R <sup>2</sup>	0,972	0,982	0,962	0,986	0,989
Ленгмюр	<i>PPE-1 Анионит</i>				
K <sub>L</sub>	102	106,67	84	81,82	57,1
R <sub>L</sub>	0,129	0,124	0,156	0,161	0,229
R <sup>2</sup>	0,994	0,986	0,953	0,942	0,979
Ленгмюр	<i>PPE-1-P Полиамфолит</i>				
K <sub>L</sub>	72,2	65,1	63,3	86,67	91,4
R <sub>L</sub>	0,182	0,201	0,207	0,152	0,144
R <sup>2</sup>	0,998	0,998	0,993	0,999	0,990

Для исследования изотермы поглощения ионов металлов поликомплексонами были рассчитаны константы изотерм с использованием моделей изотерм Ленгмюра и Фрейндлиха. Значения параметра Фрейндлиха для поликомплексов PPE-1 и PPE-1-P: ион Cu(II)  $n = 1,25$  и  $3,5$ , ион Cr(III)  $n = 1,2$  и  $1,22$ , Zn(II), соответственно  $n = 1$ ,  $37-1,25$ , ион Co(II)  $n = 1,5-3$  и ион Ni(II)  $n = 1,33-4$ , что свидетельствует о том, что наблюдалась сорбция ионов металлов на иониты. Коэффициенты корреляции представляют собой значения  $R^2$  для поликомплексов PPE-1 и PPE-1-P соответственно, Cu(II)  $0,893-0,972$ , Cr(III)  $0,991-0,989$ , Zn(II)  $0,992-0,986$ , Co(II)  $0,952-0,962$  и Ni(II) от  $0,971$  до  $0,982$ . Изменение концентрации указывает на то, что процесс адсорбции подчиняется теории адсорбции Фрейндлиха. Для значений параметра Ленгмюра в поликомплексонах PPE-1 и PPE-1-P значение коэффициента корреляции  $R^2$  близка к 1 во всех переходных металлах соответственно, а  $0 < R_L < 1$  удобно для процесса сорбции,  $R_L > 1$  - неудобно,  $R_L = 1$  линейно, а  $R_L = 0$  необратимо. Таким образом, процесс сорбции подчиняется теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра ( $R_L$ -удобно).

Процесс, изучаемый путем изучения состояния сорбционного равновесия и термодинамики ионов металлов, подчиняется теории мономолекулярной адсорбции Ленгмюра и изменения термодинамических параметров процесса сорбции - свободной энергии ( $\Delta G$ ), энтальпии ( $\Delta H$ ) и энтропии ( $\Delta S$ ) определяют поглощение ионов металлов Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) в реакциях ионного обмена с ионообменниками.

Табл.5

*Изменение термодинамических параметров в процессе сорбции (PPE-1)*

Ион металла	$\Delta H^0$ (кЖ/моль)	$\Delta S^0$ (Ж/моль·К)	$\Delta G^0$ (кЖ/моль)		
			303 К	313 К	323 К
Cu(II)	13026,4	66,31	-7063,03	-7726,04	-8389,06
Zn(II)	6270,08	45,71	-7578,91	-8035,96	-8493,02
Cr(III)	9487,98	57,53	-7944,73	-8520,07	-9095,4
Ni(II)	20470,7	86,46	-5728,35	-6593,1	-7457,66
Co(II)	2995,030	33,16	-7053,32	-7384,95	-7716,58

Табл.6

*Изменение термодинамических параметров в процессе сорбции (PPE-1-P)*

Ион металла	$\Delta H^0$ (кЖ/моль)	$\Delta S^0$ (Ж/моль·К)	$\Delta G^0$ (кЖ/моль)		
			303 К	313 К	323 К
Cr(III)	7534,98	43,71	-5710,6	-6147,8	-6584,9
Cu(II)	7631,75	46,02	-6313,2	-6773,4	-7233,7
Zn(II)	4595,81	37,38	-6731,7	-7105,6	-7479,5
Co(II)	2884,95	28,53	-5762,5	-6047,9	-6333,3
Ni(II)	4512,59	35,81	-6335,1	-6693,1	-7051,1

Из данных, приведенных в таблицах, видно, что изменение значения энтальпии определяло эндотермичность процесса сорбции. Изменение значения энтропии указывает на то, что существует реакция ионного обмена между ионами на поверхности ионита и в растворе. Кроме того, тот факт, что отрицательные значения свободной энергии в системе увеличиваются с



повышением температуры, указывает на то, что поглощение промежуточных ионов металлов ионитами происходит самопроизвольно.

Полученные результаты показывают, что ионы меди (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II) и хрома (III) связываются с сорбентами, содержащими азот и фосфор, с образованием стабильного комплекса, в то время как ионы меди (II) и хрома (III) проявляют более высокое сродство к полиамфолиту, чем другие металлы и образуют прочный комплекс с полиамфитом. По мере увеличения, факторов, влияющих на процесс сорбции, температуры и концентрации раствора поглощение ионов металлов ионитами увеличивается, что указывает на то, что процесс поглощения является химической сорбцией.

Для определения возможных областей применения поликомплексонов PPE-1 и PPE-1-P, исходя из высокой сорбирующей способности поликомплексонов ионов металлов проведены испытания по очистке сточных вод в лаборатории химического анализа при «Отделе технического контроля» завода Муборак по переработке газа. Для очистки сточных вод с использованием поликомплексонов была разработана и внедрена на практику модельная установка, что дало возможность уменьшить концентрацию Cu(II), Ni(II), Zn(II) в сточных водах до 1,25%;

Также, проведено испытание поликомплексонов PPE-1 и PPE-1-P на очистном сооружении ООО «Самарали технологик ечимлар». Данное сооружение предназначено для очистки сточных вод красильного цеха ООО «Урганч Бахмал». Процесс адсорбции контролировался учетом параметров при входе и выходе, и исследовались очистные свойства. Сорбция ионов металлов ионитами изучалась спектрометрическими способами и получены следующие результаты.

**Табл.7**

**Показатель эффективности очистки сточных вод ООО «Урганч Бахмал»**

Ион металла	Количество металла в растворе до сорбции, мг/л	Количество металла в растворе после сорбции, мг/л			
		PPE-1	Эффективность очистки, %	PPE-1-P	Эффективность очистки, %
Цинк	2,42	1,41	58,2	1,05	43,3
Медь	24,7	10,7	43,2	22,7	91,9
Никель	5,03	1,35	26,8	3,64	72,4
Хром	114	40,7	35,7	90,9	79,7
Железо	5,10	2,67	52,4	4,37	85,7
Кальций	37,5	2,15	5,73	2,18	5,82
Магний	3,10	2,41	77,7	2,96	95,4
Кобальт	2,76	1,68	61,0	1,55	56,0

Внедрение на очистку сточных вод предприятия данной технологии привело не только к экономической прибыли, но и уменьшило количество тяжелых металлов в сточных водах на 75-80%.

В четвертой главе диссертации «Методика ведения процесса сорбции» приведены использованные реактивы и методы, приведение ионитов в рабочее состояние (активация), методика сорбции ионов металлов

на полимеры, кинетика, изотермы и термодинамика сорбции ионов переходных металлов на иониты из различных растворов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Сорбция ионов Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) поликомплексонами содержащими амина, а также амина ва фосфоновые группы позволила выявить их селективность по отношению к ионам меди (II) и хрома (III).

2. Проведение исследований полимер-металлокомплексов, являющихся продуктами сорбции методами ИК-спектроскопии и электронными спектрами диффузного отражения позволило определить строение, координационные центры и геометрия продуктов.

3. На основании данных ДСК анализа полимер-металлокомплексов установлено обезвожение, горение и разложение комплексов при 523-573К и образование конечного продукта -оксида металла, что позволило подтвердить их элементный состав.

4. Методами квантовохимического расчета рассчитаны геометрические и энергетические параметры координационных соединений и исходя из энергетической точки зрения предложены оптимальное пространственное строение синтезированных полимер-металлокомплексов

5. Доказано подчинение процесса сорбции ионов переходных металлов Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) поликомплексонами, содержащими амина, а так же амина- и фосфоновые группы кинетическим закономерностям псевдвторого порядка.

6. На основании исследования равновесных состояний сорбции и термодинамики процесса сорбции ионов металлов установлено подчинение его мономолекулярной адсорбционной теории Ленгмюра, а определение изменения термодинамических функций процесса сорбции – свободной энергии  $\Delta G$ , энтальпии  $\Delta H$  и энтропии  $\Delta S$  показали, что связывание ионов Cu(II), Ni(II), Co(II), Zn(II), Cr(III) поликомплексонами происходит за счёт химической адсорбции.

7. Использованием оптимальных условий комплексообразования поликомплексон с ионами металлов в растворе, подтверждена возможность очистки сточных вод промышленных производств от ионов тяжелых металлов.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.K.01.03 IN  
ACCORDANCE OF ACADEMIC DEGREES  
AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

---

**URGENCH STATE UNIVERSITY**

**ISMOILOVA KHIMOYAT**

**Complexes of transition metals with ion exchangers obtained on the based  
local raw materials**

**02.00.01 – Inorganic chemistry  
02.00.04 – Physical chemistry**

**Tashkent - 2021**

The title of the doctoral of philosophy (PhD) dissertation has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration numbers of B2018.2.PhD/K115

The dissertation has been prepared at the Urgench state university.

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online [www.ik-kimyo.nuuz.uz](http://www.ik-kimyo.nuuz.uz) and on the website of "ZiyoNet" information-educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

<b>Scientific supervisors:</b>	<b>Xasanov Shodlik</b> Candidate of chemical sciences, associate professor <b>Bekchanov Davron</b> Doctor of Chemical Sciences
<b>Official opponents:</b>	<b>Rafiqov Adkham</b> Doctor of Chemical Sciences  Daminova Shaxlo Doctor of Chemical Sciences
<b>Leading organization:</b>	Institute of General and Inorganic Chemistry

The defense of the dissertation will take place on « 13 » april 2021 in « 16<sup>00</sup> » at the meeting of Scientific council DSc 03/30.12.2019. K.01.03 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, Universitetal street, 4. Phone: (99871)227-12-24, Fax: (99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail:chem0102@mail.ru).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of National University of Uzbekistan under № 11 (Address: 100174, Universitetal street, 4. Tashkent, Administrative Building of the National University of Uzbekistan, tel.: (99871) 246-67-71).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 01 » april 2021 year

Protocol at the register № 3 dated « 01 » april 2021 year



**Z. Smanova**

Chairman of the Scientific Council for  
awarding of the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences, Professor

**D. Gafurova**

Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding the scientific degrees,  
Doctor of Chemical Sciences

**Sh. Kadirova**

Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the scientific degrees, Doctor of  
Chemical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (Doctor of Philosophy (PhD) dissertation annotation)

**The aim of the study is** to obtain complexes of transition metals with ion substituents based on local raw materials, to study their structure and properties.

**The objects of research** are polycomplexonates containing amino, as well as amino and phosphonic groups, solutions of salts of non-ferrous metals of copper (II), nickel (II), cobalt (II), zinc (II) and chromium (III).

**The scientific novelty of the research** for the first time the selectivity of polycomplexones based on local raw materials to copper (II) and chromium (III) ions were determined;

the mechanism of the occurrence of sorption through the formation of complexes by means of IR spectroscopy, electronic diffuse reflectance spectra has been proved, the composition has been established by the method of elemental analysis, the composition, the structure of the geometry of the coordination unit of the synthesized complexes has been determined;

the geometric parameters were determined and the coordination sites of the coordination compounds of polycomplexons with copper (II), nickel (II), cobalt (II), zinc (II) and chromium (III) ions were calculated by quantum-chemical calculation methods;

the possibility of extracting ions of non-ferrous metals due to the formation of complexes of polycomplexes from the waste water of JSC «Mubarak Gas Processing Factory» was established.

**Implementation of research results:** Based on the scientific results obtained in the study of sorption of intermediate metal ions by anion exchange resin and polyampholyte:

Wastewater treatment with the participation of polycomplexes JSC «Mubarek Gas Processing Plant» was introduced (reference of JSC «Mubarek Gas Processing Plant» dated January 12, 2021 № 21/GK-01-21). As a result, it was possible to create a mini-device that selectively separates intermediate metal ions at the expense of a complex bond;

Selective polycomplexes were introduced into the practice of JSC «Mubarek Gas Processing Plant» (reference of JSC «Mubarek Gas Processing Plant» dated January 12, 2021 G 21/GK-01-21). As a result, polycomplexes allowed to reduce the content of metal ions Cu (II), Ni (II), Zn (II) in wastewater by up to 1.25%;

Polycomplexes were introduced into the practice of «URGANCH BAXMAL» LLC (reference of the State Committee for Ecology and Environmental Protection of the Republic of Uzbekistan dated March 18, 2020 № 01-02 / 8-342). Consequently, it was possible to reduce the content of copper (II), cobalt (II), nickel (II), zinc (II) and chromium (III) ions in wastewater by 75-80%;

Selective polycomplexes A-7-23 were used in the practical project «Technology for the separation of copper ions from wastewater using local sorbents» (2015-2017) in the selective separation of copper ions from wastewater (Ministry of Higher and Secondary Special Education of the Republic of Uzbekistan №Reference No. 89-03-2581). In the issue, industrial enterprises have been able to selectively separate copper (II) ions from wastewater.

**Approbation of research results:** The results of this research were presented and discussed at 12 scientific and practical conferences, including 1 international and 2 national.

**The structure and scope of the dissertation:** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

## ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ LIST OF PUBLISHED WORKS

### I бўлим (I часть; I part)

1. Исмоилова Ҳ.М., Ҳасанов Ш.Б., Бекчанов Д.Ж., Азизжанов Х.М. Физико-химическое исследование строения комплексов ионитов с 3d-металлами // *Universum: Химия и биология*. -2021. -№1(79) -С.80-84. (02.00.00; №2)
2. Исмоилова Ҳ.М., Бекчанов Д.Ж., Ҳасанов Ш.Б., Матмурадова Ф.К. Сорбция ионов Zn(II) и Cr(III) на аниониты и полиамфолиты, полученные на основе местного сырья// *Universum: Химия и биология*. -2019. -№12(66) - С.37-44. (02.00.00; №2)
3. Исмоилова Ҳ.М., Бекчанов Д.Ж., Ҳасанов Ш.Б., Ражабов Э.Б. Сорбция ионов Zn(II) полиамфолитом, полученным на основе гранулированного пластика поливинилхлорида// *Журнал «Композиционные материалы»* - 2019. -№ 3. -С.122-124. (02.00.00; №4)
4. Ismoilova H.M., Hasanov Sh.B., Bekchanov D.J., Voltayeva M.M. Пластикат поливинилхлоридни полиэтиленполиамин билан модификациялаб олинган ионитга мис(II), никел(II) ва кобальт(II) ионларининг сорбцияси// «Илмий хабарлар - Научный вестник». -2019. -№ 1. -Б.19-25. (02.00.00; №13)
5. Ismoilova H.M., Bekchanov D.J., Rajabov E.B., Jurayev M.M. Polyphinychloride was modified by polyethylene polyamine, and the ionitis in static conditions of copper (II), nickel (II) and cobalt (II) ions their sorption features// *Journal Actual problems of modern science, education and training in the region* -2018. -№ 4. -P.91-95. (02.00.00; №15)

### II бўлим (II часть; II part)

6. Ismoilova H., Khasanov Sh. Mukhamediev M., Bekchanov D., Yarmanov Sh., Yodgorov B. Sorption of Zn(II) and Cr(III) ions into ion exchangers obtained on the polyvinylchloride// *International Journal of Pharmaceutical Research*. – 2020. - Vol 12. -Issue 3. -P.1728-1738. (Scopus IF=0,28).
7. Ismailova H., Babayev Z., Hasanov Sh., Bekchanov D., Abdurakhmonova T. Adsorption of heavy metal ions in polyionides obtained on the basis of plasticized polyvinyl chloride// *Journal of Critical Reviews*. -Vol 7, -Issue 1, -2020. -P.517-521.
8. Ismoilova H.M., Hasanov Sh.B., Bekchanov D.J., Mukhamediev M.G. Complex formation in the system polyampholyte - Ni<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>-water// 18<sup>th</sup>

- IUPAC international symposium on macromolecular metal complexes. Moscow - Tver - Myshkin - Uglich – Moscow. -2019. -June 10-13. -P.72.
9. Ismoilova H.M., Bekchanov D.J., Rajabov E.B., Abdullaeva D.A. Zn(II) Responsibility to the lower granulation plasticated polyvinylchloride// Monografia Pokonferencyjna, Science, research, development. Santa Monica (California) -2019. -№16/7. -P.141-143.
10. Исмоилова Ҳ.М., Бекчанов Д.Ж., Ҳасанов Ш.Б., Абдурахмонова Т.Р. Сорбция ионов Cu(II), Co(II), Ni(II) полиамфолитами полученными на основе местного сырья// Инновационные решения инженерно-технологических проблем современного производства. Бухара-2019. -С.24-25.
11. Исмоилова Ҳ.М., Бекчанов Д.Ж., Ҳасанов Ш.Б. Маҳаллий хомашёлар асосида олинган анионитга Cu(II), Co(II), Ni(II) ва Cr(III) ионларини сорбцияси// «Наука и инновации» Ташкент-2019. -С.273-275.
12. Исмоилова Ҳ.М., Бекчанов Д.Ж., Ҳасанов Ш.Б. Маҳаллий хомашёлар асосида олинган ионитларга сунъий эритмалардан Cu(II), Co(II), Ni(II) металл ионларининг сорбцияси// «Ўзбекистонда аналитик кимёнинг ривожланиш истиқболлари» Республика илмий-амалий анжумани. Тошкент-2018. -Б.94-95.
13. Исмоилова Ҳ.М., Каримова Р.Б. Маҳаллий хомашёлар асосида олинган полиамфолитга Cu(II), Co(II), Ni(II) металл ионларининг сорбцияси// «XXI Асрда илм-фан тараққиётининг ривожланиш истиқболлари ва уларда инновацияларнинг тутган ўрни» мавзусидаги республика илмий-online конференцияси материаллари. Тошкент-2019. -Б.277.
14. Исмоилова Ҳ.М., Бекчанов Д.Ж., Ҳасанов Ш.Б., Худойбердиев Т. Пластикат поливинилхлорид асосида олинган ионитга оралиқ металл ионларининг сорбцияси// Турли физик-кимёвий усуллар ёрдамида нефть ва газни аралашмалардан тозалашнинг долзарб муаммолари. Қарши-2019. - Б.123-124.
15. Исмоилова Ҳ.М., Бекчанов Д.Ж., Ибадуллаев Б.М., Алимбаева Ш.Б. Ражабов Э.Б. Маҳаллий хомашёлар асосида олинган анионитга Cu(II) ионининг сорбцияланиши// «Қорақалпоғистон республикасида кимё, кимёвий технология, нефть-газ ва енгил саноат соҳалари ривожининг долзарб муаммолари» Нукус-2019. -Б.119-120.
16. Исмоилова Ҳ.М., Абдурахмонова Т.Р. Комплекс ҳосил қилувчи анионитга мис (II) ионларининг ютилиш кинетикаси// «Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар» мавзусидаги республика 15-кўп тармоқли илмий-масофавий онлайн конференция материаллари. 11-қисм. Тошкент-2020. -Б.160.
17. Исмоилова Ҳ.М., Абдурахмонова Т.Р., Каримова Р.Б. Баъзи комплекс ҳосил қилувчи ионитларнинг қўлланилиши// «Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар» мавзусидаги республика 15-кўп тармоқли илмий масофавий онлайн конференция материаллари. 11-қисм. Тошкент-2020. -Б.161.
18. Исмоилова Ҳ.М. Оқова сувларни тозалашда маҳаллий хомашёлар асосида олинган ионитларда оғир металл ионларини адсорбцияси// «Ўзбекистонда илмий-амалий тадқиқотлар» Тошкент-2020. №20. Б.6-8.

Автореферат «ЎзМУ хабарлари» таҳририятида таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди.

Босишга рухсат этилди: 31.03.2021  
Бичими: 60x84 1/8 «Times New Roman»  
гарнитурда рақамли босма усулда босилди.  
Шартли босма табағи 2,5. Адади: 100. Буюртма: № 15  
Тел: (99) 832 99 79; (97) 815 44 54  
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмаҳонасида чоп этилди.  
Манзил: Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6 уй