

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT  
INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJA BERUVCHI  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**DAVRONOVA NORNISO FAXRIDDIN QIZI**

**ATROF MUHIT OBYEKTLARIDAN TEMIR VA KOBALT  
IONLARINI IMMOBILLANGAN AZOT- VA KISLOROD SAQLAGAN  
ORGANIK REAGENTLAR YORDAMIDA SORBSION-SPEKTROSKOPIK  
ANIQLASH VA AJRATISH USULLARINI ISHLAB CHIQISH**

**11.00.05-Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish**

**KIMYO FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**  
**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**  
**Contents dissertation abstract of doctor philosophy (PhD)**

**Davronova Norniso Faxriddin qizi**

Atrof-muhit obyektlaridan temir va kobalt ionlarini immobillangan azot- va kislород saqlagan organik reagentlar yordamida sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratish usullarini ishlab chiqish..... 3

**Давронова Норнисо Фахриддин кизи**

Разработка сорбционно-спектроскопических методов определения и разделения ионов железа и кобальта азот- и кислород содержащими иммобилизованными органическими реагентами в объектах окружающей среды..... 21

**Davronova Norniso Fakhriddin qizi**

Development of sorption-spectroscopic methods for the determination and separation of iron and cobalt ions from environmental objects using immobilized organic reagents containing nitrogen and oxygen..... 41

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 44

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA ILMIY TADQIQOT INSTITUTI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJA BERUVCHI  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT KIMYO TEXNOLOGIYA INSTITUTI**

**DAVRONOVA NORNISO FAXRIDDIN QIZI**

**ATROF MUHIT OBYEKTLARIDAN TEMIR VA KOBALT IONLARINI  
IMMOBILLANGAN AZOT- VA KISLOROD SAQLAGAN ORGANIK  
REAGENTLAR YORDAMIDA SORBSION-SPEKTROSKOPIK  
ANIQLASH VA AJRATISH USULLARINI ISHLAB CHIQISH**

**11.00.05-Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish**

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2025**

Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/K906 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent kimyo texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz) (резюме) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz)) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Smanova Zulayxo Asanaliyevna**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Muxamedgaliyev Baxtiyor Abdukadirovich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Aliyeva Muqaddas Tuychiyevna**  
kimyo fanlari doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**Umumiy va noorganik kimyo instituti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo texnologiya ilmiy tadqiqot instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01. raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «24» avgust soat 09:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY p/b Shurobozor. Tel.:(+99895) 281-67-83, e-mail: [ooo-tniixt@mail.ru](mailto:ooo-tniixt@mail.ru)).

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot institutining Axborot – resurs markazida tanishish mumkin. (№ 2025/24 raqami bilan ro'yxatga olingan. ((Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY p/b Shurobozor. Tel.:(+99895) 281-67-83, e-mail: [ooo-tniixt@mail.ru](mailto:ooo-tniixt@mail.ru) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz))

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «09» avgust kuni tarqatildi.  
(2025yil « 09» avgustdagi № 2025/24 raqamli reyestr bayonnomasi)



*[Handwritten signature]*

**Djalilov A.T.**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi,  
k.f.d., prof., akademik

*[Handwritten signature]*

**Qiyomov Sh.N.**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
t.f.d. k.a.x.

*[Handwritten signature]*

**Beknazarov H.S.**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
kengash qoshidagi  
Ilmiy seminar raisi, t.f.d. prof.

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda, soʻnggi yillarda sanoatning barcha yoʻnalishlarida intensiv rivojlanish va zamonaviy texnogen jarayonlarning amaliyotga keng joriy etilishi natijasida atrof - muhitga antropogen omillar orqali boʻlayotgan salbiy taʼsir kuchayib bormoqda. Shu sababli, ekologik tahlil doirasida temir va kobalt ionlarini nafaqat aniqlash, balki atrof - muhit obyektlaridan selektiv ravishda ajratish imkonini beruvchi yuqori sezgirlikka ega, qayta takrorlanuvchan zamonaviy usullarni ishlab chiqishga katta eʼtibor qaratilmoqda.

Jahonda ogʻir va zaharli metallarni aniqlash va ajratish uchun ultramikro miqdorlarini tahlil qilish imkonini beradigan bir qator fizik va fizik - kimyoviy usullar yaratish ustida ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada ogʻir va zaharli metallarni belgilangan ruxsat etilgan chegaralardan past konsentratsiyalarda bir vaqtning oʻzida aniqlash va ajratish imkonini beruvchi zamonaviy usullarning sezgirligi hamda selektivligini oshirish mexanizmlarini chuqur oʻrganish, ayniqsa, organik reagentlarni tolali tashuvchilarda immobilizatsiya qilish usulidan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Respublikamizda ogʻir va zaharli metallarni aniqlashning sorbsion-spektroskopik usullarini rivojlantirish bilan birga atrof - muhitning ifloslanish darajasining ortishi bilan monitoringni takomillashtirish va soddalashtirish boʻyicha aniq ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. Yangi Oʻzbekiston taraqqiyot strategiyasida «Iqtisodiyotga innovatsiyalarni keng joriy qilish, sanoat korxonalarini va ilm - fan muassasalarining hamkorlik aloqalarini rivojlantirish»<sup>1</sup> vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, atrof-muhitni monitoring qilishda mahalliy xomashyolardan asosida olingan tolasimon tashuvchilarga immobilangan organik reagentlardan foydalanish, moddalarning sifatini va tozalik darajasini tizimli nazorat qilishni yanada takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 30 oktabrdagi PF-5863-son «2030-yilgacha boʻlgan davrda Oʻzbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash toʻgʻrisida»gi farmoni, 2018 yil 3 oktyabrdagi PQ - 3956-sonli «Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish boʻyicha qoʻshimcha chora-tadbirlar toʻgʻrisida» qarori, Oʻzbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 18 fevraldagi VM-95-son «Ekologik xavfsizlik toʻgʻrisidagi umumiy texnik reglamentni tasdiqlash haqida» qarori, 2022 yil 16 fevraldagi PQ-131-son «Oʻzbekiston Respublikasi Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish davlat qoʻmitasi tizimida muhofaza etiladigan tabiiy hududlarni tashkil etish chora-tadbirlari toʻgʻrisida»gi qarorlari hamda ushbu sohada qabul qilingan boshqa normativ-huquqiy hujjatlarda nazarda tutilgan vazifalarni amalga oshirishda mazkur tadqiqot ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yoʻnalishlariga mosligi.** Mazkur ilmiy tadqiqot ishi Respublika fan va

<sup>1</sup> Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga moʻljallangan yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasi toʻgʻrisida” farmoni.

texnologiyalar rivojlanishining VII. «Kimyo texnologiyalari va nanotexnologiyalar» ustuvor yoʻnalishlariga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning oʻrganilganlik darajasi.** Imbobilangan organik reagentlardan foydalanishga asoslangan, yangi yondashuvlardan biri boʻlgan qattiq fazali - spektroskopik usullar sezgirlik va ishonchlilikka qoʻyiladigan talablarga javob beradi va bu yoʻnalishda koʻplab xorijiy olimlar G. Alberti, A. Sayqal, T. Sun, J. Lin, R. Sun, Yu. A. Zolotov, G.D. Brikina, N.A. Gavrilenko, V.N. Locev, V.G. Amelin, Ye.I. Morocanova, C.G. Dmitriyenkolar, respublikamizda esa A.M. Gevorgyan, M.A. Nasimov, A.T.Djalilov, X.L. Pulatov, R.X. Djiyanbayeva, B.D. Kabulov, I.P. Shesterov, Z.A. Smanova va boshqalar tomonidan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilgan.

Ushbu tadqiqotlarda turli silikagellar, tabiiy seolitlar, PE plyonkalar, sellyuloza nitrati, polikaproamidli gel membranalar va modifikatsiyalangan kremnezemlar kabi tashuvchi qatlamlardan foydalanadigan spektroskopik va fluoressent usullar ishlab chiqilgan va qoʻllanish sohalarini kengaytirish va texnologiyalarini takomillashtirish tavsiya etilgan. Hozirda mahalliy xomashyolar va sanoat chiqindilari asosida zaharli erituvchilar talab qilmaydigan, ekologik jihatdan xavfsiz boʻlgan qattiq fazali spektroskopiyada usuli orqali bir vaqtning oʻzida ogʻir va zaharli metall ionlarini aniqlash, ajratish va monitoringini oʻtkazish imkonini beruvchi zamonaviy usullarni yaratish va amaliyotda qoʻllash boʻyicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

**Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bogʻliqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Toshkent kimyo texnologiya instituti hamda Oʻzbekiston Milliy universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq FZ-20171024243 raqamli «Kobalt va temir ionlarini aniqlashda imbobilangan azoreagentlarning fizik-kimyoviy xossalari tadqiq etish» mavzusidagi (2018 - 2019 yy) fundamental loyiha doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** - Qoʻngʻirot tumani va Navoiy viloyati oqova suvlari tarkibidan temir va kobalt ionlarini metrologik parametrlarini imbobilangan azot- va kislorod saqlagan organik reagentlar yordamida sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratish usulini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajratishda selektiv organik reagentlarni tanlash azot- va kislorod saqlagan organik reagentlarni polimer sorbentlarga imbobilashning optimal sharoitlarini aniqlash;

temir (III) va kobalt (II) ionlarini imbobilangan azot- va kislorod saqlagan organik reagentlar bilan kompleks hosil qilish sharoitlarini hamda ularning hosil boʻlish mexanizmi va tarkibini aniqlash;

temir (III) va kobalt (II) ionlarini sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratish usulini ishlab chiqish va usulning aniqliligini baholash;

ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usulning atrof-muhit obyektlaridagi qoʻllanishi hamda Qoʻngʻirot tumani suv havzalari va Navoiy viloyati sanoat oqova suvlari hamda Zarafshon daryosi suvlaridagi temir (III) va kobalt (II) ionlarini miqdorini monitoringini oʻtkazish;

temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajratishda ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usulni amaliyotga joriy qilish sohasini va ularning atrof-muhit obyektlariga ta'sirini aniqlash.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida Fe (III) va Co (II) kationlarini o'z ichiga olgan sun'iy aralashmalar, atrof-muhit obyektlari (Navoiy viloyati sanoat chiqindi suvlari, Oltin ko'l kanali suvlari hamda Zarafshon daryosi suvlari va texnogen suvlar) olingan.

**Tadqiqotning predmeti** polimer matritsada immobillangan metil timol ko'ki va nitrozo R- tuzi organik reagentlar yordamida atrof-muhit obyektlaridan temir(III) va kobalt(II) ionlarining metrologik parametrlarini sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratish usullarini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqot usullari.** Dissertatsiya ishida immobillangan organik reagentlar yordamida sorbsion-spektroskopik aniqlash usullari, olingan kompleks birikmani tarkibini, xossa va xususiyatlarini o'rganishda IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskop (SEM), rentgenofluoressent tahlili, nur qaytarish va nur yutish spektroskopiyasi, shuningdek eksperimental ma'lumotlarni matematik statistik qayta ishlash hamda kvant kimyoviy hisoblash usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ilk bor Fe(III) va Co(II) ionlarini aniqlash va ajartish uchun poliakrilonitril asosidagi PPA-1 sorbentiga immobillangan metil timol ko'ki va nitrozo R- tuzi organik reagentlari qo'llanilgan hamda immobillashning optimal sharoitlari aniqlangan;

Fe(III) va Co(II) ionlarini immobillangan metil timol ko'ki hamda nitrozo R- tuzi ishtirokida barqaror kompleks birikmalar hosil bo'lishining optimal sharoitlari, tarkibi va tuzulishi turli fizik-kimyoviy usullar, kvant kimyoviy hisoblashlar yordamida aniqlangan va ularning metrologik parametrlari topilgan;

ekologik obyektlar, jumladan turli oqova va chiqindi suv namunalarida immobillangan metil timol ko'ki va nitrozo R- tuzi organik reagentlari yordamida Fe(III) va Co(II) ionlarini sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratishning yangi usullari ishlab chiqilgan;

ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usul asosida atrof-muhitni muhofaza qilishda Fe(III) va Co(II) ionlarini oqova va chiqindilar suvlaridagi mikro miqdorining ekologik monitoringini samarali amalga oshirish imkoniyati aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

turli murakkab aralashmalar tarkibidagi temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajartish uchun sezgir, ekspress, iqtisodiy jihatdan arzon, tanlab ta'sir etuvchi sorbsion-spektroskopik usul ishlab chiqilgan;

PPA-1 sorbentiga immobillangan metil timol ko'ki va nitrozo R-tuzi organik reagentlari yordamida temir (III) va kobalt (II) ionlariga kompleks hosil qilish uchun maqbul sharoitlari aniqlangan;

immobillangan metil timol ko'ki va nitrozo R- tuzi yordamida atrof-muhit obyektlarida temir va kobalt ionlarini mikro miqdorini aniqlash va ajratish uchun metrologik tavsiflari yaxshilangan usullari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** olingan moddalarning struktura va xossalari fizik-kimyoviy tahlilning zamonaviy IQ-spektroskopiya, SEM, rengenofluoresent tadqiqot usullari yordamida aniqlanganligi, eksperimental va nazariy natijalarning o‘zaro mosligi, natijalarning ishlab chiqarish sharoitlarida tasdiqlanganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati kompleks birikma hosil qiluvchi metil timol ko‘ki va nitrozo R- tuzi organik reagentlarini polimer tolaga (PPA-1) immobillash natijasida yangi sorbsion sistemalar olinganligi, ushbu sistemalarda temir (III) va kobalt (II) ionlarining immobillangan organik reagentlar bilan kompleks birikmalar hosil qilishining optimal sharoitlari, sorbsiya jarayonida hosil bo‘ladigan metalloxelatlarining tuzilishi aniqlanganligi hamda sorbsion-spektroskopik aniqlash usullari ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati oqova va chiqindi suvlardan temir(III) va kobalt(II) ionlarini aniqlash hamda ajratishning sorbsion-spektroskopik usullaridan foydalanish, zaharli metallarni aniqlash va ajratishning tezkor usullarini ishlab chiqish orqali atrof-muhit ifloslanishining oldini olish, ekologik iqlimni sog‘lomlashtirish, ijtimoiy-iqtisodiy samaradorlikni oshirish, shuningdek, atrof-muhitning ifloslantiruvchi moddalari va potensial ekotoksikantlari sifatida toksik metallarni aniqlash va ajratish tezkorligini keskin oshirishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarini joriy qilinishi.** Atrof-muhit ob‘yektlaridan temir va kobalt ionlarini immobillangan azot- va kislorod saqlagan organik reagentlar yordamida sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratish usulini ishlab chiqish bo‘yicha olingan ilmiy natijalari asosida:

temir (III) va kobalt (II) ionlarini sorbsion-spektroskopik aniqlash usuli «Navoiyazot» AJ da amaliyotga joriy etilgan («Navoiyazot» AJ ning 2025 yil 21 fevraldagi 03-3/1437-son ma’lumotnomasi). Natijada, Navoiy viloyati hududidagi oqava suvlarini davlat monitoringini yuritish, suvlarni og‘ir metallar (kobalt (II) va temir (III) ionlari) bilan ifloslanganligini baholash hamda ularni bartaraf etish bo‘yicha chora-tadbirlar majmuasini ishlab chiqish imkonini bergan;

immobillangan metil timol ko‘ki va nitrozo R- tuzi organik reagentlar yordamida temir va kobalt ionlarini ajratish usuli «Navoiyazot» AJ da amaliyotga joriy etilgan («Navoiyazot» AJ ning 2025 yil 21 fevraldagi 03-3/1437-son ma’lumotnomasi). Natijada, sanoat chiqindi suvlarida va oqava suvlarda temir (III) va kobalt (II) ionlarini tezkor ajratish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqot natijalari asosida 8 ta, shundan, 6 ta xalqaro va 2 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma’ruza qilingan va muhokamadan o‘tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e’lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 15 ta ilmiy ish chop etilgan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan nashrlarida 7 ta, jumladan 4ta maqola Respublikada va 3 ta ilmiy maqola xalqaro jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiyaning tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 117 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida dissertatsiya ishning dolzarbligi, tadqiqot maqsadi va vazifalari belgilangan, tadqiqotning obyekt va predmetlari aniqlangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyasi taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mos kelishi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari keltirilgan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslangan, erishilgan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati yoritib berilgan, tadqiqot natijalarini joriy qilish qilinganligi, nashr etilgan ishlar ro'yxati va dissertatsiya tuzilishi to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Temir va kobalt ionlarini ekologik omil sifatida inson organizmiga va atrof-muhitga ta'siri (adabiyotlar sharhi)**» deb nomlangan **birinchi bobida** temir (III) va kobalt (II) ionlarining atrof-muhitga tarqalish manbalari, ularning o'simlik, hayvon va inson organizmiga toksik ta'siri, oqava suvlardagi og'ir metall ionlarini aniqlashning zamonaviy usullari, shuningdek temir va kobalt ionlarini aniqlashning fizik-kimyoviy usullari, sorbsion konsentrlash va spektrofotometrik usullarida hamda immobillanish turlari haqidagi tadqiqotlar sharhi keltirilgan.

Ma'lumotlar umumlashtirilgan va ilmiy-tahliliy xulosalar chiqarilgan hamda ilmiy adabiyotlardagi ma'lumotlardan kelib chiqqan holda dissertatsiya ishining maqsadi, vazifalari, mavzuning dolzarbligi va muhimligi asoslangan.

Dissertatsiyaning «**Temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajratishda ishlatiladigan asbob-uskunalar, materiallar, reaktivlar eritmalar va reagentlarni tayyorlash usullari**» deb nomlangan **ikkinchi bobida** tadqiqotda qo'llanilgan asbob-uskunalar, jihozlar, reaktivlar, temir(III) va kobalt (II) ionlarining standart va ishchi eritmalarini analizga tayyorlash metodikasi, organik reagentlar va ularni qattiq tolali sorbentlarga immobillash metodikasi keltirilgan. Shuningdek immobillash jarayonida qo'llanilgan metil timol ko'ki (MTK) va nitrozo R- tuzi (NRT) reagentlari haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Ilmiy tadqiqot ishida O'zbekiston Milliy universiteti «Polimerlar kimyosi» kafedrasida sintez qilingan PPA-1 tolasiga organik reagentlarni immobillanishining fizik - kimyoviy xossalari o'rganildi (1-jadval).

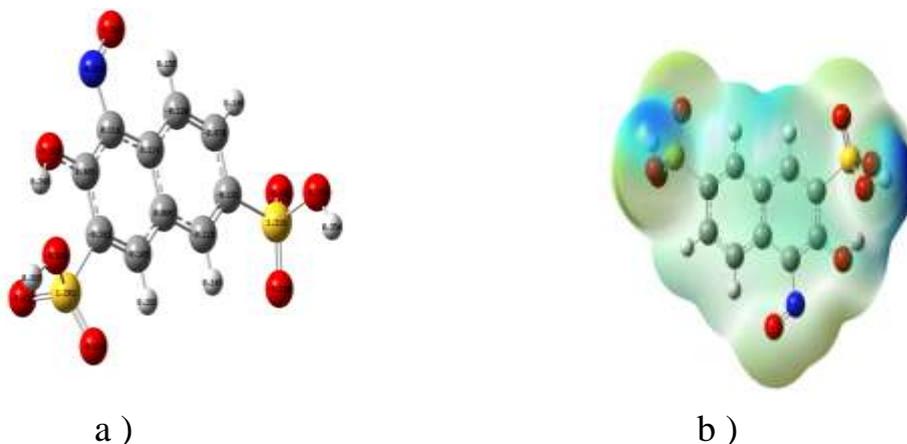
### 1 - jadval

#### Metil timol ko'ki va nitrozo R- tuzi reagentlarini immobillashining optimal sharoitlari ( $m_H = 0,2000$ g )

Reagent	Tashuvchi	pH	Bufer aralashma hajmi, ml	Yutilish maksimumi, nm	Vaqt,min
MTK	PPA-1	6-7	10	436	5-7
NRT	PPA-1	6-7	10	368	5-7

Dissertatsiyaning «**Organik reagentlarni tashuvchilarga immobillash va ular bilan temir(III) va kobalt (II) ionlarining kompleks hosil qilish**

**jarayonlari uchun optimal sharoitlarni tanlash» nomli uchinchi bobida** MTK va NRT reagentlarni zamonaviy tadqiqot usullari yordamida tahlil qilish va tarkib tuzilish xususiyatlarini Gaussian09 dasturiy paketi (DFT/B3LYP metodi doirasida) kvant-kimyoviy hisoblash natijalari, MTK va NRT reagentlarining immobillanish uchun maqbul sorbent va optimal sharoitlar tanlash shuningdek temir (III) va kobalt (II) ionlari bilan immobillangan organik reagentlarning kompleks hosil qilish to‘lqin uzunligi, vaqt, temperatura, reagent konsentratsiyasiga bog‘liqligi va eritma muhiti hamda qulay bufer eritmaları kabi analitik mezonlari aniqlangan. Sidjvik qoidasiga ko‘ra kobalt metalining kislorod bilan hosil qilgan bog‘i azot atomi bilan hosil qilgan bog‘iga nisbatan kuchsizroq. Bundan xulosa qilgan holda tarkibida azot turgan organik reagentlar bilan kobalt ionining barqaror kompleks hosil qilish ehtimoli yuqori ekanligini hisobga olgan holda 1-nitrozo-2-naftol-3,6-disulfonik kislota natriyli tuzi (nitrozo R- tuzi) reagentini, temir ion uchun esa kislorod bilan bog‘i azot bog‘iga nisbatan mustahkamroq bo‘lishini hisobga olgan holda metil timol ko‘ki reagenti tanlangan. Reagentlarning tanlangan polimer tashuvchiga va metall ionlariga aynan qaysi mexanizmlar bo‘yicha kompleks birikma hosil qilishi va immobillanish jarayonlarini oladindan prognozlash maqsadida kvant-kimyoviy hisoblashlar olib borilgan. Bu usullardan foydalangan holda, kislotali muhitda reagentlarning protonlanishi natijasida elektron juftning elektrostatik tortilishi hisobiga kordinatsion bog‘ hosil bo‘ladi. Immobillash uchun tanlangan reagentlar bir nechta potensial markazlar tutgan bo‘ladi, ular metall ionlariga yuqori elektrostatik tortishishga ega.



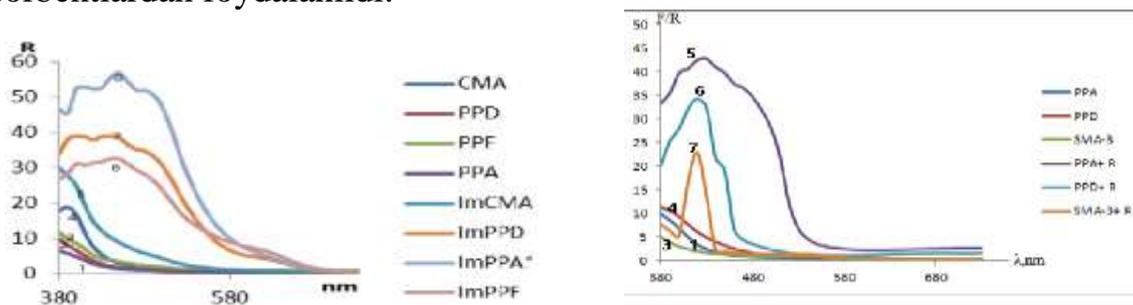
**1 - rasm. Nitrozo R- tuzi zaryad taqsimoti (a) va eslektrostatik potentsiali (b)**

Ma‘lumki, reagent tarkibidagi sulfo ( $\text{SO}_3$ ) guruhning elektron bulut zichligining ko‘rsatkichi eng yuqoriligi, tola bilan immobillash jarayoni aynan shu sohada yuzaga kelishini bildiradi. Keyingi qiymatlar ko‘rsatkichi esa  $=\text{CH-N}=\text{C}-\text{O}-$  bog‘lariga tegishli bo‘lib, metall bilan kordinatsion bog‘ hosil qilishi aniqlandi.

Reagentning elektrostatik potentsiali (ESP) molekulyar modellashtirishda molekularning hatti-harakatlarini va ularning boshqa molekular bilan o‘zaro ta‘sirini tushunish hamda prognoz qilish uchun foydalaniladi. Shuningdek, ESP reaksiyon markazlarni aniqlashda muhim ko‘rsatkich bo‘lib, molekuladagi nukleofil va elektrofil markazlarni ko‘rsatadi. Qizil sferik nuqtalar elektronga boy soha

bo'lib, yuzaning minimum sohasi hisoblanadi. Havorang sferik nuqtalar elektron taqchil sohalar bo'lib, sathning maksimum sohasi hisoblanadi. Molekulalararo ta'sirlashuvda elektrono-donor sifatida qatnashishi mumkin bo'lgan markazlar sifatida molekulaning sulfo guruhidagi kislorod atomini ko'rsatish mumkin. Tahlili natijalari asosida ushbu birikmaning polimer birikmalarga birikishi eng faol vorodorod atomini tutgan - SO<sub>3</sub> guruhi bilan borishi mumkinligini ko'rsatadi.

Metil timol ko'ki va nitrozo R- tuzi reagentlarini immobillash uchun O'z. Mu. "Polimerlar kimyosi" kafedrasida sintez qilingan turli sun'iy tolasimon sorbentlardan foydalanildi.

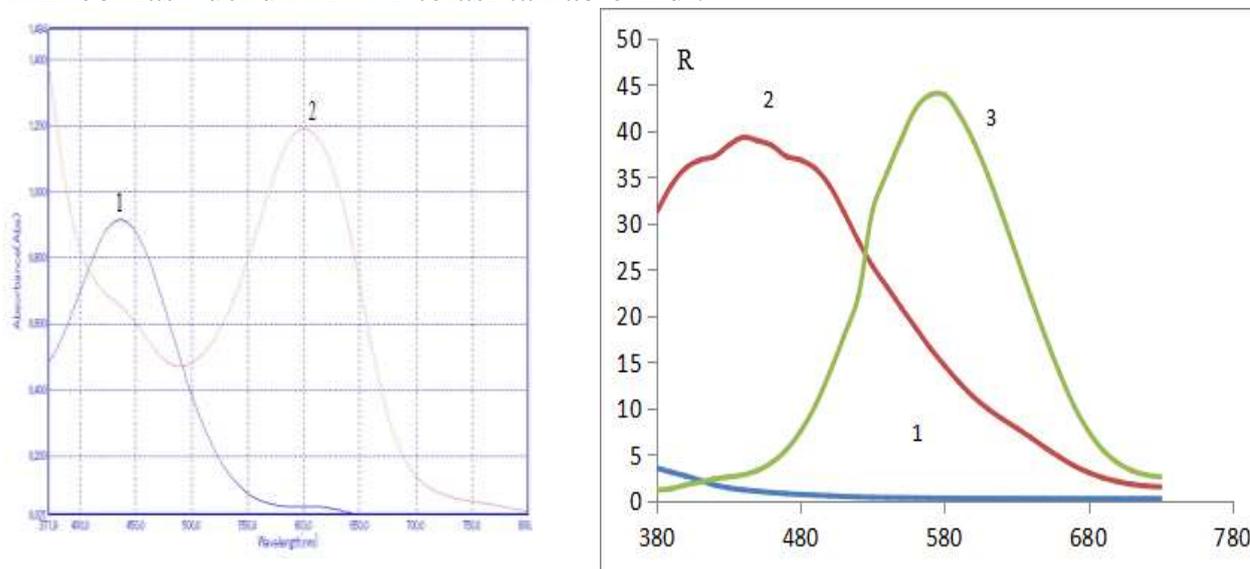


a )

b )

**2 - rasm. Turli tolasimon sorbentlar bilan immobillanishning Kubelka-Munka funksiyasida hisoblash natijalari : a) MTK; b) NRT**

Tanlab olingan reagentlarga eng yaxshi sorbent tanlash jarayonida ikkala MTK va nitrozo R-tuzi organik reagentlarga PPA-1 tolasimon sorbenti eng yuqori analitik signalni berdi. Shu munosabat bilan MTK va nitrozo R-tuzi reagentlarni immobillash uchun PPA-1 tolasi tanlab olindi.



a )

b )

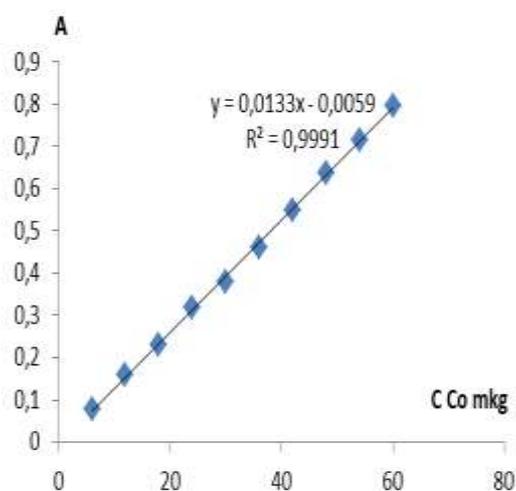
**3 - rasm. Maksimal nur yutish spektrlari a ) 1. MTK ( $\lambda_{max}=436nm$ ) va 2. Fe<sup>3+</sup> ioni bilan hosil qilgan kompleksi ( $\lambda_{max}=615 nm$ ); b) nur qaytarish spektrlarining Kubelka-Munka funksiyasida hisoblash natijalari 1. PPA-1 2. Immobillangan MTK; 3. Kompleks Fe<sup>3+</sup>.**

Immobillangan MTK bilan temir (III) ionlari orasidagi kompleks birikmaning nur qaytarish va nur yutish spektrlari olindi. Ikkala holatda ham kompleks birikmamiz 615 nm to'liq uzunligida MTK reagentimiz 436 nm to'liq uzunligida

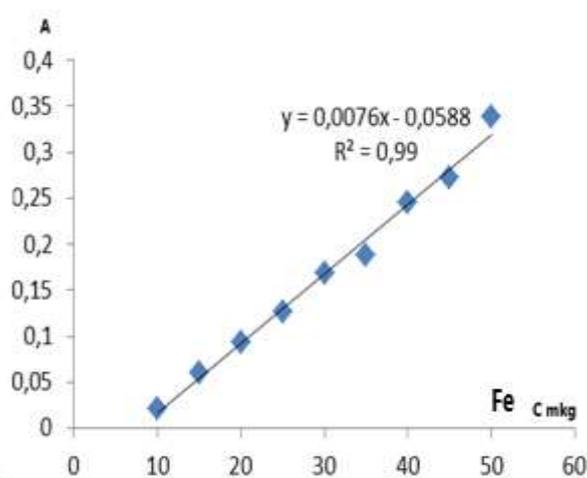
maksimal qiymatni berdi. Kompleks va reagent o'rtasidagi kontraslik 179 nm ekanligi aniqlandi. Bu esa immobillangan MTK dan temir ionini aniqlash uchun analitik reagent sifatida ishlatishimiz mumkinligini bildiradi. Natijalarni to'g'riligini isbotlash maqsadida olingan nur yutilish spektrini nur qaytarish spektrlari bilan solishtirildi. Nur yutilishidagi maksimum nur qaytarish spektrida minimum bo'lib kuzatiladi. Nur qaytarish spektri natijalarini Kubelka-Munka funksiyasiga o'tkazilganda minimum maksimumga aylanadi va nur yutilish spektrini maksimum sohasi bilan bir xil bo'lib kuzatilishi aniqlandi.

Immobillangan nitrozo R- tuzi bilan kobalt (II) ion kompleks eritmasining maksimal nur qaytarishi 520 nm to'liq uzunligida kuzatildi. Kobaltni to'g'ridan to'g'ri nitrozo R-tuzi bilan aniqlaganimizda hosil bo'lgan kompleksni maksimal to'liq uzunligi 419 nmni tashkil etdi. Bunda kompleks va reagent o'rtasida kontraslik 51 nmni tashkil etadi. NRT reagentini PPA-1 tolasiga immobillab keyin kobalt (II) ionini aniqlasak hosil bo'lgan kompleks 520 nm to'liq uzunligida maksimal analitik signal beradi. Bu esa kompleks va reagent o'rtasidagi kontraslikni oshiradi ya'ni  $\Delta \lambda = 120$  nm bo'ladi. Bunday holda kobalt (II) ionini bemalol aniqlashimiz mumkin. Bu esa ishlab chiqilgan usulning spektrofotometriyaga nisbatan afzalligini belgilaydi.

Immobillangan MTK va NRT reagentlar bilan temir (III) va kobalt (II) ionini aniqlashning graduirovkali grafigi tanlangan optimal sharoitlarida tuzildi.



a )



b )

**4 - rasm. Buger-Lambert-Ber qonuniga bog'liqlik grafigi: a) immobillangan NRT reagentining Co(II) ion bilan kompleksi; b) immobillangan MTK reagentining Fe(III) ion bilan kompleksi**

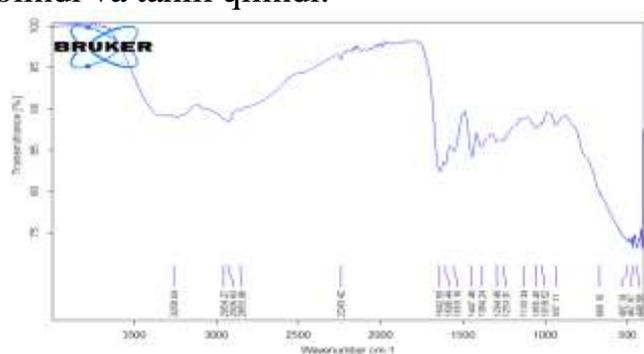
Buger-Lambert-Ber qonuni kobalt (II) ionida 6 dan 60,0 mkg/ml konsentratsiyalar oralig'ida 25 ml eritmada amal qiladi. Temir (III) ionida esa 10 dan 100 mkg/ml gacha amal qiladi, bu esa metall ionlarining atrof-muhit obyektlarida aniqlash uchun yetarli kattalik hisoblanadi. Har ikkala usulning korrelyatsion koeffitsienti 1 ga yaqinligi usulning to'g'riligini ifodalaydi.

Olingan kompleks birikmalarning tarkibiy molar nisbatini izomolyar seriyalar usuli yordamida aniqlandi. Immobillangan MTK temir(III) ion bilan va nitrozo R-tuzi kobalt(II) ion bilan hosil qilgan kompleks birikmalarning molar nisbati 1:1 ekanligi aniqlandi.

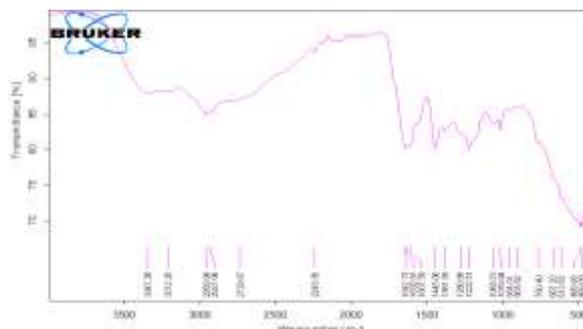
**Temir (III) va kobalt (II) ionini immobillangan MTK va NRT reagentlari bilan kompleksini spektral tavsiflari**

Ion	Kompleks rangi	pH	MeR	HR	$\Delta\lambda$	Me mkg	Sendel mkg/sm <sup>2</sup>
Sorbentda (Co <sup>2+</sup> )	Qizg'ish	6,5	520	368	120	60	0,003
Eritmada (Co <sup>2+</sup> )	qizil	6,5	419	368	51	60	0,002
Sorbent/Eritma (Fe <sup>3+</sup> )	moviy	2,5-3	615	436	179	50	0,0005899

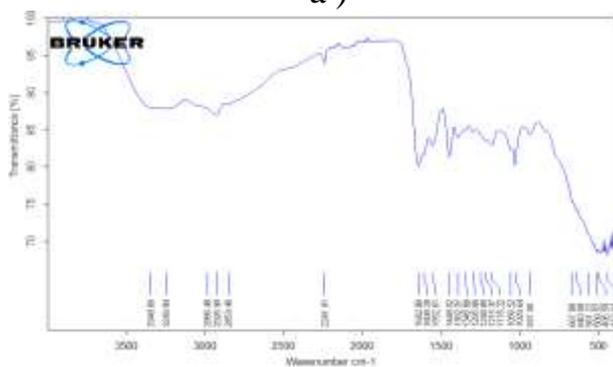
Dissertatsiyaning PPA-1 tolasiga immobillangan MTK va NRT reagentini temir (III) va kobalt (II) ionini bilan hosil qilgan komplekslarning IQ- spektrlari tahlili bo'limida reagentlarining tanlangan qattiq tashuvchi sorbentlarning va ular o'rtasidagi immobillash jarayonida sodir bo'lgan o'zgarishlarni IQ- spektroskopik usulda o'rganildi. Tadqiqot davomida ularning dastlabgi va keyingi IQ spektrlari olindi va tahlil qilindi.



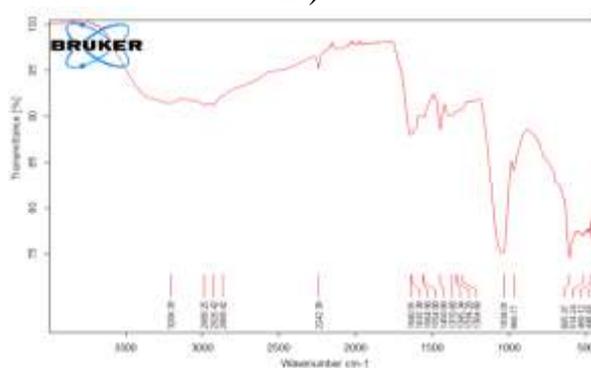
a )



b )



s )



d )

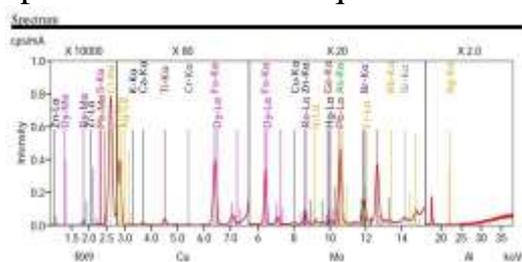
**5 - rasm. IQ-spektrlar : a ) PPA-1 tolasiga immobillangan metil timol ko'ki ; b ) immobillangan metil timol ko'ki reagentining Fe<sup>3+</sup> ionlari bilan hosil qilgan kompleksi ; s ) PPA-1 tolasiga immobillangan nitrozo R-tuzi ; d ) immobillangan nitrozo R- tuzining Co<sup>2+</sup> ionini bilan hosil qilgan kompleksi**

5 - rasmda (a va b) keltirilgan tahlil natijalaridan ma'lumki immobillanish jarayonida SO<sub>3</sub> guruhining spektrlari 1037sm<sup>-1</sup> dan 1110 va 1161 sm<sup>-1</sup> ga intinsiv siljish kuzatilgan. Bu esa immobillash jarayoni aynan metil timol ko'ki reagentining SO<sub>3</sub> guruhlari hisobiga sodir bo'lganligini anglatadi. Immobillangan metil timol ko'ki va temir (III) ionidan hosil bo'lgan kompleks birikmada PPA-1 tolasimon

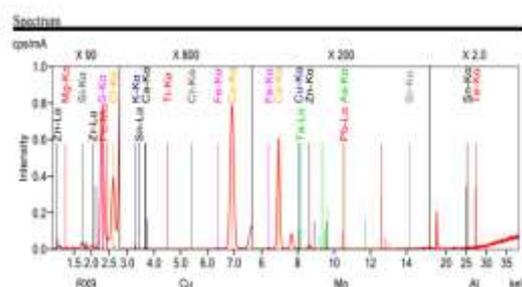
sorbentida va immobilangan MTK da mavjud bo‘lgan yangi bog‘ 612  $\text{sm}^{-1}$  sohada (Fe-O) va 760  $\text{sm}^{-1}$  sohada (Fe-N) hosil bo‘lgan. Bu esa immobilangan MTK reagentini temir (III) ioni bilan o‘zaro tasirlashishi funksional aktiv guruhlar hisobiga sodir bo‘lishini anglatadi.

5 - rasmda (s va d) keltirilgan spektrlardan ma’lumki 1-nitrozo-2-naftol-3,6-disulfo ikki natriyli tuzi (NRT) reagentning IQ-spektrida 3129-3531  $\text{sm}^{-1}$  sohalarda –OH guruhiga tegishli bo‘lgan yutilish cho‘qqilari kuzatilgan. 1666-1606  $\text{sm}^{-1}$  da -S=S- bog‘larining tebranish spektrlari kuzatilgan. 1056-1412  $\text{sm}^{-1}$  S-S=O (-O) bog‘lariga tegishli yutilish maksimumlarini kuzatilgan. 507  $\text{sm}^{-1}$  sohada esa O-Na bog‘ining tebranish spektrini ko‘rish mumkin. 1109-833  $\text{sm}^{-1}$  soha oralig‘ida nitrozo R- tuzi reagentning ikkita fenil guruhiga tegishli aromatik halqa yutilishlari kuzatilgan. PPA-1 tolasiga immobilangan 1-nitrozo-2-naftol-3,6-disulfo ikki natriyli tuzi reagenti bilan  $\text{Co}^{2+}$  ioni hosil qilgan kompleksining IQ- spektrida PPA-1 tolasiga immobilangan nitrozo R-tuzi reagenti bilan hosil qilgan mahsuloti IQ-spektridagi asosiy yutilish maksimumlarining saqlanib qolganini ko‘rishimiz mumkin. Faqat -605  $\text{sm}^{-1}$  sohada Co-N va 514  $\text{sm}^{-1}$ sohasida Co-O bog‘lariga tegishli valent tebranishlarini kuzatish mumkin.

PPA-1 tolasiga metil timol ko‘ki va nitrozo R- tuzi organik reagentlarni immobilashdan oldingi va immobilangandan so‘nggi holatlari hamda reagentlarni metall ionlari bilan hosil qilgan komplekslarini rentgen fluorisient tahlili 9825 Spectrum Drive, Austin, TX-78717 (USA) markali rentgeno-fluorescent spektrometrida tahlil qilindi.



a )



b )

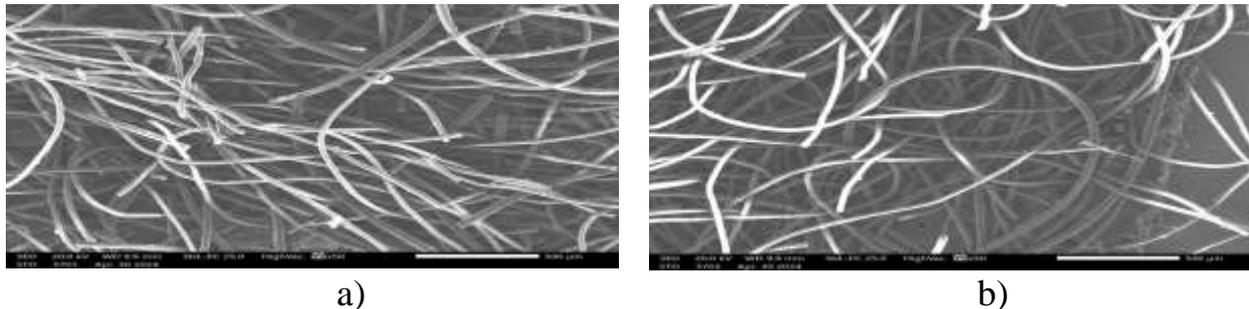
**6 - rasm. Rentgeno-fluorescent spektrlari: a ) immobilangan metil timol ko‘ki reagentning  $\text{Fe}^{3+}$  ioni bilan hosil qilgan kompleks; b ) immobilangan nitrozo R-tuzining kobalt(II) ioni bilan hosil qilgan kompleks.**

Tahlil natijalariga ko‘ra immobilash jarayoniga qatnashuvchi sulfo guruh mavjudligi sababli, aynan oltingugurt uchun yuqori intensiv sohani, shuningdek metall bilan reagent yangi kompleks birikma hosil bo‘lganini temirga xos yuqori intensiv sohaning ko‘rinishi bilan izohlash mumkin.

PPA-1 tolasini HCl bilan modifikatsiyalangan shakli tekshirilganda Cl elementining miqdori NRT organik reagentning immobilanishidan so‘ng kamayishi kuzatildi.

Yuqoridagi tahlil natijalariga ko‘ra dastlabgi immobilangan tolani xlorli shaklga o‘tkazilgani tufayli xlor ioniga tegishli sohada yuqori intensivlikni ko‘rishimiz mumkin. Shuningdek reagent tarkibidagi oltingugurt va reagent bilan yangi kompleks hosil qilgan kobalt (II) ionlariga xos yuqori intensiv sohani ko‘rishimiz mumkin. Bu natija massa jihatdan 1,58 ni qayd qildi.

Immobilangan PPA-1 tolasining temir (III) va kobalt (II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasining mavjudligini SEM detektori tahlilining difroktogrammalaridagi temir va kobalt ioniga xos signal hosil bo'lganligi bilan izohlashimiz mumkin.



**7 - rasm. SEM tasvirlari : a) immobilangan MTK bilan temir (III) ionlari bilan hosil qilgan kompleks; b) immobilangan NRT bilan kobalt (II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks**

Xuddi shunday analogik o'xshashlik kobalt kompleksida ham kuzatildi, ya'ni dastlabgi tola tarkibida C, N, O, S elementlari, uni xlorli shaklga o'tkazilganligi uchun Cl ionlari miqdori va kompleks birikma hosil bo'lganligi uchun  $\text{Co}^{2+}$  ionlarining miqdori 0,92 ni tashkil etgani aniqlandi. Tahlil natijalariga ko'ra PPA-1 tolasini tarkibi C, N, O, S elementlaridan tashkil topgan, kislota bilan modifikatsiyalanganidan keyin tarkibida Cl<sup>-</sup> ionlari miqdori ham aniqlandi. Organik reagent bilan  $\text{Fe}^{3+}$  ionlari kompleks birikma hosil qilganidan so'ng esa na'muna tarkibidagi temir massa jihatdan 0,3 ni tashkil qildi.

Immobilangan organik reagentlarni va ular hosil qilgan komplekslarni sorbsiya va desorbsiya jarayoni o'rganildi. Tahlil natijalariga ko'ra sorbsiya samaradorligi 0,95 dan yuqori ekanligi aniqlandi. Demak ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usul yordamida nafaqat og'ir va zaharli metallarni aniqlash balki ajratish imkoni ham mavjud. Organik reagentlar va ular hosil qilgan komplekslarni desorbsiyaga uchratish uchun 2M nitrat kislota tanlab olindi hamda desorbsiya jarayonini vaqt bilan bog'liq o'rganildi. Tahlil natijalariga ko'ra temir ionlari hosil qilgan kompleksning to'liq desorbsiyaga uchrashi uchun 6 soat, kobalt ionlari hosil qilgan kompleksning desorbsiyaga uchrashi uchun 2 soat vaqt ketadi.

Dissertatsiyaning «**Oqava suvlarida temir (III) va kobalt (II) ionlarini sorbsion-spektroskopik usul yordamida aniqlash, ajratish va monitoring qilish (Qo'ng'iroq tumani va Navoiy viloyati misolida)**» nomli to'rtinchi bobida dastlab temir va kobalt ionlarini o'simliklarga ta'siri o'rganib chiqildi. Tahlil uchun jo'xori va bug'doy o'simliklari tanlab olindi va Navoiy azot chiqindi suvi va kobaltga boy suvlar bilan sug'orildi. Tahlil natijalariga ko'ra har ikkala suvning miqdori oshishi bilan o'simliklarning ildizi, poyasi, to'pgulida rivojlanish sekinlashgani kuzatildi.

Temir (III) va kobalt (II) ionlarini mos ravishda immobilangan MTK va NRT reagentlari yordamida begona ionlar ishtirokida aniqlash va ajratish natijalari tahlil va suniy ikkilamchi va uchlamchi va murakkab aralashmalardan «kiritildi-topildi» usulida tahlil qilindi.

Tahlil natijalariga ko'ra temir (III) ionini binar, uchlamchi va murakkab

aralashmalarda ishlab chiqilgan sorbsion spektroskopik usul yordamida aniqlanganda nisbiy standart chetlanish (Sr) 0,014 dan oshmaydi, bu usulning qayta takrorlanuvchanligi va to'g'riligi haqida dalolat beradi va sorbsiya samaradorligi 0,95 dan yuqori esa temir va kobalt ionlarini ajratish imkonini beradi. Xulosa qilishimiz mumkinki, o'rganilayotgan ionlarni tahlil qilishda ishlab chiqilgan usulimiz sezgirligi va selektivligini oshiradigan qo'shimcha amallarda foydalanmasa ham bo'ladi ( aynan shu miqdordagi ionlar uchun). Barcha natijalarda nisbiy standart chetlanish 0,1 dan oshmaydi, bu esa aniqlanayotgan ionlarni aniqlashda va ajratishda usulning to'g'riligi va qayta takrorlanuvchanligini ifodalaydi.

Sanoatlashgan zonalarning tuproqlaridagi kobalt ionlarini sorbsion-spektroskopik usulda aniqlab tuproq tarkibida masofaviy tarqalishi tahlil qilindi. Temir (III) va kobalt (II) ionlarni atrof - muhit obyektlari «Ohangaron sement» zavodi hududidagi tuproqlar, «Navoi azot» zavodi chiqindi suvlari va Zarafshon daryosining suvlari hamda Oltin ko'l kanali suvlari temir (III) va kobalt (II) ionlarini ishlab chiqilgan usul yordamida aniqlandi va ajratildi, metall ionlarini tarqalishini o'rganildi, yillik va mavsumiy monitoringi o'tkazildi va baholandi.

Tabiiy obyektlar tarkibida temir va kobalt ionlarni sorbsion - spektroskopik usulda aniqlandi va ajratildi.

### 3 - jadval

#### Tabiiy obyektlardagi temir va kobalt ionlarini sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratish natijalari

Tabiiy obyekt	Topilgan Fe(III) mkg/sm <sup>3</sup> ( $\bar{x} \pm \Delta X$ )	S	Sr	R	Topilgan Co(II), mkg/sm <sup>3</sup> ( $\bar{x} \pm \Delta X$ )	S	Sr	R
Navoiy azot chiqindi suvi	7,9174±0,168	0,136	0,017	0,97	0,097±0,024	0,02	0,2	0,97
Oltin ko'l kanali	4,9726±0,0052	0,0042	0,00084	0,99	0,06±0,0015	0,0012	0,02	0,99
Zarafshon daryosi	0,094±0,011	0,0092	0,098	0,99	0,102±0,003	0,0024	0,0235	0,98

Tahlil natijalaridan ma'lumki tabiiy obyektlardagi temir (III) va kobalt (II) ionlarining miqdorini aniqlashda nisbiy standartchetlanish qiymati 0,126 dan oshmagan va sorbsiya samaradorligi 0,97dan yuqoriligi ishlab chiqilgan usulning sezgirlik darajasi yuqori va metall ionlarini ajratish imkoniyati yaxshi ekanligini ko'rishimiz mumkin.

Ohangaron sement zavodi atrofidagi turli masofadagi hududlar tuprog'i tarkibidagi Co(II) ionlarining miqdori (mkg/g) sorbsion-spektroskopik usulda aniqlandi: 1- masofa 1 km (16,08 mkg/g); 2- masofa 3 km (15,3 mkg/g); 3 – masofa 5 km (12,1 mkg/g); 4 – masofa 10 km (5,5 km).

Ko'rinib turibdiki, Co(II) ionlarining tuproqdagi miqdori zavoddan uzoqlashgan sari kamayib bormoqda. Bu, ehtimol, zavoddan chiqadigan ifloslantiruvchi moddalar havoga yoki suvga mikroskopik miqdorlarda tushib, tuproq orqali tarqalishini anglatadi.

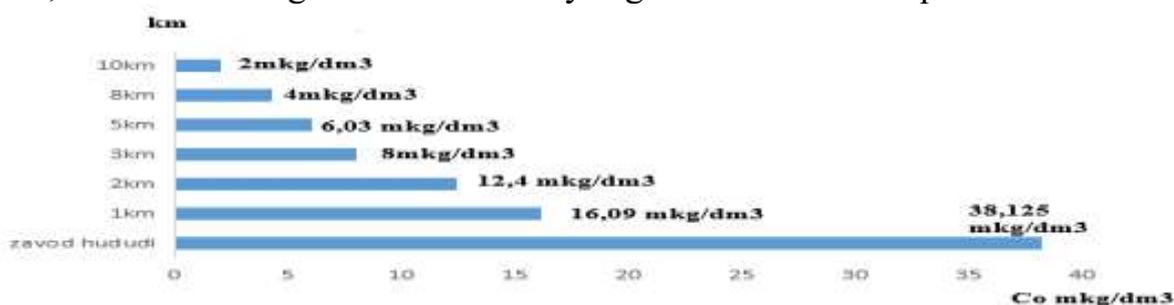
Ilmiy tadqiqot ishida Oltinko‘l kanalining kirish qismidagi kuzatuv burg‘ularidan olingan namunalarda tarkibidagi temir ionlarining miqdori yillar davomida o‘zgarishi tahlil qilindi. Suvlarning kimyoviy tarkibini tahlil qilish va umumlashtirish natijasida mavsumiy va yillar davomida temir ionlarining miqdori o‘zgarishi baholandi. Mavsumiy o‘zgarish: bahor va yoz oylarida temir ionlari konsentratsiyasida ko‘proq o‘zgarishlar kuzatiladi, kuz va qish oylari esa nisbatan barqaror bo‘ladi.

Oltinko‘l kanalidagi temir ionlari konsentratsiyasi mavsumiy o‘zgarishlarni ko‘rsatadi, eng yuqori darajalar bahorda, eng pastlari esa qishda kuzatiladi.



**8 - rasm. Oltin ko‘l kanalidagi temir(III) ionlarining mavsumiy va yillik o‘zgarish dinamikasi**

Ushbu mavsumiy o‘zgarishlar turli ekologik omillar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin, masalan, qishloq xo‘jaligi amaliyotlari (o‘g‘itlardan foydalanish, sug‘orish), yog‘ingarchilik rejimi va metallarning migratsiyasi. 2023 yilga kelib qish oylarida temir darajasining oshishi muhit sharoitlaridagi o‘zgarishlarni, masalan, sanoat chiqindilari yoki suv kimyosidagi o‘zgarishlarni ko‘rsatishi mumkin, bu esa kanaldagi ion konsentratsiyasiga ta‘sir ko‘rsatmoqda.

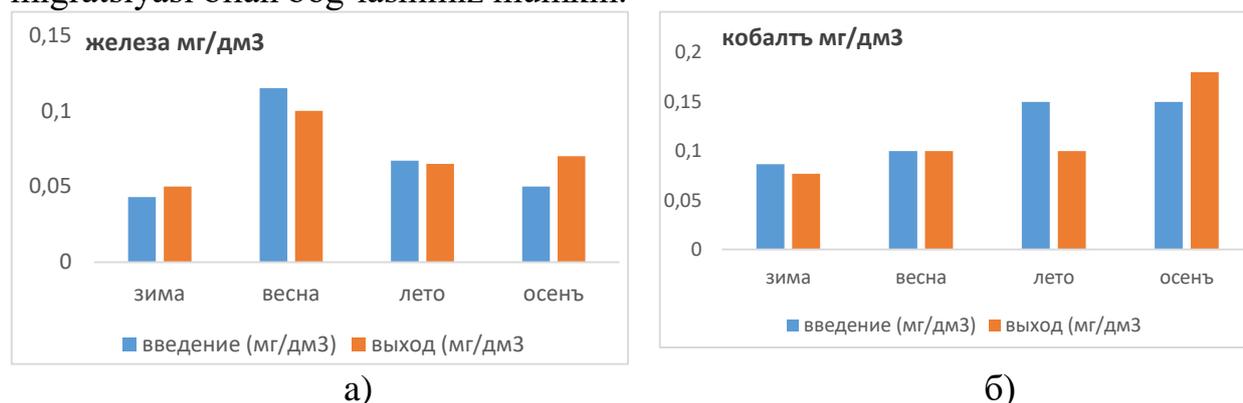


**9 - rasm. Qo‘ng‘irot soda zavodi hududi va uning atrofidagi turli masofada joylashgan suv havzalari tarkibidagi Co(II) ionlarining miqdori baholash (mkg/dm<sup>3</sup>)**

Sorbsion-spektroskopik usul yordamida kobalt (II) ionlarini miqdorini o‘rganish maqsadida 2024 yil bahor mavsumida «Qo‘ng‘irot soda zavodi» MChJ QK hududida va uning atrofida joylashgan hududlarda suv namunalarini olish va tahlil qilish amalga oshirildi. Tahlil natijalariga ko‘ra, zavod hududidagi chiqindilar suvlarda kobalt (II) ionlarining mikro miqdori 38,125 mkg/dm<sup>3</sup> ni tashkil etdi. Bundan tashqari, zavod hududidan turli masofalarda joylashgan suv havzalaridagi kobalt ionlarining konsentratsiyasi quyidagi ko‘rsatkichlarga ega bo‘ldi: 1 km masofada – 16,08 mkg/dm<sup>3</sup>, 2 km masofada – 12,4 mkg/dm<sup>3</sup>, 3 km

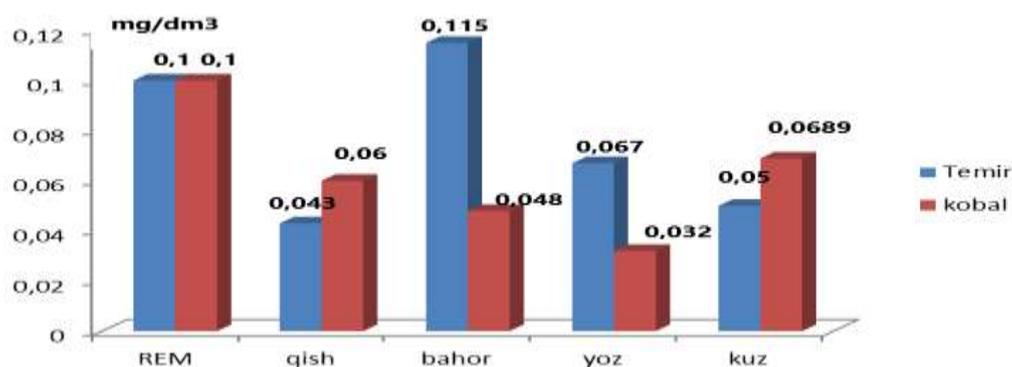
masofada – 8 mkg/dm<sup>3</sup>, 5 km masofada – 6,03 mkg/dm<sup>3</sup>, 8 km masofada – 4 mkg/dm<sup>3</sup>, 10 km masofada esa – 2 mkg/dm<sup>3</sup>. Bu natijalar, zavod hududidan uzoqlashgan sari kobalt ionlarining konsentratsiyasining sezilarli darajada pasayishini ko‘rsatadi.

Oltin ko‘l kanalining kirish va chiqish qismidan olingan namunalardan foydalangan holda 2023 yilda turli mavsumlarda temir va kobalt ionlarini metrologik miqdori sorbsion-spektroskopik usulda aniqlanib monitoringi o‘tkazildi va baholandi. Tahlil natijalariga ko‘ra Oltin ko‘l kanalida temir (III) ionlarining miqdori 2023 yilda bahor mavsumida eng yuqori ko‘rsatgichni namoyon etgan. Bu jarayonni bahor mavsumida sodir bo‘ladigan namgarchilik va metallarning migratsiyasi bilan bog‘lashimiz mumkin.



**10 - rasm. Oltin ko‘l kanalining kirish va chiqish qismida olingan suv namunalaridagi a) temir (III) va b) kobalt (II) ionlarining 2023 yilgi mavsumiy o‘zgarishlari**

Zarafshon daryosidagi temir (III) va kobalt (II) ionlarining metrologik miqdori sorbsion-spektroskopik usulda tahlil qilinganda temir miqdori Qish faslida eng past 0,043mg/dm<sup>3</sup> bo‘lsa, bu qiymat xavfsiz hududda ekanini ko‘rsatadi. Bahor faslida temir miqdori 0,115mg/dm<sup>3</sup> ga ko‘tarilib, REM ga yaqinlashadi, lekin hali xavfsiz chegarada. Yoz va kuz fasllarida temir miqdori 0,067mg/dm<sup>3</sup> va 0,05mg/dm<sup>3</sup> ga teng bo‘lib, ularning ikkalasi ham REM dan past va xavfsiz hisoblanadi (11-rasm).



**11 - rasm. Sorbsion-spektroskopik usulda Zarafshon daryosidagi temir (III) va kobalt (II) ionlari miqdorining mavsumiy o‘zgarish dinamikasi (2024 y)**

Qish faslida kobalt miqdori 0,06mg/dm<sup>3</sup> Bahorda 0,048mg/dm<sup>3</sup>, yozda esa 0,032mg/dm<sup>3</sup> ga tushadi. Bularning barchasi REM qiymatidan past va xavfsiz

hisoblanadi. Kuz faslida kobalt miqdori  $0,0689\text{mg/dm}^3$  ga ko‘tariladi, bu ham xavfsiz chegarada qoladi, ammo yanada yuqori bo‘lsa, daryo ekosistemasiga zarar yetkazishi mumkin.

Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak, temir va kobalt ionlarining miqdori mavsumiy ravishda o‘zgarib turadi. Qish faslida bu ionlar minimal miqdorda, bahorda esa maksimal miqdorga yaqinlashadi. REM qiymatidan oshmasdan, Zarafshon daryosidagi temir va kobalt ionlari xavfsiz hududda qolgan, bu esa ekologik holatni muvozanatli va xavfsiz tutishiga yordam beradi. Umumiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, daryo suvining temir va kobalt miqdori sezilarli o‘zgarishlarga uchramayapti va ularning miqdori ekologik xavf yaratmaydi.

#### 4 - jadval

### Ishlab chiqilgan sorbsion spektroskopik usul yordamida tabiiy obyektlardan kobalt (II) ionini aniqlash va ajratib olish tahlil natijalarini baholash

Tekshirish uchun namuna	ISP-MS		Ishlab chiqilgan usul		$t_{\text{jadval}}$ 2,85	$F_{\text{jadval}}$ 4,47	So‘nggi konsentrat-siya Co(II) ioni	Sorbsiya samaradorligi
	topildi $\bar{x}$ $\text{mg/dm}^3$	$S_r$	topildi $\bar{x}$ $\text{mg/dm}^3$	$S_r$	$t_{\text{tajriba}}$	$F_{\text{tajriba}}$	topildi $\bar{x}$ , $\text{mg/dm}^3$	R%
Navoiy azot chiqindi suvi	0,117	0,02	0,115	0,015	2,03	4,09	0,01	91
Zarafshon daryosi suvi	0,06	0,01	0,059	0,03	1,97	3,58	0,01	93
Oltin ko‘l kanali suvi	0,17	0,025	0,16	0,012	1,95	4,17	0,015	91

Tahlil natijalaridan ma‘lumki ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usul yordamida nafaqat kobalt (II) ionlari miqdori yuqori sezgirlikda aniqlanadi va kobalt ionlarining sorbsion samaradorligi 91% dan yuqoriligi sababli ushbu metall ionlarini oqava suvlardan ajratib olish imkonini ham beradi.

#### 5 - jadval

### Ishlab chiqilgan sorbsion spektroskopik usul yordamida tabiiy obyektlardan temir (III) ionini aniqlash va ajratib olish tahlil natijalarini baholash

Tekshirish uchun namuna	ISP-MS		Ishlab chiqilgan usul		$t_{\text{jadval}}$ 2,85	$F_{\text{jadval}}$ 4,47	So‘ngi konsentrat-siya Fe(III) ioni	Sorbsiya samaradorligi
	topildi $\bar{x}$ $\text{mg/dm}^3$	$S_r$	topildi $\bar{x}$ $\text{mg/dm}^3$	$S_r$	$t_{\text{tajriba}}$	$F_{\text{tajriba}}$	topildi $\bar{x}$ $\text{mg/dm}^3$	R%
Navoiy azot chiqindi suvi	1448,568	0,25	1450	0,2	1,90	3,67	200	96
Zarafshon daryosi suvi	0,1	0,05	0,115	0,03	2,06	4,06	0,0115	98
Oltin ko‘l kanali suvi	4,5	0,1	4,6	0,125	1,78	3,53	0,025	99

Tahlil natijalaridan ma'lumki, ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usul yetarlicha raqobatbardosh bo'lib nisbiy standart chetlanish qiymati 0,33 dan pastligi va Student va Fisher mezonlari qiymati jadvalda keltirilgan qiymatlardan past ekanligi aniqlandi. Bu esa usulning takrorlanuvchanligi va sezgirligini ifodalaydi. Ishlab chiqilgan sorbsion spektroskopik usullar oqava suvlardan temir (III) va kobalt (II) ionlari ajratish imkonini bergan.

Ishlab chiqilgan temir va kobalt ionlarini sorbsion-spektroskopik aniqlash va ajratish jarayonlarining iqtisodiy ko'rsatgichlari hisoblandi va iqtisodiy samaradorligi aniqlandi.

## XULOSA

1. Temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajratish uchun PPA-1 sorbentiga immobillangan metil timol ko'ki va nitrozo R- tuzi reagentlari tanlandi va PPA-1 tolasini organik reagentlarga immobillash uchun optimal sharoitlar aniqlandi.

2. Temir (III) va kobalt (II) ionlarining immobillangan reagentlar yordamida kompleks hosil bo'lishining optimal sharoitlari aniqlandi, kompleks hosil bo'lish mexanizmlari va tarkibi spektrofotometrik, IQ-spektroskopik, rentgen-fluorescent, skanerlovchi elektron mikroskopiya usullari bilan tasdiqlandi.

3. Temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajratish uchun sorbsion-spektroskopik usul ishlab chiqildi va DavST usullari solishtirildi. Xalaqit beruvchining kamligi, ekspressligi, nisbiy standart chetlanishning 0,25 dan oshmaganligi, student va Fisher mezonlari jadval qiymatidan pastligi, sorbentlarni qayta analizda ishlatish imkoniyati bilan boshqa usullardan afzalliklarga egaligi isbotlandi hamda temir va kobalt ionlarini aniqlash va ajratishga tavsiya etildi.

4. Temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajratish uchun ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usul tuproq, tabiiy va oqava suvlar tarkibidan aniqlash va ajratishda sinab ko'rildi va ekologik baho berildi.

5. Temir (III) va kobalt (II) ionlarini aniqlash va ajratish uchun ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usul yordamida Oltin ko'l kanali, «Navoiyazot» AJ chiqindi suvlari, Zarafshon daryosidagi temir va kobalt ionlarini miqdori mavsumiy, masofaviy, yillik ko'rsatgichlarda monitoring qilindi.

6. «Navoiyazot» AJ markaziy laboratoriyasida sinovdan o'tkazilib, amaliyotga joriy qilindi. Ishlab chiqilgan sorbsion-spektroskopik usul joriy etish samaradorligi tegishli me'yoriy texnik-iqtisodiy va ekologik axborot manbalarida ko'rsatilgan mezonlarga muvofiq amalga oshirildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 ПО  
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНИ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**ДАВРОНОВА НОРНИСО ФАХРИДДИН ҚИЗИ**

**РАЗРАБОТКА СОРБЦИОННО-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РАЗДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА И КОБАЛЬТА  
АЗОТ- И КИСЛОРОД СОДЕРЖАЩИМИ ИММОБИЛИЗОВАННЫМИ  
ОРГАНИЧЕСКИМИ РЕАГЕНТАМИ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ  
СРЕДЫ**

**11.00.05- Охрана окружающей среды и рациональное использование природных  
ресурсов**

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

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.2.PhD/K906.

Диссертация выполнена в Ташкентском химико-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице по адресу [www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу [www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)

**Научный руководитель:**

**Сманова Зулайхо Асаналиевна**  
доктор химических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Мухамедгалиев Бахтиер Абдукадирович**  
доктор химических наук, профессор

**Алиева Мукаддас Туйчиевна**  
доктор химических наук, доцент

**Ведущая организация:**

**Институт общей и неорганической химии**

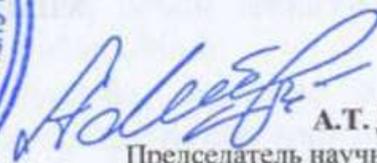
Защита диссертации состоится «27 августа» 2025 г. в «09:00» часов на заседании Ученого совета DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 при Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 111116, Ташкентская область, Ташкентский р.-н, ул. Шурабазар, тел: (+99895) 281-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии за № 2025/24, с которой можно ознакомиться в ИПЦ (111116, Ташкентская область, Ташкентский р.-н, п.о.Шурабазар, тел: (+99895) 281-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz))

Автореферат диссертации разослан «09» августа 2025 года.

(протокол рассылки № 2025/24 от «09» августа 2025 г.).





**А.Т. Джалилов**  
Председатель научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.х.н., проф., академик



**Ш.Н.Киёмов**  
Ученый секретарь научного совета  
по присуждению учёных степеней,  
д.т.н., с.н.с.



**Х.С. Бекназаров**  
Председатель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
учёных степеней, д.т.н., проф.

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В последние годы в мире наблюдается интенсивное развитие всех отраслей промышленности и широкое внедрение современных техногенных процессов в практику, что приводит к усилению негативного воздействия на окружающую среду через антропогенные факторы. В связи с этим в рамках экологического анализа уделяется особое внимание разработке современных, высокочувствительных, воспроизводимых методов, которые позволяют не только выявлять ионы железа и кобальта, но и селективно извлекать их из объектов окружающей среды.

В мире ведутся научные исследования по созданию ряда физических и физико-химических методов, позволяющих анализировать ультрамикрочастицы для выявления и извлечения тяжёлых и токсичных металлов. В этом направлении особое значение приобретает углублённое изучение механизмов повышения чувствительности и селективности современных методов, обеспечивающих одновременное определение и извлечение тяжёлых и токсичных металлов при концентрациях ниже предельно допустимых норм, в частности, с использованием метода иммобилизации органических реагентов на волокнистых носителях.

В Республике наряду с развитием сорбционно-спектроскопических методов определения тяжёлых и токсичных металлов достигнуты конкретные научные и практические результаты по совершенствованию и упрощению мониторинга в условиях роста загрязнения окружающей среды. В Стратегии развития Нового Узбекистана определены задачи «широкого внедрения инноваций в экономику, развития сотрудничества между промышленными предприятиями и научными учреждениями»<sup>2</sup>. В этом направлении особое значение имеет использование органических реагентов, иммобилизованных на волокнистые носители, полученные на основе местного сырья, при мониторинге окружающей среды, что способствует дальнейшему совершенствованию системного контроля за качеством веществ и уровнем их чистоты.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 30 октября 2019 года №УП-5863 «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан на период до 2030 года», Постановлением от 3 октября 2018 года №ПП-3956 «О дополнительных мерах по совершенствованию системы государственного управления в сфере экологии и охраны окружающей среды», Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 18 февраля 2020 года № КМ-95 «Об утверждении Общего технического регламента по экологической безопасности», а также Постановлением от 16 февраля 2022 года № ПП-131 «О мерах по созданию охраняемых природных территорий в системе

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы

Государственного комитета Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды», а также других нормативно-правовых документов, принятыми в данной сфере.

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

**Степень изученности проблемы.** Твердофазные спектроскопические методы, являющиеся одним из новых подходов, основанных на использовании иммобилизованных органических реагентов, отвечают требованиям чувствительности и надежности, и в этом направлении проводились научные исследования многими зарубежными учёными, такими как Г. Альберти, А. Сайкал, Т. Сун, Дж. Лин, Р. Сун, Ю.А. Золотов, Г.Д. Брыкина, Н.А. Гавриленко, В.Н. Лосев, В.Г. Амелин, Е.И. Моросанова, С.Г. Дмитриенко и др., а также в Республике Узбекистан — учёными А.М. Геворгяном, М.А. Насимовым, Д.Ж. Жалилов, Х.Л. Пулатов, Р.Х. Джиянбаевой, Б.Д. Кабуловым, И.П. Шестеровым, З.А. Смановой и другими.

В этих исследованиях разработаны спектроскопические и флуоресцентные методы с использованием несущих слоев, таких как различные силикагели, природные цеолиты, пленки ПЭ, нитрат целлюлозы, поликапроамидные гелевые мембраны и модифицированные кремнеземы, и рекомендовано расширить области применения и усовершенствовать технологии. В настоящее время ведутся научные исследования по созданию и практическому применению современных методов, позволяющих одновременно обнаруживать, выделять и контролировать ионы тяжелых и токсичных металлов экологически безопасным методом твердофазной спектроскопии, не требующим токсичных растворителей, на основе местного сырья и промышленных отходов.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского химико-технологического института и Национального университета Узбекистана в рамках фундаментального проекта №FZ-20171024243 «Изучение физико-химических свойств иммобилизованных азореагентов при определении ионов кобальта и железа» (2018 - 2019 гг.).

**Цель исследования.** Разработка метода сорбционно-спектроскопического определения и извлечения ионов железа и кобальта из сточных вод Кунгирадского района и Навоийской области с использованием иммобилизованных органических реагентов, содержащих атомы азота и кислорода, с учётом метрологических параметров.

**Задачи исследования:**

выбор селективных органических реагентов для определения и разделения ионов Fe(III) и Co(II), исследование их структуры и определение

оптимальных условий для иммобилизации азот- и кислород содержащих органических реагентов на полимерных сорбентах;

определение условий комплексообразования ионов Fe(III) и Co(II) с иммобилизованными азот и кислород содержащими реагентами, а также исследование механизма образования комплексов и определение их состава;

разработка метода сорбционно-спектроскопического определения ионов Fe(III) и Co(II) и оценка точности данного метода;

применение разработанного сорбционно-спектроскопического метода для мониторинга содержания ионов Fe(III) и Co(II) в экологических объектах, а также для исследования содержания этих ионов в водоемах Кунградского района, сточных водах промышленности Навоийской области и водах реки Зарафшан.

определение областей применения разработанного сорбционно-спектроскопического метода для определения и разделения ионов Fe(III) и Co(II) и оценка его воздействия на экологические объекты.

**Объект исследования.** Разработка сорбционно-спектроскопических методов анализа объектов окружающей среды (промышленные сточные воды Кунградского района, воды канала Олтинкул и воды реки Зарафшан, техногенные воды), содержащих катионы Fe(III) и Co(II).

**Предмет исследования.** Разработка метода разделения и сорбционно-спектроскопического определения ионов железа (III) и кобальта (II) из объектов окружающей среды с использованием иммобилизованных органических реагентов метилтимолового синего и нитрозо R-соли, на полимерных матрицах, а также в оценке их метрологических параметров.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использовались сорбционно-спектроскопические методы определения с применением иммобилизованных органических реагентов, а также методы для изучения состава, свойств и характеристик полученных комплексных соединений применялись методы как ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), рентгенофлуоресцентный анализ, спектроскопия отражения и поглощения, математико-статистическая обработка экспериментальных данных и квантово-химические расчеты.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

впервые использованы органические реагенты метилтимоловый синий и нитрозо R- -соль, иммобилизованные на сорбенте ППА-1 на основе полиакрилонитрила, при этом были определены оптимальные условия иммобилизации для определения и разделения ионов Fe(III) и Co(II);

определены и установлены оптимальные условия образования устойчивых комплексных соединений ионов Fe(III) и Co(II) с иммобилизованными метилтимоловым синим и нитрозо R-солью, а также состав и структура этих соединений с использованием различных физико-химических методов и квантово-химических расчётов и их метрологические параметры;

разработаны новые методы сорбционно-спектроскопического определения и разделения ионов Fe(III) и Co(II) в экологических объектах,

включая различные пробы сточных и отходных вод, с использованием иммобилизованных органических реагентов — метилтимолового синего и нитрозо R-соли;

установлена возможность эффективного проведения экологического мониторинга микроколичеств ионов Fe(III) и Co(II) в сточных и отходных водах в целях охраны окружающей среды на основе разработанного сорбционно-спектроскопического метода.

**Практические результаты исследования состоят в следующем:**

разработан чувствительный, экспрессный, экономически эффективный и селективный сорбционно-спектроскопический метод определения и разделения ионов Fe(III) и Co(II) в составе различных сложных смесей;

установлены оптимальные условия комплексообразования ионов железа (III) и кобальта (II) с органическими реагентами нитрозо R-соль и метилтимоловый синий, иммобилизованными на сорбенте ППА-1;

разработаны усовершенствованные методы с улучшенными метрологическими характеристиками для определения и извлечения микроколичеств ионов железа и кобальта в объектах окружающей среды с использованием иммобилизованных реагентов метилтимоловый синий и нитрозо R-соль.

**Достоверность результатов исследования** подтверждается определением структуры и свойств полученных веществ с использованием современных физико-химических методов анализа — ИК-спектроскопии, СЭМ и рентгенофлуоресцентных исследований, соответствием экспериментальных и теоретических данных, а также верификацией полученных результатов в производственных условиях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований объясняется получением новых сорбционных систем путем иммобилизации органических реагентов, образующих комплексные соединения — метилтимолового синего и нитрозо R-соли — на полимерном волокне (ППА-1), определением оптимальных условий образования комплексных соединений ионов железа (III) и кобальта (II) с иммобилизованными органическими реагентами, установлением структуры образующихся в процессе сорбции металлохелатов, а также разработкой сорбционно-спектроскопических методов их определения.

Практическая значимость исследований заключается в использовании сорбционно-спектроскопических методов для определения и извлечения ионов железа (III) и кобальта (II) из сточных и отходных вод промышленности, разработке экспресс-методов выявления и удаления токсичных металлов, что способствует предотвращению загрязнения окружающей среды, оздоровлению экологического климата, повышению социально-экономической эффективности, а также значительному увеличению скорости определения и выделения токсичных металлов как загрязнителей окружающей среды и потенциальных экотоксикантов.

**Внедрение результатов исследования.** Результаты исследований, проведенных на основе разработки нового сорбционно-спектроскопического

метода определения и разделения ионов кобальта (II) и железа (III) с использованием иммобилизованных органических реагентов были внедрены на следующих предприятиях:

внедрён в практику на АО «Навоиазот» метод сорбционно-спектроскопического определения и разделения ионов железа (III) и кобальта (II) (Справка АО «Навоиазот» от 21 февраля 2025 года № 03-3/1437). В результате появилась возможность осуществления государственного мониторинга сточных вод на территории Навоийской области, оценки степени загрязнения вод тяжёлыми металлами ионами кобальта (II) и железа (III)), а также разработки комплекса мероприятий по их устранению.

внедрён на практике на АО «Навоиазот» метод разделения ионов железа и кобальта с использованием органических реагентов иммобилизованного метилтимолового синего и нитрозо R-соли (справка АО «Навоиазот» от 21 февраля 2025 года №03-3/1437). В результате стало возможным быстрое разделение ионов железа (III) и кобальта (II) в промышленных сточных и отходных водах.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований были апробированы в виде докладов на 8 научно-практических конференциях, в том числе на 6 международных и 2 республиканских научно-технических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, в научных изданиях, рекомендованных ВАК Узбекистана для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, опубликовано 7 статей, из них 4 в республиканских и 3 зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Объем диссертации составляет 117 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и необходимость исследования, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследования, показывается совместимость с приоритетными направлениями развития науки и техники Республики Узбекистан, изложена научная новизна и практические результаты исследования, выявлена научная и практическая значимость полученных результатов, представлены результаты исследования, внедрения, опубликованные работы и информация о структуре диссертации.

**В первой главе диссертации «Влияние ионов железа и кобальта как экологического фактора на человеческий организм и окружающую среду (обзор литературы)»** рассматриваются источники распространения ионов железа (III) и кобальта (II) в окружающей среде, их токсическое воздействие на растения, животных и человеческий организм, современные методы определения тяжёлых металлов в сточных водах, а также физико-

химические методы определения ионов железа и кобальта, методы сорбционного концентрирования и спектрофотометрии, а также исследования различных типов иммобилизации.

Обобщены данные и сделаны научно-аналитические выводы, а также на основе данных научной литературы обоснованы цель, задачи, актуальность и важность диссертационной работы.

**Во второй главе диссертации «Оборудование, материалы, растворы реагентов и методы приготовления реагентов для определения и разделения ионов железа (III) и кобальта (II)»** представлены оборудование, приборы, реагенты, методика подготовки стандартных и рабочих растворов ионов железа (III) и кобальта (II) для анализа, а также методика иммобилизации органических реагентов на твердых волокнистых сорбентах. Также приведены сведения о реагентах метилтимолового синего (МТС) и нитрозо R-соли (НРС), использованных в процессе иммобилизации.

В научно-исследовательской работе изучены физико-химические свойства иммобилизации органических реагентов на волокне ППА-1, синтезированном на кафедре «Химия полимеров» Национального университета Узбекистана (таблица 1).

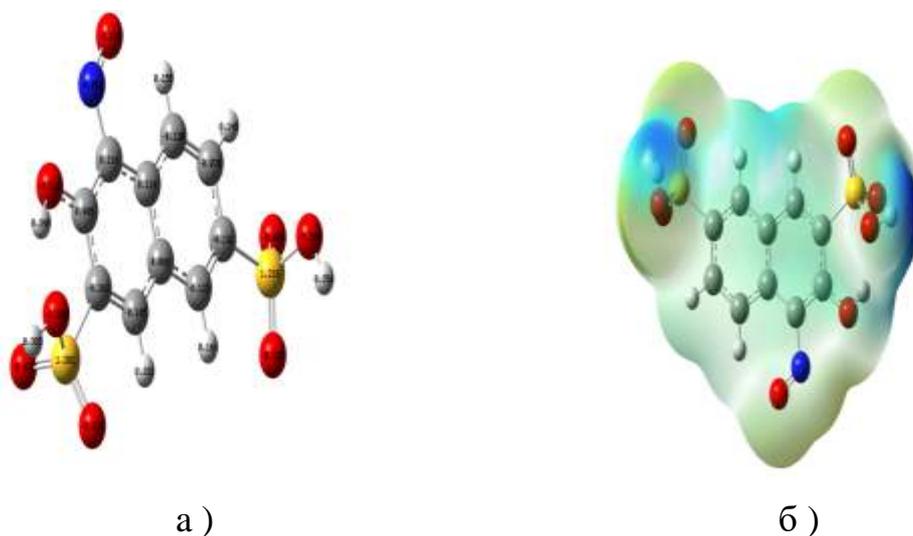
**Таблица 1.**

**Оптимальные условия иммобилизации реагентов метилтимолового синего и нитрозо R-соли (mH = 0,2000 г)**

Реагент	Носитель	pH	Объем буферного раствора, мл	Максимальное поглощение, нм	Время, мин.
МТС	ППА-1	6-7	10	436	5-7
НРС	ППА-1	6-7	10	368	5-7

**В третьей главе диссертации «Иммобилизация органических реагентов на носителях и выбор оптимальных условий для процессов комплексообразования с ними ионов железа (III) и кобальта (II)»** проведен анализ МТС и НРС реагентов с использованием современных методов исследования и результаты квантово-химических расчетов структурных характеристик программного пакета Gaussian09 (в рамках метода DFT/B3LYP), выбор оптимального сорбента и оптимальных условий для иммобилизации МТС и НРС реагентов, а также определены аналитические критерии, такие как зависимость длины волны, времени, температуры, концентрации реагента и оптимальные буферные растворы для комплексообразования органических реагентов, иммобилизованных с ионами железа (III) и кобальта (II). Согласно правилу Сиджвика, связь металла кобальта с кислородом слабее, чем связь с атомом азота. Исходя из этого, учитывая высокую вероятность образования стабильного комплекса иона кобальта с азотсодержащими органическими реагентами, был выбран реагент 1-нитрозо-2-нафтол-3,6-дисульфоновой кислоты с натриевой солью (нитрозо R-соль), а для иона железа был выбран реагент метилтимолового синего, учитывая, что связь с кислородом прочнее, чем связь с азотом. Проведены квантово-химические расчеты с целью прогнозирования того, по каким

механизмам реагенты образуют комплексные соединения с выбранным полимерным носителем и ионами металлов, а также процессов иммобилизации. Используя эти методы, в результате протонирования реагентов в кислой среде образуется координационная связь за счет электростатического притяжения электронной пары. Реагенты, выбранные для иммобилизации, содержат несколько потенциальных центров, которые обладают высоким электростатическим притяжением к ионам металлов.

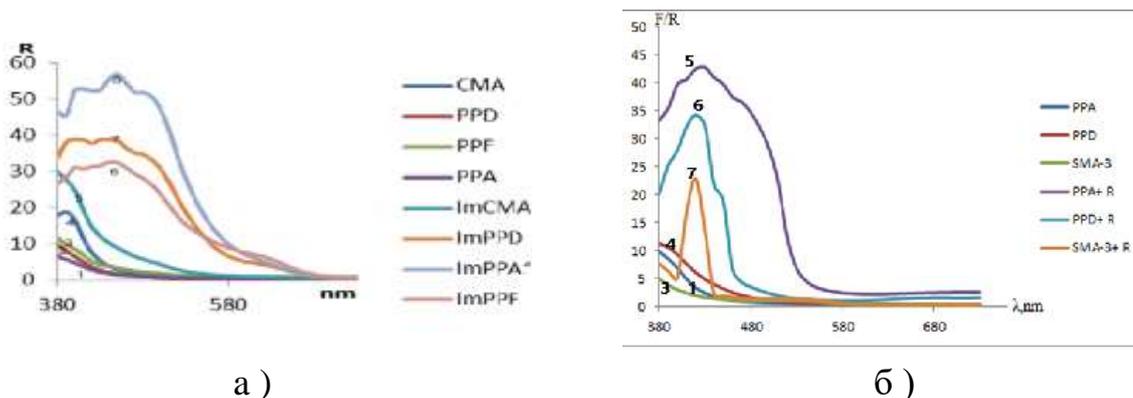


**Рис 1. Распределение заряда (а) и электростатического потенциал (б) нитрозо R -соли**

Как известно, показатель электронной плотности сульфо группы ( $\text{SO}_3$ ) в составе реагента является самым высоким, что указывает на то, что процесс иммобилизации происходит именно в этой области. Следующие значения показателя принадлежат связям  $=\text{CH}-\text{N}=\text{}$ ,  $\text{C}-\text{O}-$ , что позволяет определить образование координационных связей с металлом.

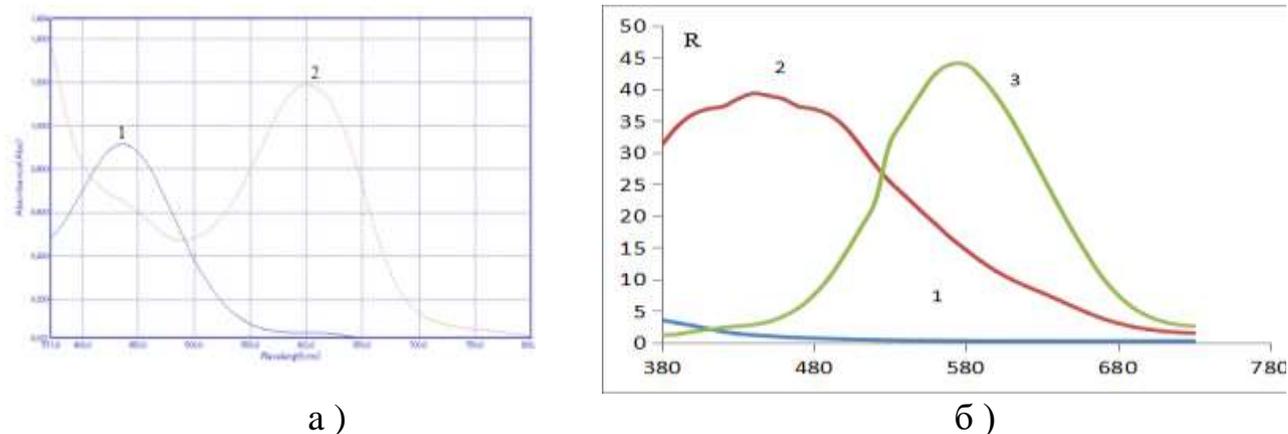
Электростатический потенциал реагента (ЭСП) используется в молекулярном моделировании для понимания поведения молекул и их взаимодействия с другими молекулами, а также для прогнозирования таких взаимодействий. ЭСП является важным индикатором для выявления реакционных центров, он показывает нуклеофильные и электрофильные центры молекулы. Красные сферические точки представляют собой области, богатые электронами, и являются минимумами поверхности, в то время как синие сферические точки обозначают области дефицита электронов, являющиеся максимумами поверхности. В межмолекулярных взаимодействиях центры, которые могут участвовать как электронодоноры, могут быть представлены кислородным атомом в сульфогруппе молекулы. На основе анализа результатов показано, что соединение может эффективно взаимодействовать с полимерными соединениями через атом водорода, присутствующий в группе  $\text{SO}_3$ .

Для иммобилизации метилтимолового синего и нитрозо R -соли использовались различные волокнистые сорбенты, синтезированные на кафедре «Химия полимеров» Национального университета Узбекистана.



**Рис 2. Результаты расчета иммобилизации различными волокнистыми сорбентами в функции Кубелки-Мунки: а) МТС; б) НРС**

В процессе выбора наилучшего сорбента для выбранных реагентов, оба МТС и нитрозо R-соль дали наивысший аналитический сигнал для органических реагентов с волокнистым сорбентом ППА-1. В связи с этим для иммобилизации реагентов МТС и нитрозо R-соли было выбрано волокно ППА-1.



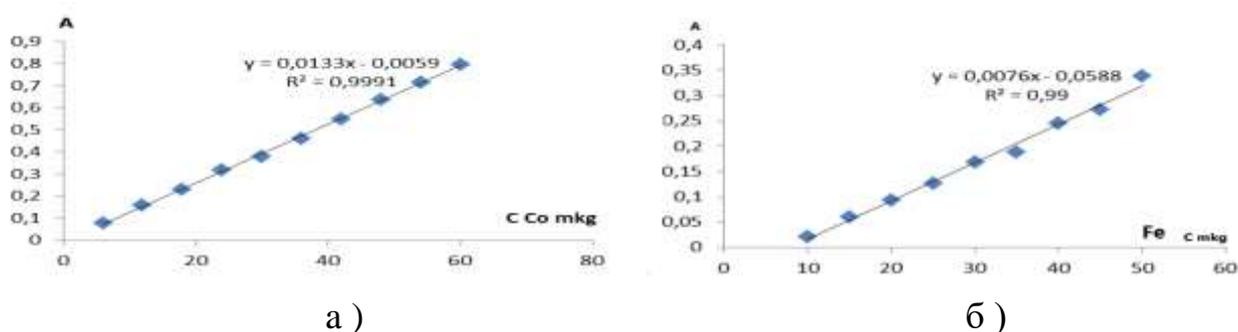
**Рис 3. Спектры максимального поглощения света а) 1. МТС ( $\lambda_{\max}=436$  нм) и 2. Комплекс с ионом  $\text{Fe}^{3+}$  ( $\lambda_{\max}=615$  нм); б) результаты расчета спектров отражения в функции Кубелки-Мунка 1. ППА-1 2. Иммобилизованные ИТК; 3. Комплекс  $\text{Fe}^{3+}$**

Получены спектры отражения и поглощения комплексного соединения иммобилизованного МТС с ионами железа (III). В обоих случаях наше комплексное соединение при длине волны 615 нм наш реагент МТС дал максимальное значение при длине волны 436 нм. Контрастность между комплексом и реагентом составила 179 нм. Это означает, что мы можем использовать иммобилизованный МТС в качестве аналитического реагента для определения ионов железа. Чтобы доказать правильность результатов, полученный спектр поглощения был сравнен со спектрами отражения. Максимум поглощения света наблюдается как минимум в спектре отражения. Установлено, что при преобразовании результатов спектра отражения в функцию Кубелки-Мунки минимум превращается в максимум и спектр поглощения света наблюдается в той же области, что и максимум.

Максимальное отражение раствора комплекса иона кобальта (II) с иммобилизованной солью нитрозо R-наблюдалось при длине волны 520 нм.

Максимальная длина волны комплекса, полученного при непосредственном определении кобальта с нитрозой R-соли, составила 419 нм. При этом контрастность между комплексом и реагентом составляет 51 нм. Если иммобилизовать реагент НРС на волокне ППА-1, а затем определить ион кобальта (II), полученный комплекс дает максимальный аналитический сигнал при длине волны 520 нм. Это увеличивает контрастность между комплексом и реагентом, т.е.  $\Delta \lambda = 120$  нм. В этом случае мы можем легко определить ион кобальта (II). Это определяет преимущества разработанного метода по сравнению со спектрофотометрией.

Построен градуировочный график определения ионов железа (III) и кобальта (II) иммобилизованными МТС и НРС реагентами при выбранных оптимальных условиях.



**Рис 4. График зависимости от закона Бугера-Ламберта-Бера: а) комплекс иммобилизованного реагента НРС с ионом Co (II); б) комплекс иммобилизованного реагента МТС с ионом Fe (III)**

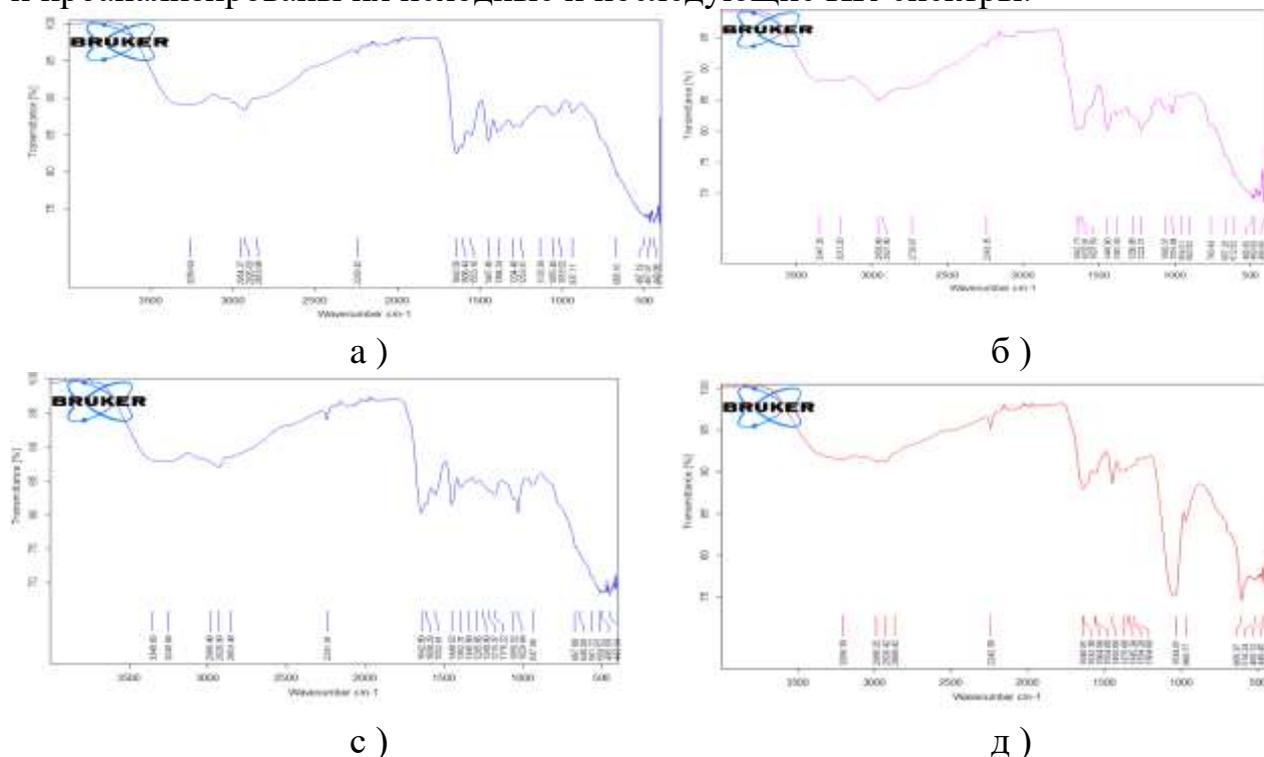
Закон Бугера-Ламберта-Бера действует на ионе кобальта (II) в диапазоне концентраций от 6 до 60,0 мкг/мл в 25 мл раствора. В ионе железа (III) - от 10 до 100 мкг/мл, что является достаточной величиной для определения ионов металлов в объектах окружающей среды. Тот факт, что коэффициент корреляции обоих методов близок к 1, указывает на правильность метода.

Молярные соотношения полученных комплексных соединений определяли методом изомолярных серий. Установлено, что молярное соотношение комплексных соединений, образованных иммобилизованной МТС с ионом железа (III) и нитрозой R-соли с ионом кобальта (II), составляет 1:1.

**Таблица 2  
Спектральные характеристики комплексов ионов железа (III) и кобальта (II) с иммобилизованными МТС и НРС**

Ион металла	Цвет комплекса	pH	MeR	HR	$\Delta \lambda$	Me мкг	Чувствительность по Сенделю мкг/см <sup>2</sup>
В сорбенте (Co <sup>2+</sup> )	Красный	6,5	520	364	120	60	0,003
В растворе (Co <sup>2+</sup> )	Красный	6,5	419	364	51	60	0,002
Сорб/рас (Fe <sup>3+</sup> )	Синий	2,5-3	615	436	179	50	0,0006

В разделе диссертации «Анализ ИК-спектров комплексов, образованных реагентами МТС и НРС, иммобилизованными на волокне ППА-1, с ионами железа (III) и кобальта (II)» ИК-спектроскопическим методом изучены выбранные твердые сорбенты-носители и изменения, происходящие в процессе иммобилизации между ними. В ходе исследования были получены и проанализированы их исходные и последующие ИК-спектры.



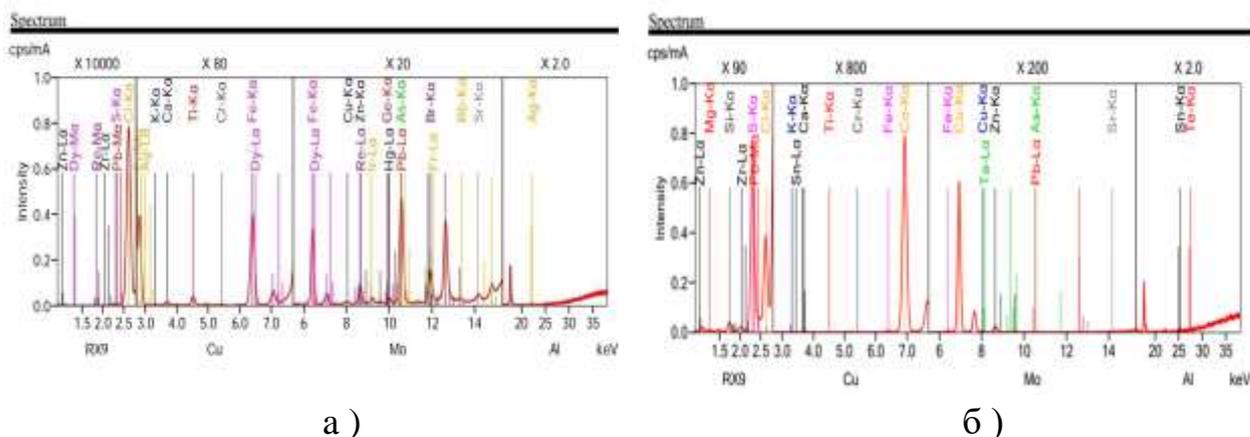
**Рис 5. ИК-спектры: а) метилтимолового синего, иммобилизованного на волокне ППА-1; б) комплекса реагента иммобилизованного метилтимолового синего с ионами Fe<sup>3+</sup>; с) нитрозо R-соли, иммобилизованной на волокне ППА-1; д) комплекса иммобилизованной нитрозо R-соли с ионом Co<sup>2+</sup>**

Из результатов анализа, представленных на рис. 5 (а и б), известно, что в процессе иммобилизации наблюдается интенсивное смещение спектра группы SO<sub>3</sub> от 1037 см<sup>-1</sup> до 1110 и 1161 см<sup>-1</sup>. Это означает, что процесс иммобилизации происходил именно за счет групп SO<sub>3</sub> реагента метилтимолового синего. В комплексном соединении, образованном иммобилизованным метиловым тимоловым синим и ионом железа (III), в области 612 см<sup>-1</sup> (Fe-O) и 760 см<sup>-1</sup> (Fe-N) образовалась новая связь, которая отсутствовала в волокнистом сорбенте ППА-1 и иммобилизованном МТС. Это означает, что взаимодействие иммобилизованного реагента МТС с ионами железа (III) происходит за счет функционально активных групп.

Из спектров, представленных на рис. 5 (с и д), известно, что в ИК-спектре реагента 1-нитрозо-2-нафтол-3,6-дисульфо динатриевой соли (НРС) наблюдаются пики поглощения, принадлежащие группе -ОН, в областях 3129-3531 см<sup>-1</sup>. Спектры колебаний -C=C-связей наблюдались при 1666-1606 см<sup>-1</sup>. В области 1056-1412 см<sup>-1</sup> наблюдались максимумы поглощения, соответствующие связям S-S=O (-O). В области 507 см<sup>-1</sup> можно увидеть

спектр колебаний связи O-Na. В области 1109-833  $\text{cm}^{-1}$  наблюдаются поглощения ароматического кольца, принадлежащего двум фенильным группам реагента нитрозо R-соли. В ИК-спектре комплекса, образующего ион  $\text{Co}^{2+}$  с реагентом 1-нитрозо-2-нафтол-3,6-дисульфо двуназиевой соли, иммобилизованной на волокне ППА-1, мы видим, что основные максимумы поглощения сохраняются в ИК-спектре продукта, образующегося с реагентом нитрозо-R-соли, иммобилизованной на волокне ППА-1. Только в области  $-605 \text{ cm}^{-1}$  можно наблюдать валентные колебания, относящиеся к связям Co-N и Co-O в области  $514 \text{ cm}^{-1}$ .

Рентгенофлуоресцентный анализ органических реагентов метилтимолового синего и нитрозо R-соли на волокне ППА-1 до и после иммобилизации, а также комплексы реагентов с ионами металлов анализировали на рентгенофлуоресцентном спектрометре 9825 Spectrum Drive, Austin, TX-78717 (USA).



**Рис 6. Рентгено-флуоресцентные спектры: а) Комплекс иммобилизованного метилтимолового синего с ионом  $\text{Fe}^{3+}$ ; б) Комплекс иммобилизованного нитрозо R - соли ионом кобальта (II).**

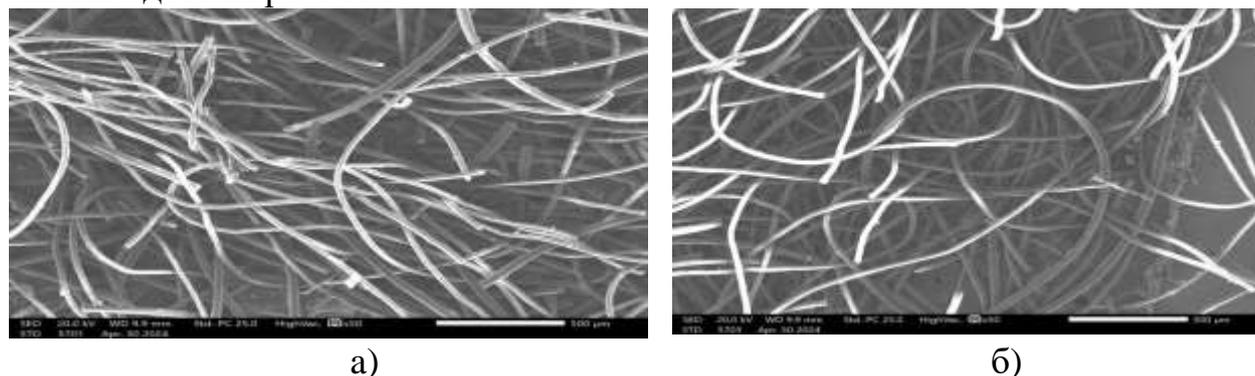
Результаты анализа показали, что в процессе иммобилизации, благодаря присутствию сульфо группы, наблюдается высокая интенсивность в области, характерной для серы, а также возникновение новых комплексных соединений с металлом, что можно объяснить высоким интенсивным пиком в области, характерной для железа.

При исследовании модифицированной HCl формы волокна ППА-1 наблюдалось снижение содержания элемента Cl после иммобилизации органического реагента НРС.

Согласно результатам приведенного выше анализа, мы можем видеть высокую интенсивность в области, относящейся к иону хлора, за счет перевода исходного иммобилизованного волокна в хлорную форму. Мы также можем видеть высокоинтенсивную область, характерную для ионов кобальта (II), образующих новый комплекс с серой и реагентом в составе реагента. Этот результат по массе составил 1,58.

Наличие комплексного соединения иммобилизованного волокна ППА-1 с ионами железа (III) и кобальта (II) можно объяснить образованием

характерного для ионов железа и кобальта сигнала на дифрактограммах анализа детектора СЭМ.



**Рис 7. СЭМ-изображения: а) комплекса с ионом железа (III) с иммобилизованной МТК; б) комплекса с ионом кобальта (II) с иммобилизованной НРТ**

Аналогичное сходство наблюдалось и в комплексе кобальта, т.е. в исходном волокне содержатся элементы С, N, O, S, количество ионов Cl за счет его перевода в хлорированную форму и количество ионов  $Co^{2+}$  за счет образования комплексного соединения составило 0,92. Согласно результатам анализа, волокно ППА-1 состоит из элементов С, N, O, S, также было определено количество ионов Cl- после модификации кислотой. После образования комплексного соединения ионов  $Fe^{3+}$  с органическим реагентом содержание железа в образце составило 0,3 по массе.

Изучен процесс сорбции и десорбции иммобилизованных органических реагентов и образованных ими комплексов. По результатам анализа установлено, что эффективность сорбции выше 0,95. Таким образом, с помощью разработанного сорбционно-спектроскопического метода возможно не только обнаружение, но и разделение тяжелых и токсичных металлов. Для десорбции органических реагентов и образуемых ими комплексов была выбрана азотная кислота 2М и изучен процесс десорбции во времени. Согласно результатам анализа, для полной десорбции комплекса, образованного ионом железа, требуется 6 часов, а для десорбции комплекса, образованного ионом кобальта, требуется 2 часа.

**В четвёртой главе диссертации под названием «Определение, извлечение и мониторинг ионов железа (III) и кобальта (II) в сточных водах методом сорбционно-спектроскопического анализа (на примере Кунградского района и Навоийской области)»** вначале было изучено влияние ионов железа и кобальта на растения. В качестве объектов анализа были выбраны растения сорго и пшеница, которые поливались сточными водами Навоийского азотного производства и кобальтсодержащими водами. По результатам анализа установлено, что с увеличением содержания этих вод замедляется рост корней, стеблей и колосьев растений.

Результаты определения и извлечения ионов железа (III) и кобальта (II) в присутствии посторонних ионов с использованием иммобилизованных МТС и НРС реагентов соответственно были проанализированы методом анализа и

«введено-найденно» из искусственных вторичных и третичных и сложных смесей.

Согласно результатам анализа, при определении ионов железа (III) в бинарных, тройных и сложных смесях с использованием разработанного сорбционного спектроскопического метода относительное стандартное отклонение (Sr) не превышает 0,014, что свидетельствует о воспроизводимости и точности метода, а эффективность сорбции выше 0,95 позволяет разделять ионы железа и кобальта. Можно сделать вывод, что разработанный нами метод анализа исследуемых ионов не может быть использован для дополнительных операций, повышающих чувствительность и селективность (для того же количества ионов). Во всех результатах относительное стандартное отклонение не превышает 0,1, что указывает на правильность и воспроизводимость метода при определении и разделении идентифицируемых ионов.

Определены ионы кобальта в почвах промышленных зон сорбционно-спектроскопическим методом и проанализировано их расстояние в составе почвы. Определение и выделение ионов железа (III) и кобальта (II) в объектах окружающей среды: почвах на территории Ахангаранского цементного завода, сточных водах завода «Навоиазот» и воды реки Зарафшан, а также воды канала Олтин кул проводили с помощью разработанной методики, изучали распределение ионов металлов, проводили годовой и сезонный мониторинг и оценку.

Ионы железа и кобальта в природных объектах определяли и разделяли сорбционно-спектроскопическим методом.

**Таблица 3**

**Результаты сорбционно-спектроскопического определения ионов железа и кобальта в природных объектах**

Природный объект	Найдено Fe(III) мкг/см <sup>3</sup> ( $\bar{x} \pm \Delta X$ )	S	Sr	R	Найдено Co(II), мкг/см <sup>3</sup> ( $\bar{x} \pm \Delta X$ )	S	Sr	R
Сточные воды	7,9174±0,168	0,136	0,017	0,97	0,097±0,024	0,02	0,2	0,97
Канал Алтынкуль	4,9726±0,0052	0,0042	0,00084	0,99	0,06±0,0015	0,0012	0,02	0,99
Река Зарафшон	0,094±0,011	0,0092	0,098	0,99	0,102±0,003	0,0024	0,0235	0,98

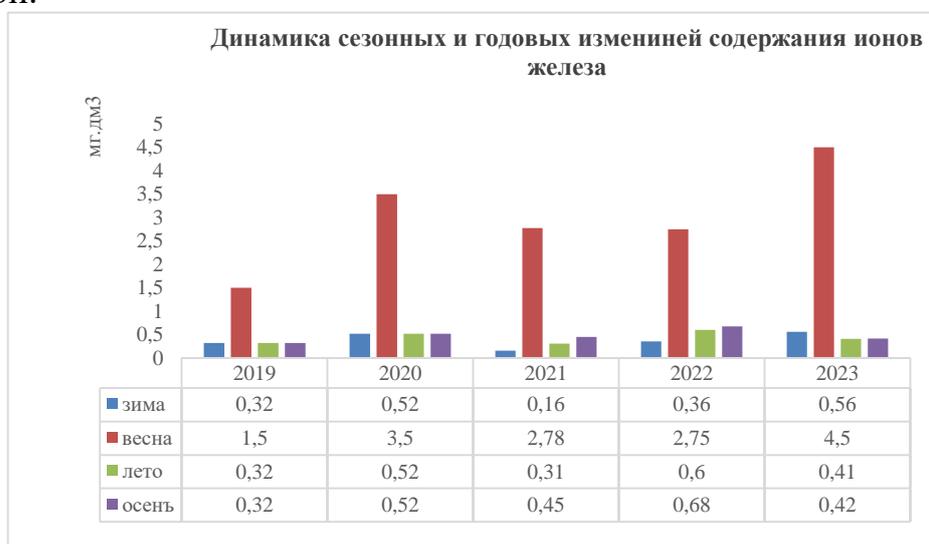
По результатам анализа известно, что при определении количества ионов железа (III) и кобальта (II) в природных объектах значение относительного стандартного отклонения не превышает 0,126, а эффективность сорбции выше 0,97.

Сорбционно-спектроскопическим методом определено количество ионов Co (II) в почве различных районов вокруг Ахангаранского цементного завода (мкг/г): 1-расстояние 1 км (16,08 мкг/г); 2-расстояние 3 км (15,3 мкг/г); 3 - расстояние 5 км (12,1 мкг/г); 4 - расстояние 10 км (5,5 км).

Видно, что количество ионов  $Co(II)$  в почве уменьшается по мере удаления от завода. Это, вероятно, означает, что загрязняющие вещества, выбрасываемые заводом, попадают в воздух или воду в микроскопических количествах и распространяются через почву.

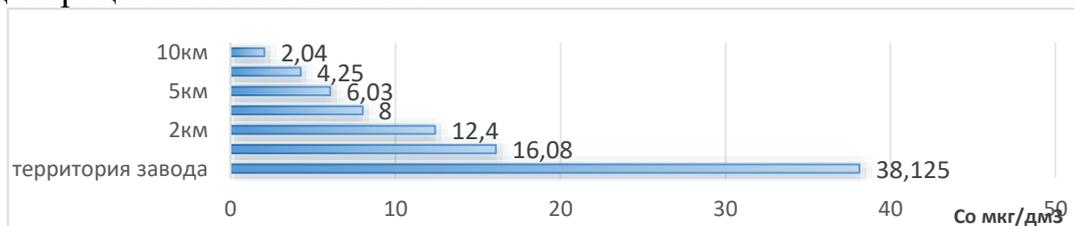
В научно-исследовательской работе проанализировано изменение количества ионов железа в пробах, взятых из смотровых скважин на входе в канал Алтынкуль, в течение многих лет. В результате анализа и обобщения химического состава воды были оценены сезонные и годовые изменения содержания ионов железа. Сезонные изменения: в весенние и летние месяцы наблюдается большее изменение концентрации ионов железа, в то время как осенние и зимние месяцы относительно стабильны.

Концентрация ионов железа в канале Алтынкуль показывает сезонные колебания, самые высокие уровни наблюдаются весной, а самые низкие - зимой.



**Рис 8. Динамика сезонных и годовых изменений концентрации ионов железа (III) в канале Алтынкуль.**

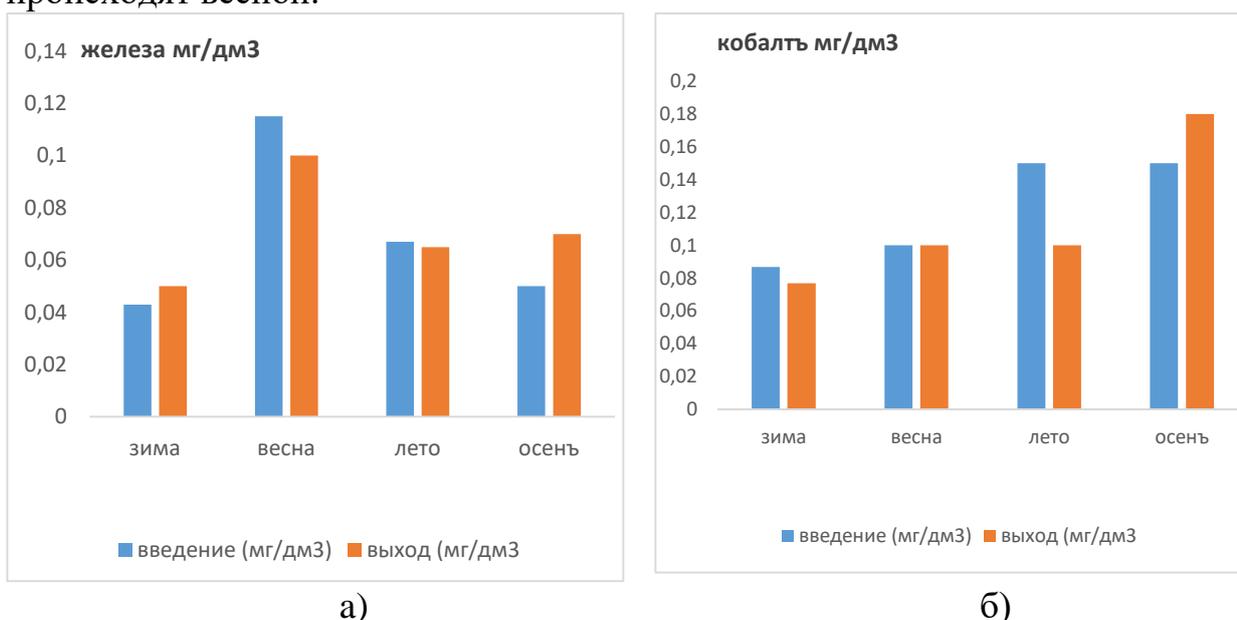
Эти сезонные изменения могут быть связаны с различными экологическими факторами, такими как сельскохозяйственная практика (использование удобрений, орошение), режим осадков и миграция металлов. Увеличение уровня железа в зимние месяцы к 2023 году может указывать на изменения условий окружающей среды, такие как изменения в промышленных выбросах или водной химии, которые влияют на концентрацию ионов в канале.



**Рис 9. Оценка содержания ионов  $Co(II)$  в водоемах, расположенных на разных расстояниях от территории Кунградского содового завода и в его окрестностях (мкг/дм³)**

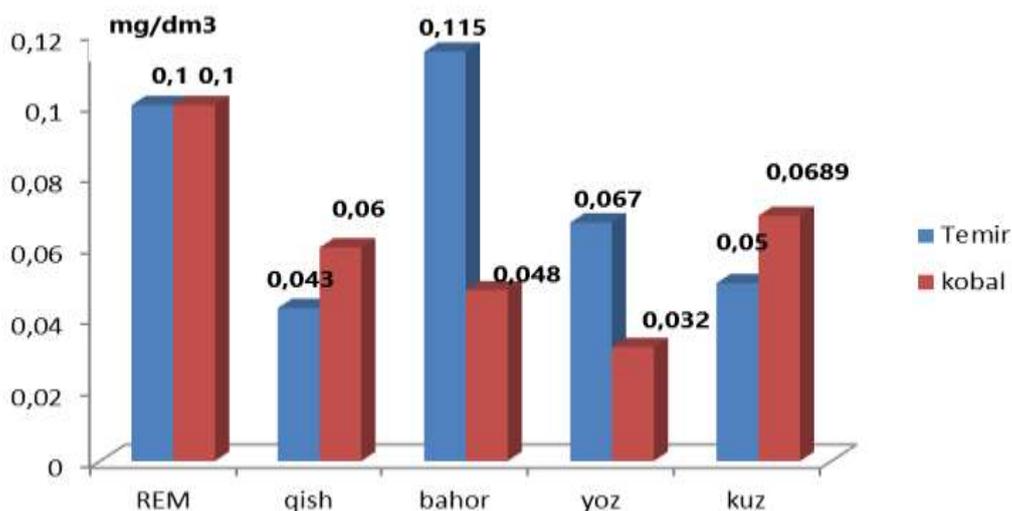
С целью изучения количества ионов кобальта (II) сорбционно-спектрометрическим методом весной 2024 года были взяты и проанализированы пробы воды на территории СП ООО «Кунградский содовый завод» и на прилегающих территориях. По результатам анализа микроколичество ионов кобальта (II) в сточных водах на территории завода составило 38,125 мкг/дм<sup>3</sup>. Кроме того, концентрация ионов кобальта в водоемах, расположенных на разных расстояниях от территории завода, имела следующие показатели: на расстоянии 1 км - 16,08 мкг/дм<sup>3</sup>, на расстоянии 2 км - 12,4 мкг/дм<sup>3</sup>, на расстоянии 3 км - 8 мкг/дм<sup>3</sup>, на расстоянии 5 км - 6,03 мкг/дм<sup>3</sup>, на расстоянии 8 км - 4 мкг/дм<sup>3</sup>, а на расстоянии 10 км - 2 мкг/дм<sup>3</sup>. Эти результаты показывают, что концентрация ионов кобальта значительно снижается по мере удаления от территории завода.

Используя образцы, взятые со входа и выхода канала АлтынКуль, сорбционно-спектрометрическим методом было определено и оценено метрологическое содержание ионов железа и кобальта в разные сезоны 2023 года. Согласно результатам анализа, количество ионов железа (III) в канале Алтын куль показало самый высокий уровень весной 2023 года. Мы можем связать этот процесс с влажностью и миграцией металлов, которые происходят весной.



**Рис 10. Сезонные изменения концентрации ионов а) железа (III) и б) кобальта (II) в водных пробах, взятых из входной и выходной частей канала Алтынкуль в 2023 году.**

При сорбционно-спектрометрическом анализе метрологического содержания ионов железа (III) и кобальта (II) в реке Зарафшан, если содержание железа в зимний период составляет 0,043 мг/дм<sup>3</sup>, это значение указывает на то, что оно находится в безопасной зоне. Весной содержание железа повышается до 0,115 мг/дм<sup>3</sup>, приближаясь к ПДК, но все еще на безопасном уровне. Летом и осенью содержание железа составляет 0,067 мг/дм<sup>3</sup> и 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, оба из которых ниже ПДК и считаются безопасными (рис. 11).



**Рис 11. Динамика сезонных изменений концентрации ионов железа (III) и кобальта (II) в реке Зарафшон с использованием сорбционно-спектроскопического метода (2024 год)**

В зимний период количество кобальта составляет 0,06 мг/дм<sup>3</sup>, весной оно падает до 0,048 мг/дм<sup>3</sup>, а летом - до 0,032 мг/дм<sup>3</sup>. Все это считается безопасным и ниже значения РЭМ. В осенний период содержание кобальта повышается до 0,0689 мг/дм<sup>3</sup>, что также остается в безопасном пределе, но при более высоком уровне может нанести ущерб речной экосистеме.

В заключение можно сказать, что количество ионов железа и кобальта сезонно меняется. Зимой эти ионы минимальны, а весной приближаются к максимальному количеству. Не превышая значения ПДК, ионы железа и кобальта в реке Зарафшан оставались в безопасной зоне, что способствует поддержанию сбалансированной и безопасной экологической ситуации. Общий анализ показывает, что содержание железа и кобальта в речной воде не претерпевает существенных изменений, и их количество не представляет экологической опасности.

**Таблица 4**

**Оценка результатов анализа определения и извлечения ионов кобальта (II) из природных объектов с использованием разработанного сорбционно-спектроскопического метода**

Пример для проверки	ISP-MS	Разработанный метод		t <sub>табл</sub> 2,85	F <sub>табл</sub> 4,47	Конечная конц.ионо в Co(II)	Эффективность сорбции	
		S <sub>r</sub>	Найдено $\bar{x}$ , мг/дм <sup>3</sup>					S <sub>r</sub>
Сточные воды	0,117	0,02	0,115	0,015	2,03	4,09	0,01	91
Река Зарафшон	0,06	0,01	0,059	0,03	1,97	3,58	0,01	93
Канал Алтынкуль	0,17	0,025	0,16	0,012	1,95	4,17	0,015	91

Из результатов анализа известно, что с помощью разработанного сорбционно-спектроскопического метода с высокой чувствительностью определяется не только количество ионов кобальта (II), но и сорбционная эффективность ионов кобальта выше 91%, что позволяет извлекать ионы этого металла из сточных вод.

**Таблица 5**

**Оценка результатов анализа определения и извлечения ионов железа (III) из природных объектов с использованием разработанного сорбционно-спектроскопического метода**

Пример для проверки	ISP-MS		Разработанный метод		$t_{\text{табл}}$ 2,85	$F_{\text{табл}}$ 4,47	Конечная конц.ионо в Fe(III)	Эффективность сорбции
	Найдено $\bar{x}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$S_r$	Найдено $\bar{x}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$S_r$	$t_{\text{эксп}}$	$F_{\text{эксп}}$	Найдено $\bar{x}$ мг/дм <sup>3</sup>	R%
Сточные воды	1448,568	0,25	1450	0,2	1,90	3,67	200	96
Река Зарафшон	0,1	0,05	0,115	0,03	2,06	4,06	0,0115	98
Канал Алтынкуль	4,5	0,1	4,6	0,125	1,78	3,53	0,025	99

По результатам анализа установлено, что разработанный сорбционно-спектроскопический метод достаточно конкурентоспособен, значение относительного стандартного отклонения ниже 0,33 а значение критериев Стьюдента и Фишера ниже значений, приведенных в таблице. Это выражает повторяемость и чувствительность метода. Разработанные сорбционные спектроскопические методы позволили выделить ионы железа (III) и кобальта (II) из сточных вод.

Расчитаны экономические показатели и определена экономическая эффективность разработанных процессов сорбционно-спектроскопического определения и разделения ионов железа и кобальта.

## ВЫВОДЫ

1. Выбраны реагенты метилтимоловый синий и нитрозо- R-соль, иммобилизованные на сорбенте ППА-1 для определения и разделения ионов железа (III) и кобальта (II), и определены оптимальные условия иммобилизации волокна ППА-1 на органические реагенты.

2. Определены оптимальные условия комплексообразования ионов железа (III) и кобальта (II) с использованием иммобилизованных реагентов, механизмы и состав комплексообразования подтверждены спектрофотометрическими, ИК-спектроскопическими, рентгенофлуоресцентными, сканирующей электронной микроскопией.

3. Разработан сорбционно-спектроскопический метод определения и разделения ионов железа (III) и кобальта (II) и сравнены методы ГОСТ.

Доказано, что они имеют преимущества перед другими методами с низким количеством мешающих веществ, экспрессностью, относительным стандартным отклонением не более 0,25, критериями Стьюдента и Фишера ниже табличного значения, возможностью использования сорбентов при повторном анализе, а также рекомендованы для определения и извлечения ионов железа и кобальта.

4. Апробирован и экологически оценен разработанный сорбционно-спектроскопический метод определения и выделения ионов железа (III) и кобальта (II) при определении и выделении из состава почвы, природных и сточных вод.

5. Проведен сезонный, дистанционный и годовой мониторинг количества ионов железа и кобальта в канале Алтынкуль, сточных водах Навои, реке Зарафшан с помощью разработанного сорбционно-спектроскопического метода для определения и извлечения ионов железа (III) и кобальта (II).

6. Проведены испытания в центральной лаборатории АО «Навоиазот» и внедрены в практику. Эффективность внедрения разработанного сорбционно-спектроскопического метода осуществлялась в соответствии с критериями, указанными в соответствующих нормативных технико-экономических и экологических источниках информации.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 AT THE TASHKENT SCIENTIFIC  
RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGIES**

---

**TASHKENT INSTITUTE OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

**DAVRONOVA NORNISO FAXRIDDIN QIZI**

**DEVELOPMENT OF SORPTION-SPECTROSCOPIC METHODS FOR  
THE DETERMINATION OF IRON AND COBALT IONS FROM  
ENVIRONMENTAL OBJECTS USING NITROGEN- AND OXYGEN-  
CONTAINING ORGANIC REAGENTS FOR IMMOBILIZATION**

**11.00.05-Environmental Protection and Rational Use of Natural Resources**

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON  
CHEMICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2025**

The topic of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the ministry of Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2025.2.PhD/K906.

The dissertation was completed at the Tashkent institute of chemical technology

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

**Scientific supervisor:**

**Smanova Zulayxo Asanaliyevna**  
doctor of Chemical Sciences, Professor

**Official opponents:**

**Mukhamedgaliyev Bakhtiyor Abdukadirovich**  
doctor of Chemical Sciences, Professor

**Aliyeva Muqaddas Tuychiyevna**  
doctor of Chemical Sciences, Associate Professor

**Leading Organization:**

**Institute of General and Inorganic Chemistry**

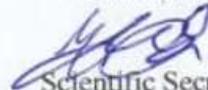
The defense of the dissertation will take place on 27 august 2025 at "09:00" hours at a meeting of the Scientific Council DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 at the Tashkent Research Institute of Chemical Technology at the address: 111116, Tashkent region, Tashkent district, Ibrat, Shurabazar phone: (+99895) 281-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)

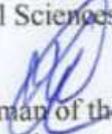
The dissertation was registered at the Information Resource Center of Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology №. 2025/24, which can be found at the IRC (111116, Tashkent region, Tashkent district, Ibrat, Shurabazar, phone: (+99895)281-67-83, E-mail [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz))

The abstract of the dissertation has been sent out on "09" august 2025 year protocol at the register №.2025/24 dated "09" august 2025 year



  
**A.T. Djhalilov**  
Chairman of the Scientific Council for  
awarding the scientific degrees,  
Chemical Sciences, Professor, Academic

  
**Sh.N. Kiyomov**  
Scientific Secretary of the Scientific Council  
for awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

  
**H.S. Beknazarov**  
Chairman of the Scientific Seminar  
at the scientific advice on awarding degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## Introduction (abstract of PhD dissertation)

**The aim of the study is** to develop a sorption-spectroscopic method for the determination and separation of iron and cobalt ions based on their metrological parameters from the wastewater of Qo'ng'irod district and Navoi region using immobilized nitrogen- and oxygen-containing organic reagents.

**The objects of the research** included synthetic mixtures containing Fe (III) and Co (II) cations, as well as environmental samples such as industrial wastewater from the Navoi region, water from the Oltin Ko'l Canal, the Zarafshan River, and other technogenic water bodies.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

for the first time, organic reagents methyl thymol blue and nitroso R -salt immobilized on a polyacrylonitrile-based sorbent (PPA-1) were used for the identification and separation of Fe(III) and Co(II) ions, and the optimal conditions for immobilization were determined;

the optimal conditions, composition, and structure of stable complex compounds formed between Fe(III) and Co(II) ions with the immobilized methyl thymol blue and nitroso R-salt were determined using various physicochemical methods and quantum chemical calculations, and their metrological parameters were established;

new sorption-spectroscopic methods were developed for the determination and separation of Fe(III) and Co(II) ions in environmental samples, including various wastewater and industrial effluent samples, using the immobilized organic reagents methyl thymol blue and nitroso R salt;

based on the developed sorption-spectroscopic method, the possibility of effectively monitoring trace amounts of Fe(III) and Co(II) ions in wastewater and effluent for environmental protection was demonstrated.

**Implementation of research results.**

Based on the results of research conducted on the development of a sorption-spectroscopic method for the determination and separation of iron and cobalt ions in environmental objects using immobilized nitrogen- and oxygen-containing organic reagents:

the sorption-spectroscopic method for the determination and separation of iron (III) and cobalt (II) ions was implemented in practice at "Navoiyazot" JSC (Information Letter No. 03-3/1437 dated February 21, 2025, from "Navoiyazot" JSC). As a result, it became possible to carry out state monitoring of wastewater in the Navoi region, assess contamination levels of water bodies with heavy metals (cobalt (II) and iron (III) ions), and develop a comprehensive set of measures for their remediation.

a method for separating iron and cobalt ions using organic reagents — immobilized methyl thymol blue and nitroso R salt — has been implemented in practice at "Navoiyazot" JSC (Reference No. 03-3/1437 dated February 21, 2025, of "Navoiyazot" JSC). As a result, it became possible to rapidly separate iron (III) and cobalt (II) ions in industrial wastewater and effluents.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references and an appendix. The total volume of the dissertation is 117 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim(I часть; I part)**

1. Davronova N.F., Smanova Z.A., Madatov O'.A. Immobilangan metil timol ko'ki temir(III) ion uchun analitik reagent sifatida // "O'z MU xabarlar" 2024. № [3/2/1] ISSN:2181-7324. Tabiiy fanlar turkumi 342-344 b. (02.00.00. № 6).

2. Davronova N.F., Smanova Z.A. Temir (III) ion aniqlashning sorbsion-spektroskopik aniqlash usullari // "Kompozitsion Materiallar". 2024. №4 ISSN 2091-5527, 236-238 b. (02.00.00. № 4).

3. Davronova N.F., Smanova Z.A., G'ofurova D.A., Yaxshiyeva Z.Z. 1-Nitrozo-2-naftol-3,6-disulfonik kislota dinatriyli tuzi (nitrozo rtuzi) kobalt(II) ioniga analitik reagent sifatida // "NamDU ilmiy axborotnomasi". 2024. №10 ISSN:2181-1458, 114-117 b. (02.00.00. № 18).

4. Davronova N.F., Smanova Z.A. Suvlardagi temir ionlarini aniqlashning yangi usullarini ishlab chiqish va shu ionlarning miqdoriy tahlilini o'tkazish // "Ekologiya xabarnomasi". 2024. №4 ISSN 2010 - 703X, 62-65 b. (11.00.00. № 1).

5. Davronova N.F., Smanova Z.A. Development of a sorbtion-spectroscopic method for deticting cobalt (II) ion in environmental objects using immobilized nitrozo r salt reagent // "Sience and inovation" International scientific journal. . November 2024. № 11 54-59b <https://doi.org/10.5281/zenodo.14213971> (Index Copernicus № 12 baza)

6. Davronova N.F., Smanova Z.A The Development of New Methods for Detecting Iron Ions in Water and Conducting Quantitative Analysis of These Ions // "American Journal Of Applied Science And Technology". 2024. № 12 P: 57-64 ( Research bib № 14 baza).

7. Davronova N.F. Development of a new sorption- spectrophotometric method for determining the ion Fe(III) using immobilized methylthymol blue // "International Journal of Materials and Chemistry" 2024, 14(6): 109-111.Doi:10.5923/j.ijmc.20241406.03. (02.00.00 № 13).

**II bo'lim(II часть; part II)**

8. Davronova N.F., Smanova Z.A. Atrof –muhit ob'yektlarida Co(II) ionlarini immobilangan organik reagentlar yordamida aniqlash // «Катализ в промышленности и проблемы экологии» Международной научно-технической конференции. Ташкент 01 - 04 ноября 2024 г., 127-129 с.

9. Davronova N.F., Smanova Z.A. Oqava suvlar tarkibida kobalt ionlarini aniqlash va meteorologik miqdorini tahlil qilish // « Atrof-muhit muammolarini hal qilishda tabiatga asoslangan yechimlar (NBSEP)» Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari to'plami. Toshkent 28-29-noyabr 2024 y., 234-240 b.

10. Smanova Z.A., Yaxshiyeva Z.Z., Nuriddinov O'.O'. Davronova N.F. Ик спектроскопическое исследование процесса иммобилизации и комплексо

образования сульфурсазена с ионами свинца // «Спектроскопия координационных соединений» Международной конференции . Краснодар 29 сентября – 05 октября 2024 г.,119 с

11. Davronova N.F. The determination of iron and cobalt ions using organic reagents immobilized on PPA-1 fibrous sorbent // «Cognitive science and the arts: understanding creativity and perception » Xalqaro online konferensiya. Austin USA 2024., 54-56 p.

12. Davronova N.F., Smanova Z.A. Atrof-muhit obyektlarida temir (III) ionlarini aniqlash va monitoringini o'tkazish // «Zamonaviy dunyoda innovatsion tadqiqotlar: Nazariya va amaliyot» Respublika ilmiy, masofaviy online konferensiya. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14586296>. Toshkent 2024.,102-103 b

13. Davronova N.F. Oqava suvlarda temir (III) ionlarini aniqlash // «Zamonaviy dunyoda ilm-fan va texnologiya» Respublika ilmiy - amaliy konferensiya. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14586308>. Toshkent 2024., 94-b.

14. Davronova N.F., Smanova Z.A. Nirozo R-tuzi bilan Co(II) ionlarining metrologik monitoringi // «Коллоидная химия: инновации и решения для химической технологии, экологии и промышленности» Материалы международной научно-технической конференции. Термез 7-8 февраля 2025 г., 236-237 с.

15. Davronova N.F., Smanova Z.A. Zarafshon daryosidagi temir(III) va kobalt(II) ionlarining mavsumiy dinamikasi va ekologik xavfini sorbsion-spektroskopik usulda o'rganish // «Women in STEM » Xalqaro forumi.Toshkent 12-13 fevral 2025y.,102 b.

Avtoreferat« Kimyo va kimyo texnologiyasi jurnali » tahririyatida tahrir qilindi



№ 10-3279

Bosishga ruxsat etildi: 07.08.2025-yil  
Bichimi: 60x84 <sup>1/16</sup>, “Times New Roman”  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 2,8. Adadi 100. Buyurtma: № 116

Tel: (99) 3832 99 79; (77) 300 99 09

Guvohnoma reestr № 10-3279

“IMPRESS MEDIA” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6 uy.