

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.K.01.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

JUMAYEVA ELEONORA SHUXRATOVNA

**CHIQUINDI SUVLAR TARKIBIDAGI Cu(II) VA Fe(III) IONLARINI
ANIQLASHNING SORBSION-ATOM-ABSORBSION USULINI
ISHLAB CHIQUISH**

02.00.02 – Analitik kimyo

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

Toshkent – 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Jumayeva Eleonora Shuxratovna

Chiqindi suvlar tarkibidagi Cu(II) va Fe(III) ionlarini aniqlashning sorbsion-atom-absorbsion usulini ishlab chiqish.....5

Жумаева Элеонора Шухратовна

Разработка сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения ионов Cu(II) ва Fe(III) в сточных водах.....21

Jumayeva Eleonora Shukhratovna

Elaboration of sorption-atomic absorption method for determination of Cu(II) and Fe(III) ions in wastewater.....39

Эълон қилинган нашрлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published works.....42

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.03/30.12.2019.K.01.03 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

JUMAYEVA ELEONORA SHUXRATOVNA

**CHIQUINDI SUVLAR TARKIBIDAGI Cu(II) VA Fe(III) IONLARINI
ANIQLASHNING SORBSION-ATOM-ABSORBSION USULINI ISHLAB
CHIQUISH**

02.00.02 – Analitik kimyo

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

Toshkent – 2023

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.4.PhD/K679 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya O'zbekiston Milliy universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi (www.ik-kimyo.nuuz.uz) va "Ziyonet" Axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Ro'zmetov Uchqun O'runboyevich,
PhD, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Usmonova Hilola Umataliyevna,
kimyo fanlari doktori, dotsent

Abdurahmonov Ergashboy,
kimyo fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Umumiy va noorganik kimyo instituti

Dissertatsiya himoyasi O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi DSc.03/30.12.2019.K.01.03 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil « 15 » dekabr soat 14⁰⁰ daqiqa majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100174, Toshkent, Universitet ko'chasi, 4-uy. Tel.: Тел: (+99871) 246-07-88, faks: (+99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail: chem0102@mail.ru).

Dissertatsiya bilan O'zbekiston Milliy universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (181 raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100174, Toshkent, Universitet ko'chasi, 4-uy. Tel.: (+99871) 246-07-88; 277-12-24, faks (+99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail: nauka@nuu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil « 30 » 11 kuni tarqatildi.
(2023 yil « 29 » 11 daqiqa 10 raqamli reyestr bayonnomasi).



Z.A.Smanova
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
raisi, k.f.d., professor

N.H.Qutlimurotova
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash
ilmiy kotibi, k.f.d., dotsent

B.N.Babayev
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi
k.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda texnologiyaning rivojlanishi bilan mis va temir metallari asosida elektrotexnika, metallurgiya, transport va yengil sanoati mahsulotlarini ishlab chiqarishga bo‘lgan talab kun sayin ortib bormoqda. Mazkur ishlab chiqarish korxonalarining texnogen va chiqindi suvlari tarkibida bir qancha og‘ir metallar bilan bir qatorda mis va temir ionlari ham mavjud bo‘lib, ularni aniqlash va ajratib olish borasida turli usullar taklif etilmoqda. Ammo, metall ionlarining past konsentratsiyasi, tahlil qilinuvchi obyekt tarkibining murakkabligi doimo ham tahlilning muvaffaqiyatli o‘tkazilishiga imkon bermaydi. Shuning uchun murakkab aralashmalardagi tarkibiy qismlarni aniqlashga imkon beradigan samarali, sodda, aniq va sezgir usullarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

Dunyo olimlari tomonidan mis va temir ionlarini aniqlash maqsadida turli sorbentlarda dastlabki konsentrlash orqali sorbsion aniqlash usullari keng qo‘llanilmoqda. Dastlabki konsentrlashdan keyingi bosqichlarda aniqlanuvchi komponent konsentratsiyasini aniqlash maqsadida spektroskopik, ayniqsa, atom-absorbsion spektroskopiyasi sezgirliги va qulayligi bilan ajralib turadi. Sorbentning sorbsion xususiyatlarini oshirish maqsadida esa organik reagentlardan foydalanish tobora ortib bormoqda. Bu borada so‘nggi yillarda mis va temir ionlarini sorbsion-spektroskopik, xususan, sorbsion-atom-absorbsion usulda aniqlash usullarini ishlab chiqish muhim hisoblanadi.

Respublikamizda kimyo sanoat korxonalarining chiqindi va texnogen suvlari tarkibidan mis va temir ionlarini aniqlash borasida qulay, tezkor va iqtisodiy samarador usullarni ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilishiga qulay shart-sharoitlar yaratilmoqda. Mazkur sohada mahalliy xomashyodan maqsadga muvofiq foydalanish va yangi sorbentlar olish, ulardan atrof-muhit obyektlaridan mis va temir ionlarini aniqlash bo‘yicha ilmiy va amaliy natijalarga erishildi. Ushbu usullarning sezgirliги, samaradorliги, selektivligini oshirish maqsadida sorbsion-spektroskopik usullar rivojlanib bormoqda. Respublikamizda kimyo sanoati chiqindi suvlari tarkibidagi mis va temir ionlarini aniqlash uchun sezgir, tezkor va qulay usullarni ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega.

Ushbu dissertatsiya tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-son Farmonida, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 30 oktabrdagi “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5863-son Farmonida, O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 18-fevraldagi “Ekologik xavfsizlik to‘g‘risidagi umumiy texnik reglamentni tasdiqlash haqida” VM-95-son qarori hamda ushbu sohada qabul qilingan boshqa normativ-huquqiy hujjatlarda nazarda tutilgan vazifalarni bajarishga muayyan xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur dissertatsiya ishi respublika fan va texnologiyalar

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

Muammoning oʻrganilganlik darajasi. Hozirgi vaqtda fanda ogʻir va zaharli metallarni aniqlashning koʻplab usullari maʼlum. Shunga qaramay, analitik tahlil usullarining rivojlanishi bilan elementlarni aniqlashning sezgirligi va selektivligini oshirish talablari tobora ortib bormoqda, bu esa yangi yondashuvlarni qoʻllashni talab qiladi. Mazkur yondashuvlardan biri immobillangan organik reagentlar yordamida gibrid sorbsion-atom-absorbsion usuli hisoblanadi. Dunyo boʻylab Rossiya Fanlar akademiyasi, Moskva davlat universiteti, Turkiya Erchies universiteti, Polsha Yagelloniya universiteti, Gretsiyadagi Aristotel universiteti, Ispaniya Santyago-de-Kompostela universiteti, Mumbay kimyo texnologiyalar univeristeti, Eron Shaxid Chamran universiteti kabi ilmiy markazlarda xilma-xil sorbentlarga dastlabki konsentrlash orqali tezkor, yuqori sezgir, selektiv sorbsion-spektroskopik tahlil usullarini ishlab chiqish boʻyicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Y.A.Zolotov, O.V.Kuznetsova, V.V.Openko, A.V.Danilova, V.P.Dedkova, M.A.Babuev, S.D.Tataeva, S.Tokalioglu, M.Soylak, S.Valas, A. Tobiasz, G.Tsogaz, M.C.Yebra-Biurrun, Bermejo-Barrera A., Sh.Tivari, R.Saksena, Pourreza N., Hoveizavi R. kabi xorijiy olimlarning sorbsion-spektroskopik va sorbsion-atom-absorbsion usullar yordamida ogʻir metallarni aniqlash borasida ilmiy tadqiqotlarni alohida ajratib koʻrsatish mumkin. Ularning ishlarida sorbent sifatida turli xil silikagellar, modifikatsiyalangan kremnezyomlar, tabiiy seolitlar, polimer membranalar va boshqa materiallar ishlatilgan.

Yurtimizda Djijanbayeva R.X., Kabulov B.D., Shesterova I.P., Gevorgyan A.M., Smanova Z.A., Turobov N.T., Abdurahmonov E., Nasimov A.M. va boshqalar tomonidan ogʻir metall ionlarini sorbsion-spektroskopik aniqlash boʻyicha tadqiqotlar olib borilgan. Lekin hozirgacha mis va temir ionlari immobillangan toron I va sulfosalitsil kislotasi yordamida sorbsion-atom-absorbsion aniqlash boʻyicha izlanishlar olib borilmagan.

Dissertatsiya mavzusi dissertatsiya bajarilgan oliy taʼlim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bogʻliqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Oʻzbekiston Milliy universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining FZ-20171024243 “Kobalt va temir ionlarini aniqlashda immobillangan azoreagentlarning fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq etish” (2018-2019 yy.), FZ-201908098 “Kaolinlarni temir oksidlaridan tozalash” (2020-2022 yy.) mavzularidagi fundamental va amaliy loyihalari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi atrof-muhit obyektlarida mis(II) va temir(III) ionlarini immobillangan organik reagentlar yordamida aniqlashning gibrid, sezgir sorbsion-atom-absorbsion usulini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlash uchun selektiv organik reagent va ion almashinadigan sorbentni tanlash, ularning analitik xususiyatlarini saqlab qolgan holda polimer tashuvchilarga organik reagentlarni immobillash uchun maqbul sharoitlarni tanlash;

mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlashning sorbsion-atom-absorbsion usuli uchun maqbul sharoitlarni tanlash;

immobillangan organik reagentlar bilan mis(II) va temir(III) ionlarining kompleks hosil bo'lish kimyoviy mexanizmini, muvozanat konstantalarini va kompleks birikmalar tarkibini IQ-spektroskopiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi, rentgenofluoressent tahlili, spektrofotometriya, diffuzion nur qaytarish spektroskopiyasi usullaridan foydalangan holda aniqlash;

ishlab chiqilgan sorbsion-atom-absorbsion usul yordamida mis(II) va temir(III) ionlarining quyi aniqlanish chegaralarini topish, usulning raqobatbardoshligi va aniqligini baholash;

ishlab chiqilgan gibrid sorbsion-atom-absorbsion usulini atrof-muhit obyektlari tahliliga qo'llash.

Tadqiqotning obyekti Cu(II) va Fe(III) kationlari tutgan sun'iy aralashmalar, Navoiy viloyati sanoat korxonalarining chiqindi suvlari va tabiiy suvlar namunalari.

Tadqiqotning predmeti Cu(II) va Fe(III) ionlari, toron I va sulfosalitsil kislotasi organik reagentlari, PPF-1 sorbenti.

Tadqiqotning usullari. Atom-absorbsion spektroskopiyasi, diffuzion nur qaytarish spektroskopiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi, rentgenofluoressent tahlil, elektrokimyoviy usullar, IQ-spektroskopiyasi va matematik statistika hisoblash usullari.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

tashuvchilarning analitik parametrlarini yaxshilash va sezgirlikni oshirish uchun toron I va sulfosalitsil kislotasining funksional va analitik faol guruhlariga bog'liq holda immobillanishining analitik va metrologik tavsiflari aniqlangan;

immobillangan toron I va sulfosalitsil kislotasining mis(II) va temir(III) ionlari bilan kompleks hosil bo'lishida optimal sharoitlari tanlangan va kompleks birikmalarning mol nisbatlari 1:1, barqarorlik konstantalari $\beta_{CuL}=5,95 \cdot 10^{11}$ va $\beta_{FeL}=2,48 \cdot 10^{17}$ ga teng ekanligi isbotlangan;

mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlashga xalaqit beruvchi ionlar konsentratsiyasi aniqlangan, ishlab chiqilgan usul sun'iy aralashmalar analizida qo'llanilgan;

Navoiy viloyatidagi tabiiy va chiqindi suvlar tarkibidan mis(II) va temir(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlash amalga oshirilgan va uslubning to'g'riligi inversion voltamperometriya hamda spektrofotometriya usullari bilan solishtirilgan va nisbiy standart chetlanishi 0,023 dan oshmasligi isbotlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

mis(II) va temir(III) ionlarini immobillangan toron I va sulfosalitsil kislotasidan foydalangan holda selektiv va sezgir sorbsion-atom absorbsion usuli ishlab chiqilgan va turli xil suvlar (tabiiy, chiqindi va ichimlik suvlari) analizida qo'llanilgan;

toron I va sulfosalitsil kislotasi yordamida mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlash asosida gibrid, selektiv va sezgir sorbsion-atom-absorbsion usuli ishlab chiqilgan va Navoiy viloyati korxonalarining chiqindi suvlari analizida qo'llanilgan;

turli xil atrof-muhit obyektlari analizida immobillangan toron I va sulfosalitsil kislotasi yordamida sezgirlik, to'g'rilik, qayta takrorlanuvchanlik kabi metrologik tavsiflarni yaxshilashga imkon beradigan sorbsion-atom-absorbsion usuli ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi IQ-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi, rentgenofluoressent analiz, optik molekulyar va atom-absorbsion spektroskopiyasi kabi tahlilning zamonaviy usullari yordamida eksperimental natijalar olinganligi bilan, shuningdek, umumiy qabul qilingan standartlar asosida o'tkazilgan, "kiritildi-topildi" usuli bilan asoslangan, ishlab chiqilgan usul DavSt 54276-2010, DavSt 4011-72, inversion voltamperometriya va spektrofotometriya usullari bilan solishtirilgan. Olingan natijalar matematik statistika usullari – Styudent va Fisher mezonlari bilan qayta ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati PPF-1 tolasimon sorbentiga toron I va sulfosalitsil kislotasi immobillanishining maqbul sharoitlari topilganligi, Cu(II) va Fe(III) ionlariga nisbatan selektivligi ortganligidan iborat. Shuningdek reagentlarning immobillanishi hisobiga Cu(II) va Fe(III) ionlarini gibrid sorbsion-atom-absorbsion aniqlashning analitik va metrologik tavsiflari yaxshilanganligi bilan ifodalangan.

Tadqiqotning amaliy ahamiyati mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlashning ishlab chiqilgan sorbsion-atom-absorbsion uslubi atrof-muhit obyektlari, xususan, Navoiy viloyati sanoat korxonalari chiqindi suvlari analiziga qo'llash kimyoning ekologik muammolarini hal etishda xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarini joriy etilishi. Sanoat chiqindi suvlaridan mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlashning sorbsion-atom-absorbsion usulini ishlab chiqish bo'yicha tadqiqotlar natijalari asosida:

immobillangan organik reagentlar yordamida mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlashning sorbsion-atom-absorbsion usuli Navoiy viloyati "Navoiyazot" AJ analitik laboratoriyasida chiqindi suvlari tahlilida sinovdan o'tgan va amaliyotda qo'llashga tavsiya etilgan ("Navoiyazot" AJ ning 2021-yil 19-iyuldagi 01-8/5297-son ma'lumotnomasi). Immobillangan organik reagentlardan foydalanish orqali "Navoiyazot" AJ chiqindi suvlarida Cu(II) va Fe(III) ionlari aniqlangan;

immobillangan organik reagentlar yordamida mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlash usuli "Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ analitik laboratoriyasida chiqindi suvlarini tahlil qilishda sinovdan o'tdi va tarkibida Cu(II) va Fe(III) ionlari bo'lgan obyektlar analiziga qo'llashga tavsiya etilgan ("Navoiy kon-metallurgiya kombinati" aksiyadorlik jamiyati 2022-yil 6-dekabrda № 23.01-01-07/806 ma'lumotnomasi). Natijada "NKMK" AJ chiqindi suvlarida mis(II) va temir(III) ionlari aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari asosida 6 ta, jumladan, 3 ta xalqaro va 3 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha jami 19 ta ilmiy ish nashr etilgan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya

komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan nashrlarida 5 ta, shundan, 3 ta respublika miqyosida va 2 ta xalqaro Scopus bazasida indeksatsiya qilingan jurnallarda chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 110 bet.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida ishning dolzarbligi, tadqiqot maqsadi va vazifalari, tadqiqotning obyekt va predmetlari, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari, erishilgan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarini joriy etilishi to‘g‘risida ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Mis va temir ionlarini aniqlashning amaliy jihatlari (adabiyotlar sharhi)”** deb nomlangan birinchi bobida mis va temir ionlari, ularni aniqlashning fizik-kimyoviy usullari, aniqlash jarayonida qo‘llaniluvchi turli xil sorbent va organik reagentlar, aniqlashning atom absorpsion hamda sorbsion-atom-absorpsion usullar bo‘yicha mavjud ma‘lumotlarning tahlili keltirilgan.

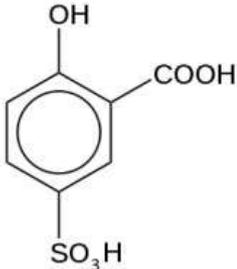
Turli obyektlarda organik reagentlar yordamida mis va temir ionlarini aniqlash natijalari tizimlashtirildi. Adabiyotlarda sulfosalitsil kislotasi yordamida temir(III) ionni fotometrik usulda aniqlangan bo‘lsada, dastlabki konsentrlash orqali reagentni turli matritsalariga immobilash va atom-absorpsion spektroskopiyadan foydalangan holda aniqlash haqida ma‘lumotlar keltirilmaganligi qayd etilgan. Shuningdek, toron I ning Cu(II) ionni bilan hosil qilgan kompleksi xossalari ham adabiyotlarda o‘rganilmaganligi aniqlangan.

Dissertatsiyaning **“Mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlash uchun ishlatiladigan reaktivlar, uskunalar va yordamchi qurilmalar. Eksperiment o‘tkazish metodikasi”** nomli ikkinchi bobida, tadqiqot davomida qo‘llanilgan asbob-uskunalar, jihozlar, reaktivlar, mis(II) va temir(III) ionlarining hamda organik reagentlarning standart va ishchi eritmalarini tayyorlash usullari keltirilgan.

Tadqiqotda qo‘llanilgan toron I va sulfosalitsil kislotasining struktura formulalari 1-jadvalda keltirilgan.

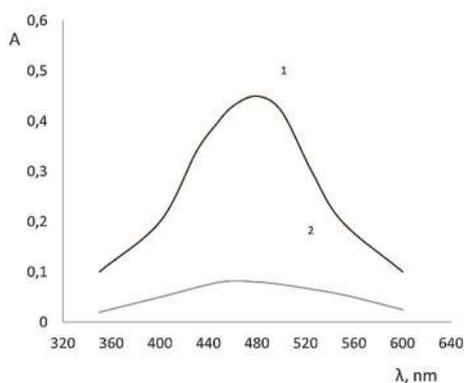
1-jadval

Organik reagentlarning tuzilish formulalari

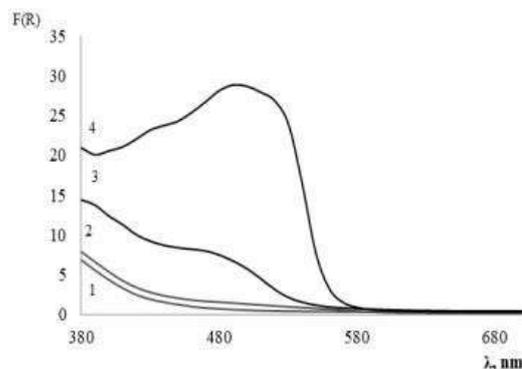
Organik reagent nomi	Toron I (4-[(2-arsonofenil)azo]-3-gidroksi-2,7-naftalin-disulfokislota)	Sulfosalitsil kislotasi (2-gidroksi-5-sulfobenzoy kislotasi, SSK)
Brutto formulasi, g/mol	$C_{16}H_{13}AsN_2O_{10}S_2$ 532,33	$C_7H_6O_6S$ 218,19
Stuktur formulasi		

Dissertatsiyaning « **Organik reagentlarni tashuvchida immobillash hamda Cu(II) va Fe(III) ionlarining kompleks hosil qilishining maqbul sharoitlarni tanlash**» nomli uchinchi bobida toron I va sulfosalitsil kislotasining immobillanishi hamda Cu(II) va Fe(III) bilan kompleks hosil qilishining optimal sharoitlari (optimal sorbent tanlash, eritma muhiti, Buger-Lambert-Ber qonuniga bo‘ysunishi) ta’sirlari o‘rganildi. Kompleks birikmalar tarkibidagi metall-reagent mol nisbatlari aniqlangan, haqiqiy molyar so‘ndirish koeffisienti, reaksiya muvozanat konstantasi va barqarorlik konstantalari hisoblab topildi.

Immobillash o‘tkazishdan oldingi va keyingi organik reagent toron I eritmasining nur yutilish spektrlari hamda sorbentlarning nur qaytarish spektrlari o‘rganildi. Olingan natijalar 1-2- rasmlarda keltirildi.



1-rasm. Toron I reagentining immobillashdan oldingi (1) va keyingi (2) nur yutilish spektrlari. ($C_R=20$ mkg/ml, $m_{sorb}=0,2$ g, $V_R=10$ ml, $t=30$ min).

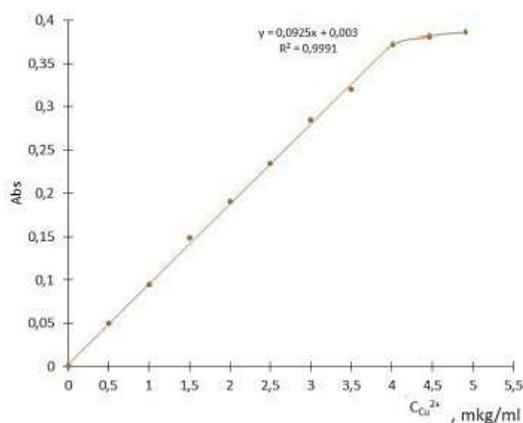


2-rasm. Toron I immobillanishdan oldingi (1– PPA-1; 2 – PPF-1) va keyingi (3 – PPA-1; 4 – PPF-1) nur qaytarish koeffitsiyentining (Kubelka-Munkning funksiyasi) to‘liq uzunligiga bog‘liqligi.

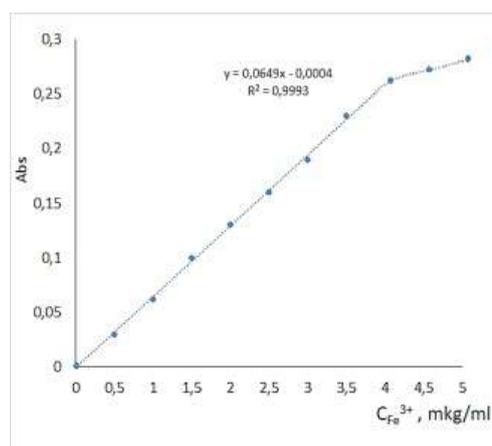
1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, toron I eritmasining nur yutilish spektri maksimal analitik signali 490 nm da kuzatildi. Toron I eritmasining optik zichligi kamayishi immobillanish sodir bo‘lganligidan dalolat beradi degan xulosa qilish mumkin.

2-rasmdan ko‘rinadiki, toron I reagentining immobillanishi uchun maqbul sorbent sifatida O‘zbekiston Milliy universiteti Polimerlar kimyosi kafedrasida sintez qilingan PPF-1 tolasi mos keladi, uning maksimal analitik signali 490 nm da qayd qilingan, bu esa toron I ning nur yutilish spektrida qayd etilgan to‘liq uzunligiga mos keladi.

Immobillangan toron I va sulfosalitsil kislotasi bilan Cu(II) va Fe(III) ionlari hosil qilgan komplekslarning Buger-Lambert-Ber qonuniga bo‘ysunishi va korrelyatsiya koeffitsiyenti topildi. Natijalar 3-4 rasmlarda keltirildi.



3-rasm. Immobillangan toron I bilan Cu(II) ioni hosil qilgan kompleksning Buger-Lambert-Ber qonuniga bo‘ysunishi va korrelyatsiya koeffitsiyenti grafigi.



4-rasm. Immobillangan sulfosalitsil kislotasi bilan Fe(III) ioni hosil qilgan kompleksning Buger-Lambert-Ber qonuniga bo‘ysunishi va korrelyatsiya koeffitsiyenti grafigi.

Cu(II) va Fe(III) ionlarini aniqlashning sorbsion-atom-absorbsion spektroskopik usuli yuqori aniqlikka ega ekanligi ko‘rsatilgan. Olingan natijalar shuni ko‘rsatyaptiki, Buger-Lambert-Ber qonuniga bo‘ysunish sohalari Cu(II) va Fe(III) ionlari uchun mos ravishda 0,001-4,000 va 0,005-4,000 mkg/ml ekanligi aniqlandi.

Cu(II) ioni toron I organik reagenti bilan va Fe(III) ioni SSK reagent bilan hosil qilgan komplekslarining spektral tavsiflari maqbul sharoitlarda aniqlandi, natijalar 2-3-jadvallarda keltirildi

2-jadval

Cu(II) va Fe(III) ionlarining immobillangan toron I va sulfosalitsil kislotasi bilan hosil qilgan komplekslarini olinishining maqbul sharoitlari

Metall ioni	Reagent	pH	Yutilish maksimumi, nm	Buger - Lambert- Ber qonuniga bo‘ysunishi	Reagent hajmi, ml	Sorbent massasi, g
Cu(II)	Toron I	5-5,5	580	0,001-4,000 mkg/ml	10,0	0,20
Fe(III)	SSK	2-2,5	510	0,005-4,000 mkg/ml	10,0	0,20

Keyingi tadqiqot ishlarida Cu(II) va Fe(III) ionlarining toron I va SSK bilan aniqlashning tanlangan maqbul sharoitlarda amalga oshirildi.

3-jadval

Cu(II) ioni toron I organik reagenti bilan hamda Fe(III) ioni sulfosalitsil kislotasi organik reagenti hosil qilgan kompleksining spektral tavsiflari

Metall ioni	Reagent	Kompleks rangi	pH	λ_{MeR} , nm	λ_{HR} , nm	$\Delta\lambda$
Cu(II)	Toron I	To‘q-ko‘k	5,0-5,5	580	490	90
Fe(III)	SSK	Qizg‘ish-binafsha	2,0-2,5	510	216	294

2-3-jadvallardan toron I va SSK reagentlari Cu(II) va Fe(III) ionlari bilan hosil qilgan komplekslarining kontrastligi yuqori ekanligi ko‘rinib turibdi, bu esa mazkur ionlarini aniqlash uchun sezgir analitik reagent sifatida qo‘llash imkoniyatini beradi.

Dissertatsiyaning “Mis(II) va temir(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlashning sharoitlarini maqbullashtirish” deb nomlangan to‘rtinchi bobida analitik signalga ta’sir etuvchi atom-absorbsion spektrometri parametrlari - monoxromator tirqishi kengligi, alangali atomizatsiya uchun yoqilg‘i tarkibi tanlangan, desorbent tarkibi, konsentratsiyasi va hajmi, metall ionlari konsentratsiyasi va konsentrlash vaqtiga analitik signalning bog‘liqligi topilgan. Cu(II) va Fe(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlashning ishlab chiqilgan uslubi keltirilgan. O‘tkazilgan tajribalarga asoslanib Cu(II) va Fe(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlashning maqbul sharoitlari topildi. Natijalar 4-jadvalda keltirildi.

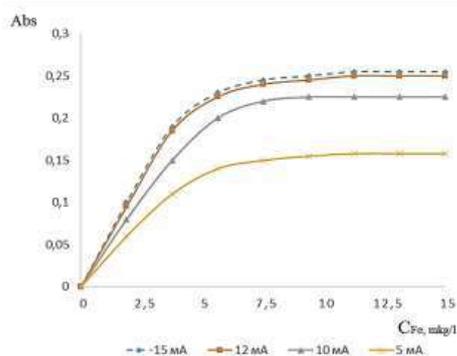
Alanga atomizatsiyali atom-absorbsion spektrometrik tahlilida analitik signalning g‘ovak katodli lampaning turli xil tok oqimida temir(III) konsentratsiyasiga bog‘liqligi aniqlandi. Natijalar 5-rasmda keltirildi.

Berilgan elementlarning quyi aniqlanish chegaralarining ishlab chiqilgan uslubning nisbiy standart chetlanishiga bog‘liqlik egrilari topildi (6-rasm).

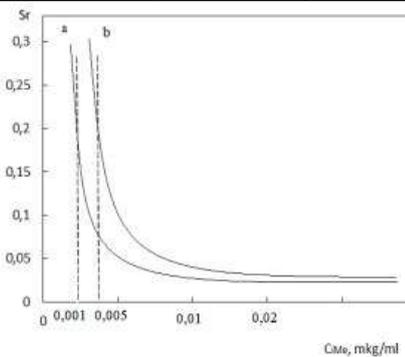
4-jadval

Mis(II) va temir(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlashning maqbul sharoitlari

Element	Cu	Fe
Rezonans chizig‘i to‘lqin uzunligi, nm	324,8	243,8
Monoxromator tirqishining kengligi, nm	0,7	0,2
G‘ovak katodli lampa toki, mA	8	12
Ionlarni atomizatsiyalash uchun yoqilg‘i tarkibi	Oksidlovchi asetilen-havo aralashmasi	Asetilen-havo
Elementning aniqlanish chegarasi (alanga atomizatsiyali AAS, ishlab chiqilgan usul bo‘yicha, mkg/ml)	0,001	0,005
Desorbent konsentratsiyasi va hajmi	15 ml 0,2 M	15 ml 0,5 M



5-rasm. Analitik signalning g‘ovak katodli lampaning turli xil tok oqimida temir(III) ionlari konsentratsiyasiga bog‘liqligi

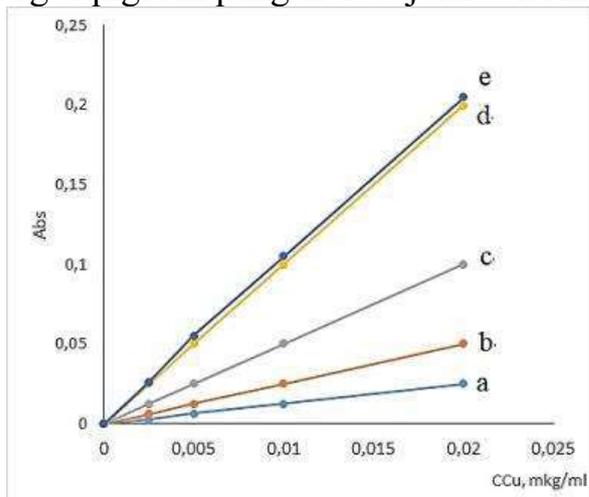


6-rasm. Cu(II) (a) va Fe(III)(b) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlash natijalarining nisbiy standart chetlanishining quyi aniqlanish chegarasiga bog‘liqligi.

5-rasmdan ko‘rinib turibdiki, atom-absorbsion spektrometrining analitik signali g‘ovak katodli lampaning 5 mA tok oqimida nisbatan sustroq, 10, 12 va 15 mA tok oqimlarida esa o‘zaro yaqin analitik signal kuzatiladi. Buni hisobga olgan holda, temirni aniqlash uchun optimal tok oqimi 12 mA ni tanlandi.

6-rasmda ishlab chiqilgan usul yordamida Cu(II) va Fe(III) ionini quyi aniqlash chegarasi “kiritildi-topildi” usuliga mos ravishda 0,001 mkg/ml va 0,005 mkg/ml ekanligi aniqlandi.

Cu(II) va Fe(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion (SAAS) aniqlashda analitik signalning konsentrlashning turlicha vaqtlarida metall konsentratsiyasiga bog‘liqligi aniqlangan. Natijalar 7-rasmda keltirildi.



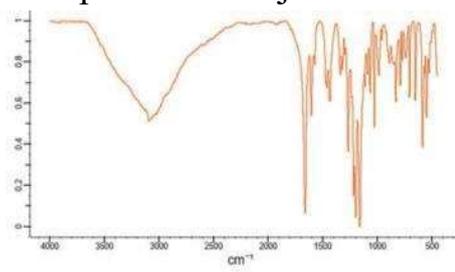
7-rasm. Konsentrlashning turlicha vaqtlarida Cu(II) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlashda analitik signalning eritmadagi metall konsentratsiyasiga bog‘liqligi: a-0 min; b-1 min; c-2 min; d-5 min; e-7 min.

7-rasmdan ko‘rinadiki, metallni konsentrlash vaqtining ortishi graduirlangan grafik burchagining mutanosib ravishda ortishiga va shunga mos holda eritmadagi mis ionini aniqlash sezgirligining oshishiga olib kelgan. 5 daqiqa davomida konsentrlash natijasida mis ionini aniqlash sezgirligi 10 baravar oshgan. Konsentrlash vaqtining ortishi bilan analitik signalning sezilarli o‘zgarish kuzatilmaganligi bois konsentrlashning maqbul vaqti etib 5 daqiqa tanlandi. Temir ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlashda analitik signal qiymatining eritmadagi metall konsentratsiyasiga bog‘liqligini aniqlashda optimal vaqt 7 daqiqa ekanligi eksperimental ravishda isbotlandi.

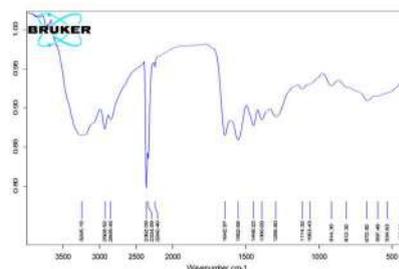
Dissertatsiyaning “Mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlashning sorbsion-atom-absorbsion usulining analitik qo‘llanilishi” deb nomlangan beshinchi bobida immobillangan toron I va SSK ning Cu(II) va Fe(III) ionlari bilan hosil qilgan komplekslari tarkibi va tuzilishini aniqlashning IQ-spektroskopiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi (SEM), rentgenofluoressent tahlillari natijalari keltirilgan, sun‘iy aralashmalar tarkibida Cu(II) va Fe(III) ionlarini aniqlashda begona ionlar ta’siri topilgan, ishlab chiqilgan usul tahlilning boshqa mustaqil usullari bilan raqobatbardoshligi baholangan, ishlab chiqilgan usul real obyektlar suv namunalari tahlilida qo‘llanilgan.

Cu(II) ionining PPF-1 sorbentiga immobillangan toron I reagenti bilan hamda Fe(III) ionining PPF-1 sorbentiga immobillangan SSK bilan hosil qilgan komplekslari tarkibini aniqlash uchun ularning IQ spektroskopik, skanerlovchi elektron mikroskopik va rentgenofluoressent analiz usullarida o‘rganildi. 8-rasmda SSK ning IQ-spektri, 9,10,11-rasm va 5-jadvalda PPF-1 sorbenti, unga

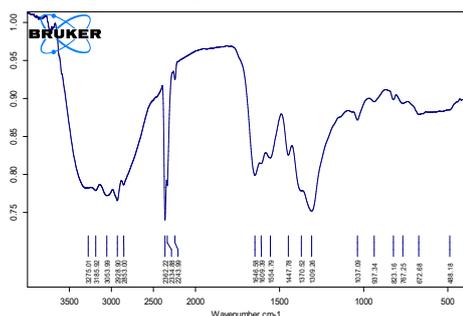
immobillangan SSK hamda Fe(III) ioni bilan hosil qilgan kompleksning IQ-spektroskopik tahlil natijalari keltirildi.



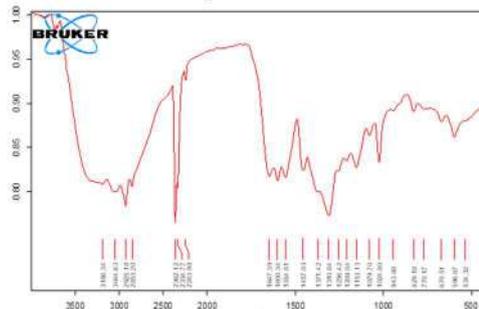
8-rasm. SSK reagentining IQ-spektri



9-rasm. PPF-1 sorbentining IQ-spektri



10-rasm. PPF-1 tolasiga immobillangan SSK reagentining IQ-spektri



11-rasm. Fe(III) ionini bilan PPF-1 sorbentiga immobillangan SSK hosil qilgan kompleksining IQ-spektri

5-jadval

PPF-1 sorbenti, immobillangan SSK va Fe(III) ioni bilan immobillangan SSK kompleksining IQ-spektroskopiya tahlili natijalari

Funksional guruhlar	$V_{PPF-1}, \text{sm}^{-1}$	$V_{ImR} \text{ (SSK.)}, \text{sm}^{-1}$	$V_{\text{kompleks Fe}}, \text{sm}^{-1}$
-OH	3245,10	3330-3184	3330-3186
-CH ₂ -	2928-2849	3030-2848	3044-2853
-P-H	2362	2362	2362
-P-O	1448	1448	1457
-N-H	1642	1627-1579	1647-1554
-C-H (Ar)	-	3053	3044
-C-O	-	1309	1310
-C=C- (Ar)	-	1609-1554	1600-1554
-S=O	-	1037	1079
-O-Me	-	-	670-534

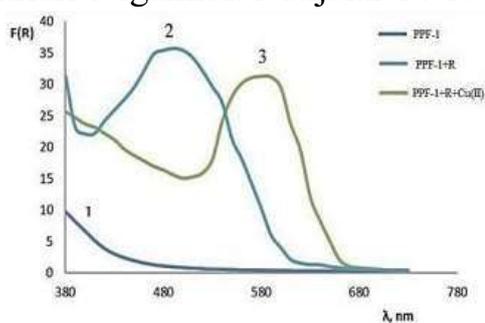
IQ-spektroskopik tahlil natijalaridan ko‘rinib turibdiki, PPF-1 sorbentiga SSK reagenti immobillangandan so‘ng reagentning aromatik halqadagi -C-H (sp^2) bog‘iga xos yangi 3053 sm^{-1} sohada, aromatik halqadagi -C=C- bog‘iga xos $1609-1554 \text{ sm}^{-1}$ sohada, karboksil guruhidagi -C-O bog‘iga xos 1309 sm^{-1} yutilish chiziqlari va -OH guruhiga xos $3330-3184 \text{ sm}^{-1}$ sohada kengayish kuzatildi. Mazkur o‘zgarishlar SSK reagentining PPF-1 sorbentiga immobillanganligidan dalolat beradi. Fe(III) ionlarining immobillangan SSK reagenti bilan hosil qilgan kompleks IQ-spektrlari o‘rganilganda $670-534 \text{ sm}^{-1}$ sohada -O-Me bog‘iga xos bo‘lgan yutilish chiziqlari paydo bo‘lganligi aniqlandi.

PPF-1 sorbenti, immobilangan toron I hamda Cu(II) ion bilan immobilangan toron I kompleksining rentgenoflyuoesent tahlil natijalari

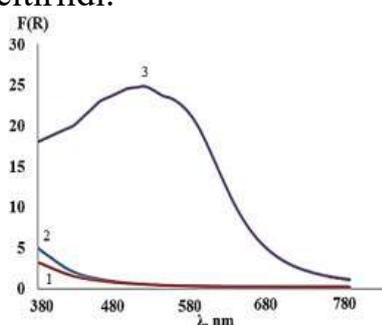
Tahlil namuna	qilingan	Cl, mass %	As, mass %	S, mass %	Cu, mass %
PPF-1+HCl		29,7	0,0007	0,144	0,0060
PPF-1+R		15,2	1,18	3,55	0,00335
PPF-1+R+Cu(II)		15,3	1,21	2,41	14,9000

Rentgenoflyuoesent tahlil natijalariga ko'ra, toron I immobilangan PPF-1 sorbenti namunasi tekshirilganda uning tarkibiga kiruvchi As va S elementlari aniqlanganligi immobilanish sodir bo'lganligidan dalolat beradi. 12-rasmda Cu(II) ionlari bilan immobilangan toron I hosil qilgan kompleks namunasi tekshirilganda esa Cu(II) ioniga tegishli yuqori intensivlikdagi cho'qqini ko'rishimiz mumkin, shuningdek uning massa jihatdan miqdori 14,9 % ekanligi aniqlandi. Natijalar ishlab chiqilgan usulning sezgirligi va tanlab ta'sir etuvchanligidan darak beradi.

Cu(II) ion va immobilangan toron I organik reagenti hamda Fe(III) ion va immobilangan sulfosalitsil kislotasining hosil qilgan kompleksining nur qaytarish spektrlari o'rganildi. Natijalar 14-15-rasmlarda keltirildi.



14-rasm. PPF-1 sorbenti (1), PPF-1 sorbentiga immobilangan toron I (2), Cu(II) ion bilan immobilangan toron I reagentining hosil qilgan kompleksi (3) nur qaytarish koeffitsiyentining (Kubelka-Munkning funksiyasi) to'lqin uzunligiga bog'liqligi.



15-rasm. PPF-1 sorbenti (1), PPF-1 sorbentiga immobilangan SSK (2), Fe(III) ionining immobilangan SSK reagent bilan hosil qilgan kompleksi (3) nur qaytarish koeffitsiyentining (Kubelka-Munkning funksiyasi) to'lqin uzunligiga bog'liqligi.

14-rasmda ko'rinadiki, immobilangan toron I 490 nm sohada, immobilangan toronning Cu(II) ion bilan hosil qilgan kompleksi esa 580 nm sohada analitik signal qayd etilgan, batoxrom siljish kuzatildi. Bu esa reaksiyaning kontrastligi yuqori ekanligi va sezgirligidan dalolat beradi.

15-rasmdan ko'rinadiki, PPF-1 sorbenti hamda PPF-1 sorbentiga immobilangan sulfosalitsil kislotasining nur qaytarish spektrlari yaqin, PPF-1 sorbentiga immobilangan sulfosalitsil kislotasi Fe(III) ion bilan hosil qilgan kompleksining analitik signali esa 510 nm da kuzatildi. Bu esa reaksiyaning sezgirligi haqida xulosa qilish mumkinligini ko'rsatadi.

Cu(II) va Fe(III) ionlarini binar, uchlamchi va murakkab model aralashmalarda va sanoat chiqindi suvlari, texnik suvlar tarkibida ishlab chiqilgan usul bilan aniqlash o'tkazildi. Natijalar 8-9 jadvallarda keltirildi.

8-jadval

Sun'iy aralashmalarda Cu(II) ionini immobillangan toron I yordamida aniqlash natijalari (P=0,95; n=5)

Tahlil qilingan aralashma tarkibi	Ionlar nisbati	Kiritildi Cu ²⁺ , mkg	Topildi Cu ²⁺ , mkg $\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$	S	Sr
Cu ²⁺ + Mn ²⁺	1:20	20,0	19,84±0,26	0,230	0,012
Cu ²⁺ + Ni ²⁺	1:20		19,78±0,31	0,268	0,014
Cu ²⁺ + Co ²⁺ + Ni ²⁺	1:50:20		19,70±0,36	0,316	0,016
Cu ²⁺ + Ca ²⁺ + Mg ²⁺	1:50:50		19,68±0,38	0,335	0,017
Cu ²⁺ +Na ⁺ +K ⁺ +NH ₄ ⁺ +Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +Co ²⁺ +Mn ²⁺ +Ni ²⁺	1:300:300:300:50:50:20:20:20		19,68±0,38	0,335	0,017

9-jadval

Sun'iy aralashmalarda Fe(III) ionini immobillangan SSK yordamida aniqlash natijalari (P=0,95; n=5)

Tahlil qilingan aralashma tarkibi	Ionlar nisbati	Kiritildi Fe ³⁺ , mkg	Topilgan, Fe ³⁺ mkg $\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$	S	Sr
Fe ³⁺ + Al ³⁺	1:50	20,0	19,85±0,25	0,218	0,011
Fe ³⁺ + Cu ²⁺	1:50		19,82±0,28	0,248	0,012
Fe ³⁺ + Al ³⁺ + Cu ²⁺	1:50:50		19,80±0,27	0,236	0,012
Fe ³⁺ +Ca ²⁺ + Mg ²⁺	1:100:100		19,78±0,31	0,269	0,014
Fe ³⁺ +Na ⁺ + K ⁺ +Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +Cu ²⁺ +Al ³⁺	1:100:100:100:100:50:50		19,72±0,38	0,333	0,017

8- va 9-jadvallardan ko‘rinib turibdiki, ishlab chiqilgan sorbsion-atom-absorbsion usul yordamida Cu(II) va Fe(III) ionlarini binar, uchlamchi va murakkab model aralashmalarda qo‘llanilganda nisbiy standart chetlanish 0,017 dan oshmaydi, bu esa ishlab chiqilgan usulning to‘g‘riligi va qayta takrorlanuvchanligini ko‘rsatadi.

Ishlab chiqilgan sorbsion-atom-absorbsion usuli yordamida Cu(II) va Fe(III) ionlarini PPF-1 sorbentiga immobillangan toron I va SSK yordamida aniqlashning to‘g‘riligi va qayta takrorlanuvchanligi “kiritildi-topildi” usuli bilan baholandi. Tahlil uchun Navoiy viloyati hududidagi sanoat korxonalarining chiqindi, texnogen hamda sanoat suvlari hamda ichimlik va yerosti suvlari namunalari olindi. Tadqiqot natijalari 10-jadvalda keltirib o‘tildi.

**Turli xil suvlar tarkibida Cu(II) va Fe(III) ionlarini sorbsion-atom-
absorbsion aniqlash (P=95, n=3)**

Aniqlanuvchi metall ioni	Immobilangan reagent	Namuna	Kiritildi Cu(II), mkg/l	Topildi mkg/l	S	S _r
Cu(II)	Toron I	Texnogen suv	0	3,31±0,02	0,010	0,003
			10,0	13,2±0,1	0,152	0,011
			20,0	23,14±0,1	0,055	0,002
		Chiqindi suv	0	1,3±0,02	0,010	0,008
			10,0	11,45 ± 0,09	0,050	0,004
			20,0	21,12 ± 0,03	0,015	0,001
		Sanoat suvlari	0	2,4±0,02	0,010	0,004
			10,0	12,1 ± 0,18	0,100	0,008
			20,0	22,78 ± 0,14	0,076	0,003
Fe(III)	SSK	Vodoprovod suvi	0	0,25±0,01	0,006	0,023
			10,0	10,2±0,02	0,010	0,001
			20,0	20,31±0,03	0,015	0,001
		Yerosti suvi	0	1,12±0,03	0,015	0,014
			10,0	11,2 ± 0,18	0,100	0,009
			20,0	21,12 ± 0,23	0,126	0,006
		Sanoat chiqindi suvi	0	1,32±0,05	0,029	0,022
			10,0	11,4 ± 0,18	0,100	0,009
			20,0	22,11 ± 0,04	0,023	0,001

Jadvaldan ko‘rinadiki, “kiritildi-topildi” usuli yordamida tekshirish natijalari ishlab chiqilgan usulning qayta takrorlanuvchanligi va to‘g‘riligini isbotlaydi. Bunda ishlab chiqilgan usulning nisbiy standart chetlanishi 0,023 dan oshmaydi.

Ishlab chiqilgan usul DavSt 54276-2010, DavSt 4011-72, inversion voltamperimetriya va spektrofotometriya usullari bilan solishtirildi. Har bir namuna uchun parallel aniqlashlar natijalari yaqinligini baholash uchun ikki mustaqil usul – Student va Fisher omillarini hisoblash orqali amalga oshirildi. Olingan natijalar 11-13-jadvallarda keltirildi.

**Texnogen suvlar tarkibida mis(II) ionini aniqlashda sorbsion-atom-
absorbsion (SAAS) va inversion voltamperimetriya (IV) usuli natijalarini
taqqoslash (n=12, f1= 11, P = 0,95)**

Tahlil obyekti	SAAS usuli		IV usuli	
	Namuna \bar{x} , mkg/l	S _r	Namuna \bar{x} , mkg/l	S _r
Sorbent (PPF-1)+R+Cu (II)	3,75	0,0151	3,71	0,0171
t-mezon	$t_{eksp} = 1,45; t_{jadv} = 2,83$		$t_{eksp} < t_{jadv}$	
F-mezon	$F_{eksp} = 1,31; F_{jadv} = 4,47$		$F_{eksp} < F_{jadv}$	

12-jadval

Texnogen suvlar tarkibida temir(III) ionini aniqlashning sorbsion-atom-absorbtsion (SAAS) usulini spektrofotometriya (SF) usuli bilan raqobatbardoshligini baholash (n=12, f1 = 11, P = 0,95)

Tahlil obyekti	SAAS usuli		SF usuli	
	Namuna \bar{x} , mkg/l	S _r	Namuna \bar{x} , mkg/l	S _r
Sorbent (PPF-1)+R+Fe(III)	0,41	0,011	0,40	0,012
t-mezon	$t_{eksp} = 1,09; t_{jadv} = 2,83$		$t_{eksp} < t_{jadv}$	
F-mezon	$F_{eksp} = 2,52; F_{jadv} = 4,47$		$F_{eksp} < F_{jadv}$	

Tahlil natijalarining Fisher va Styudent mezonlari asosida solishtirish shuni ko'rsatadiki, hisoblab topilgan F- va t-mezonlar qiymatlari nazariy jadval qiymatlaridan oshmaydi. Bu esa tahlil usullari natijalari o'rtasida sezilarli farqlar hamda sistematik xatolar yo'qligini ko'rsatadi.

13-jadval

Cu(II) va Fe(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbtsion aniqlash usul va DavSt usullari bilan raqobatbardoshligini baholash natijalari

№	Aniqlanuvchi parametrlar	Cu ²⁺		Fe ³⁺	
		Ishlab chiqilgan usul	DavSt (AAS) (54276-2010)	Ishlab chiqilgan usul	DavSt (fotometriya) (4011-72)
1	Muhit, pH	5-5,5	-	2,5-5	
2	Quyida aniqlanish chegarasi	1 mkg/l	0,05 mg/l	5 mkg/l	0,1 mg/l
3	Ishlatilgan organik reagent	Toron I	-	Sulfosalitsil kislotasi	Sulfosalitsil kislotasi
4	S _r	0,023	0,05-0,10	0,02	0,05-0,15

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, ishlab chiqilgan sorbsion-atom-absorbtsion usul bilan mis(II) va temir(III) ionlarini sanoat chiqindi va texnologik suvlaridan aniqlash mumkin.

XULOSALAR

- Mis(II) va temir(III) ionlarini aniqlash uchun toron I va sulfosalitsil kislotasi selektiv organik reagentlari hamda PPF-1 ion almashinadigan sorbenti tanlandi, ularning analitik xususiyatlarini saqlab qolgan holda polimer tashuvchilarda organik reagentlarni immobillash uchun maqbul sharoitlarni tanlandi.
- Mis(II) va temir(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbtsion aniqlashning maqbul sharoitlarni tanlandi. Ishlab chiqilgan usulda Cu(II) va Fe(III) ionlari komplekslarining Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunishi mos ravishda 0,001-4,000 va 0,005-4,000 mkg/ml oralig'ida ekanligi topildi.
- Immobilangan toron I va sulfosalitsil kislotasi (SSK) reagentlarining tarkibi va tuzilishini hamda mis(II) va temir(III) ionlari bilan hosil qilgan komplekslari IQ-spektroskopiyasi, skanerlovchi elektron mikroskopiyasi, rentgenofluorescent tahlil usullaridan foydalangan holda aniqlandi. Cu(II) bilan toron I va Fe(III) ionlari bilan sulfosalitsil kislotasi reagentlari hosil qilgan komplekslarning mol nisbatlari Ostromislenskiy-Job usuli bilan 1:1 ekanligi aniqlandi.

Tolmachyovning grafikli usulida haqiqiy molyar so'ndirish koeffisientlari Cu(II)-Imm_{toron I} kompleksi uchun $\epsilon_{\text{haq}}=23150$, Fe(III)-Imm_{SSK} kompleksi uchun $\epsilon_{\text{haq}}=21740$, muvozanat konstantalari $K_{\text{MCu}}=2,2 \cdot 10^5$ va kompleksning barqarorlik konstantalari $\beta_{\text{MLn}} = 5,95 \cdot 10^{11}$, $K_{\text{MFe}}=3 \cdot 10^5$ va kompleksning barqarorlik konstantalari $\beta_{\text{MLn}} = 2,48 \cdot 10^{17}$ ekanligi hisoblab topildi.

4. Sorbsion-atom-absorbsion usuli yordamida Cu(II) va Fe(III) ionlarini aniqlashning quyi aniqlanish chegarasi mos ravishda 0,001 va 0,005 mkg/ml ekanligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan usul raqobatbardoshligi DavSt 54276-2010, DavSt 4011-72, inversion voltamperimetriya va spektrofotometriya usullari bilan solishtirish orqali aniqlandi. Tahlil natijalari Fisher va Styudent mezonlari asosida solishtirishirildi, hisoblab topilgan F- va t-mezonlar qiymatlari nazariy jadval qiymatlaridan oshmasligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan usulning nisbiy standart chetlanishi 0,023 dan oshmaganligi kuzatildi, usulning to'g'riligi va qayta takrorlanuvchanligi tasdiqlandi.
5. Turli chiqindi suvlar va sun'iy aralashmalar tahlilida Cu(II) va Fe(III) ionlarini aniqlashning ishlab chiqilgan gibrid sorbsion-atom-absorbsion usuli qo'llanildi. Imobillangan toron I va sulfosalitsil kislotasi organik reagentlari yordamida Cu(II) va Fe(III) ionlarini sorbsion-atom-absorbsion aniqlash usuli «Navoiazot» AJ va «Navoiy kon metallurgiya kombinat» AJ larining analitik laboratoriyalarida sinovdan o'tdi va tarkibida Cu(II) va Fe(III) ionlari bo'lgan suvlar analizida qo'llashga tavsiya etildi.

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

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА

ЖУМАЕВА ЭЛЕОНОРА ШУХРАТОВНА

**РАЗРАБОТКА СОРБЦИОННО-АТОМНО-
АБСОРБЦИОННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ
Cu(II) И Fe(III) В СТОЧНЫХ ВОДАХ**

02.00.02 – Аналитическая химия

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

Ташкент – 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2023.4.PhD/K679.

Диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу Научного совета www.ik-kimyو.nuu.uz и информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу www.ziyonet.uz.

Научный руководитель

Рузметов Учкун Урунбоевич,
PhD, доцент

Официальные оппоненты:

Усмонова Хилола Уматалиевна,
доктор химических наук, доцент

Абдурахмонов Эргашбой,
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация

Институт общей и неорганической химии

Защита диссертации состоится «15» декабре 2023 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K.01.03 при Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Университетская, дом 4, Тел.: (+99871) 246-07-88, 277-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24, e-mail: chem0102@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана (зарегистрирован за № 181). Адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская, дом 4. Тел.: (+99871) 246-07-88, 227-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24, e-mail: pauka@nuu.uz

Автореферат диссертации разослан «30» 11 2023 г.
(протокол рассылки № 10 от «29» 11 2023 г.)



З.А.Сманова

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

Н.Х.Кутлимуратова

Учлен секретарь научного совета
по присуждению ученых
степеней, д.х.н., доцент

Б.Н.Бабаев

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире с развитием технологий увеличивается спрос на продукцию электротехнической, металлургической, транспортной и легкой промышленности на основе меди и железа. В техногенных и сточных водах этих производственных предприятий наряду с несколькими тяжелыми металлами содержатся ионы меди и железа, предлагаются различные методы их определения и извлечения. Однако низкая концентрация ионов металлов, сложность состава анализируемого объекта не всегда позволяют успешно провести анализ. Поэтому является важным разработку эффективных, простых, точных и чувствительных методов, позволяющих определять компоненты в сложных смесях.

Учёными во всем мире широко используются методы сорбционного определения путем предварительного концентрирования с помощью различных сорбентов с целью определения ионов меди и железа. Спектроскопические методы анализа, особенно атомно-абсорбционная спектроскопия отличаются своей чувствительностью и эффективностью при определении концентрации определяемого компонента на последующих стадиях предварительного концентрирования. С целью повышения сорбционных свойств сорбента все чаще используют органические реагенты. В связи с этим в последние годы является важной разработкой методов сорбционно-спектроскопического, в частности, сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов меди и железа.

В республике создаются условия для проведения научно-исследовательских работ по разработке удобных, экспрессных и экономически эффективных методов определения ионов меди и железа из состава сточных и техногенных вод предприятий химической промышленности. В данной области достигнуты научные и практические результаты по целенаправленному использованию местного сырья и получению новых сорбентов и определению ионов меди и железа из объектов окружающей среды. С целью повышения чувствительности, эффективности, селективности этих методов разрабатываются сорбционно-спектроскопические методы. Важное значение имеет разработка чувствительных, быстрых и удобных методов определения ионов меди и железа в сточных водах химических промышленностей нашей Республики.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», Указе Президента Республики Узбекистан № УП-5863 от 30 октября 2019 года «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года», Постановлении Кабинета Министров Республики Узбекистан № ПКМ-95 от 18 февраля 2020 года «Об утверждении общего технического регламента об экологической безопасности» а также в других нормативно-правовых документах, принятых

в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике: «VII. Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В настоящее время науке известно множество методов определения тяжелых и токсичных металлов. Тем не менее, с развитием аналитических методов анализа требования к повышению чувствительности и селективности определения элементов становятся всё выше и выше, что требует применения новых подходов. Одним из которых является гибридный сорбционно-атомно-абсорбционный метод с применением иммобилизованных органических реагентов. Во всем мире в научных центрах таких как Академия наук Российской Федерации, Московский государственный университет, Эрджиеский университет Турции, Ягеллонский университет Польши, университете Аристотеля в Греции, университет Сантьяго-де Компостела в Испании, Мумбайский химико-технологический университет, Иранский университет Шахида Чамрана ведут научные исследования по разработке экспрессных, высокочувствительных, селективных сорбционно-спектроскопических методов анализа с предварительным концентрированием на различных сорбентах. Можно отдельно выделить исследовательские работы зарубежных ученых, таких как Ю.А.Золотов, О.В.Кузнецов, В.В.Опенько, А.В.Данилова, В.П.Дедкова, М.А.Бабуев, С.Д.Татаева, С.Токалиоглу, М.Сойлак, С.Валас, А.Тобиац, Г.Цогац. М.С. Ебра-Бьюррун, А.Бермехо-Баррера, Ш.Тивари, Р.Саксена, Н.Поурреза, Р.Ховеизави которые ведут научные исследования в области сорбционно-спектроскопических и сорбционно-атомно-абсорбционных методов определения ионов тяжелых металлов. В их работах использованы различные силикагели, модифицированные кремнезёмы, природные цеолиты, полимерные мембраны и другие материалы в качестве подложек для органических реагентов.

В нашей стране в области сорбционно-спектроскопического определения ионов тяжелых металлов проводили исследования Джиянбаева Р.Х., Кабулов Б.Д., Шестерова И.П., Геворгян А.М., Сманова З.А., Турабов Н.Т., Абдурахманов Э., Насимов А. М. и др. Но до сих пор не проводились исследования по сорбционно-атомно-абсорбционному определению ионов меди и железа с применением иммобилизованных торона I и сульфосалициловой кислоты.

Связь темы диссертации с научно-исследовательской работой высшего учебного заведения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках фундаментальных и прикладных проектов плана научно-исследовательских работ Национального университета Узбекистана: ФЗ-20171024243 «Исследование физико-химических свойств иммобилизованных азореагентов при определении ионов кобальта и железа» (2018-2019 гг.), ФЗ-201908098 «Очистка каолинов от

оксидов железа» (2020-2022 гг.).

Целью исследования является разработка гибридного, чувствительного сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения ионов меди(II) и железа(III) в объектах окружающей среды с применением иммобилизованных органических реагентов.

Задачи исследования:

выбор селективного органического реагента и ионообменного сорбента для определения ионов меди(II) и железа(III), подбор оптимальных условий иммобилизации органических реагентов на полимерных носителях с сохранением их аналитических свойств;

подбор оптимальных условий проведения сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов меди(II) и железа(III);

определение химизма комплексообразования иммобилизованных органических реагентов с ионами меди(II) и железа(III), констант равновесия, состава комплексных соединений с использованием методов ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа, спектрофотометрии, спектроскопии диффузного отражения;

определение пределов обнаружения ионов меди (II) и железа (III) разработанным сорбционно-атомно-абсорбционным методом, оценка точности и конкурентоспособности метода;

применение разработанного гибридного сорбционно-атомно-абсорбционного метода в анализе объектах окружающей среды.

Объект исследования – образцы искусственных смесей, содержащих катионы Cu (II) и Fe (III), сточные воды промышленных предприятий Навоийской области и природные воды.

Предмет исследования – ионы Cu (II) и Fe (III), органические реагенты торон I и сульфасалициловая кислота, сорбент ППФ-1.

Методы исследования. Атомно-абсорбционная спектроскопия, спектроскопия диффузного отражения, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ, электрохимические методы, ИК-спектроскопия и методы математической статистики.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

для улучшения аналитических параметров носителей и повышения чувствительности установлены аналитические и метрологические характеристики иммобилизации торона I и сульфасалициловой кислоты в зависимости от структуры функциональных и аналитико-активных групп;

подобраны оптимальные условия комплексообразования иммобилизованных торона I и сульфасалициловой кислоты с ионами меди(II) и железа(III) и доказано, что молярные соотношения комплексных соединений равны 1:1, константы устойчивости комплексов $\beta_{CuL}=5,95 \cdot 10^{11}$ и $\beta_{FeL}=2,48 \cdot 10^{17}$.

установлена концентрация ионов, мешающих определению ионов меди и железа, разработанный метод применен к анализу искусственных смесей;

проведено сорбционно-атомно-абсорбционное определение содержания ионов меди (II) и железа (III) в природных и сточных водах Навоийской области, правильность методики сопоставлена с методами инверсионной вольтамперометрии и спектрофотометрии и доказано, что относительное стандартное отклонение не превышает 0,023.

Практические результаты исследования заключаются в следующем: разработан селективный и чувствительный сорбционно-атомно-абсорбционный метод определения ионов меди(II) и железа(III) с использованием иммобилизованных торона I и сульфосалициловой кислоты, которые применены к анализу различных вод (природных, сточных и питьевых вод);

на основании определения ионов меди(II) и железа(III) с использованием торона I и сульфосалициловой кислоты разработан гибридный, селективный и чувствительный сорбционно-атомно-абсорбционный метод, который применен к анализу сточных вод предприятий Навоийской области;

разработан сорбционно-атомно-абсорбционный метод, позволивший улучшить метрологические характеристики, такие как чувствительность, правильность, воспроизводимость с применением иммобилизованных торона I и сульфосалициловой кислоты в анализе различных объектах окружающей среды.

Достоверность полученных результатов исследования подтверждается полученными экспериментальными результатами современных методов анализа, таких как ИК-спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия, рентгенофлуоресцентный анализ, оптическая молекулярная и атомно-абсорбционная спектроскопия, а также на основе общепринятых стандартов, метода “введено-найдено” и сравнительного анализа, разработанный метод сравнен с методами ГОСТ 54276-2010, ГОСТ 4011-72, инверсионной вольтамперометрии и спектрофотометрии. Полученные результаты были переработаны методами математической статистики – критериями Стьюдента и Фишера.

Научная и практическая значимость результатов исследования Научная значимость результатов исследования состоит в том, что найдены оптимальные условия иммобилизации торона I и сульфосалициловой кислоты на волокнистый сорбент ППФ-1, повышение селективности относительно к ионам меди(II) и железа(III). Улучшены аналитические и метрологические характеристики гибридного сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов меди(II) и железа(III) за счёт иммобилизации органических реагентов.

Практическая значимость исследования заключается в том, что применение разработанной сорбционно-атомно-абсорбционной методики определения ионов меди(II) и железа(III) к анализу объектов окружающей среды, в частности, сточных вод промышленных предприятий Навоийской области, служит решению экологических проблем химии.

Внедрение результатов исследования. На основании результатов исследований по разработке сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения ионов меди(II) и железа(III) из промышленных сточных вод:

сорбционно-атомно-абсорбционный метод определения ионов меди(II) и железа(III) иммобилизованными органическими реагентами испытан и рекомендован к применению на практике в аналитической лаборатории АО «Навоиазот» Навоийской области при анализе сточных вод (справка АО «Навоиазот» № 01-8/5297 от 19 июля 2021 года). При использовании иммобилизованных органических реагентов определены ионы меди(II) и железа(III) в сточных водах АО «Навоиазот»;

метод обнаружения ионов меди(II) и железа(III) иммобилизованными органическими реагентами испытан и рекомендован к применению к анализу объектов содержащих Cu(II) и Fe(III) в аналитической лаборатории АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» при анализе сточных вод (справка акционерного общества «Навоийский горно-металлургический комбинат» № 23.01-01-07/806 от 6 декабря 2022 года). В результате определены ионы меди(II) и железа(III) в сточных водах АО «НГМК».

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 6, в том числе 3 международных и 3 Республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, из них 5 научных статей, в том числе 3 в Республиканских рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD) и 2 статьи международных журналах, индексируемых в базах Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 110 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении приведены актуальность работы, цели и задачи, объект и предметы исследования, научная новизна и практические результаты исследования, теоретическая и практическая значимость достигнутых результатов, внедрение результатов исследования.

В первой главе диссертации под названием «**Прикладные аспекты определения ионов меди и железа (обзор литературы)**», представлен анализ имеющихся данных по ионам меди и железа, физико-химическим методам их определения, различным сорбентам и органическим реагентам, применяемых в процессе определения, атомно-абсорбционным и сорбционно-атомно-абсорбционным методам определения.

Систематизированы результаты определения ионов меди и железа с помощью органических реагентов на различных объектах. Согласно литературным данным используют фотометрическое определение железа с помощью реагента сульфосалициловой кислоты, но не было отмечено данных

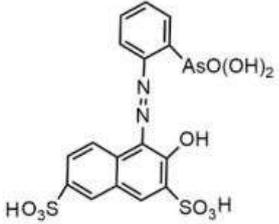
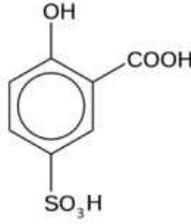
об иммобилизации сульфосалициловой кислоты с предварительным концентрированием на различные матрицы с последующим атомно-абсорбционным спектроскопическим определением. Также было обнаружено, что свойства комплекса торона I с ионами Cu(II) не изучались в литературе.

Во второй главе диссертации «Используемые реактивы, оборудование и вспомогательные устройства для определения ионов меди(II) и железа(III). Методика проведения эксперимента» приведены приборы, оборудования, реактивы, методы приготовления стандартных и рабочих растворов ионов меди(II) и железа(III) и органических реагентов, использованные в ходе исследования.

Структурные формулы торона I и сульфосалициловой кислоты, применяемых в исследовании приведены в таблице 1.

Таблица 1

Структурные формулы органических реагентов

Название органического реагента	Торон I (4-[(2-арсонофенил)азо]-3-гидрокси-2,7-нафталин-дисульфокислота)	Сульфосалициловая кислота (2-гидрокси-5-сульфобензойная кислота, ССК)
Формула Брутто, г/моль	$C_{16}H_{13}AsN_2O_{10}S_2$ 532,33	$C_7H_6O_6S$ 218,19
Структурная формула		

В третьей главе диссертации «Подбор оптимальных условий иммобилизации органических реагентов на носителе и комплексообразования ионов Cu(II) и Fe(III)» приведены оптимальные условия иммобилизации торона I и сульфосалициловой кислоты и комплексообразования их с ионами Cu(II) и Fe(III) (выбор оптимального сорбента, влияние среды раствора, подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера). Определены молярные соотношения металлов и реагентов в составе комплексов, вычислены истинные молярные коэффициенты, константы равновесий реакций и константы устойчивости комплексов меди и железа с иммобилизованными органическими реагентами.

Изучены спектры поглощения раствора органического реагента торон I и спектры отражения сорбентов до и после проведения иммобилизации. Полученные результаты приведены на рисунках 1-2.

Найдены подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера и коэффициенты корреляции комплексов ионов Cu(II) и Fe(III) с иммобилизованными тороном I и ССК. Результаты приведены на рис.3-4.

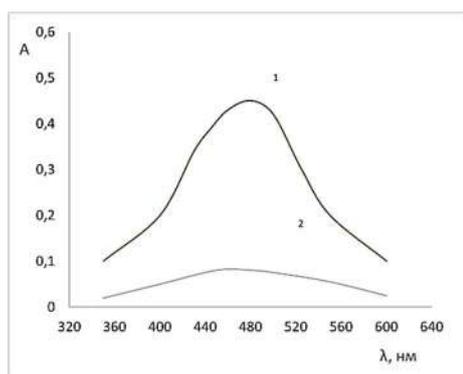


Рис.1. Спектры поглощения реагента торон I до (1) и после (2) иммобилизации ($C_R=20$ мкг/мл, $m_{\text{sorb}}=0,2$ г, $V_R=10$ мл, $t=30$ мин).

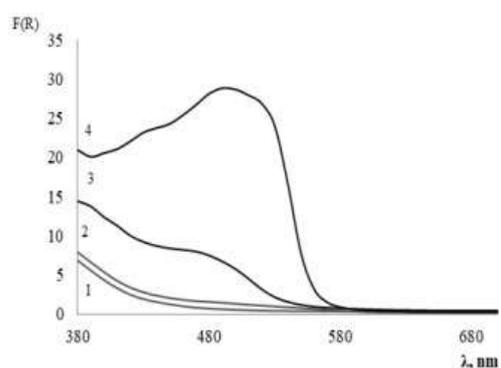


Рис.2. Зависимость коэффициента отражения (функция Кубелки-Мунка) от длины волны до (1 – ППА-1, 2 – ППФ-1) и после (3 – ППА-1, 4 – ППФ-1) иммобилизации торон I.

Как видно из рисунка 1, максимальный аналитический сигнал спектра поглощения раствора реагента торон I наблюдался при 490 нм. Уменьшение оптической плотности раствора торон I является основой для вывода об иммобилизации реагента.

Из рисунка 2 видно, что в качестве наиболее оптимального сорбента для иммобилизации реагента торон I подходит сорбент ППФ-1, синтезированный на кафедре химии полимеров Национального университета Узбекистана, максимальный аналитический сигнал торона I регистрируется при 490 нм, что соответствует длине волны, регистрируемой спектром поглощения раствора реагента.

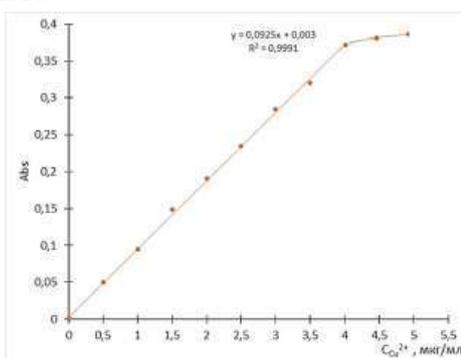


Рис.3. График подчинения закону Бугера-Ламберта-Бера и коэффициент корреляции комплекса ионов Cu(II) с иммобилизованным тороном.

Показана высокая точность сорбционно-атомно-абсорбционно-спектроскопического метода определения ионов Cu(II) и Fe(III). Полученные результаты показывают, что области, подчиняющиеся закону Бугера-Ламберта-Бера для ионов Cu(II) и Fe(III) были определены в пределах 0,001-4,000 и 0,005-4,000 мкг/мл, соответственно.

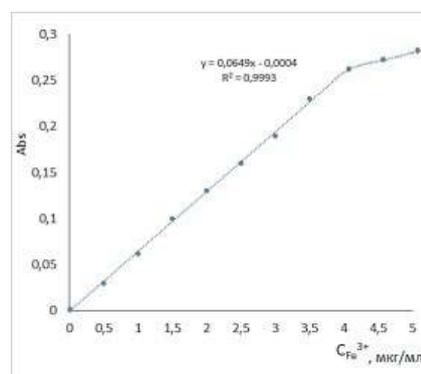


Рис.4. График подчинения закону Бугера-Ламберта-Бера и коэффициент корреляции комплекса ионов Fe(III) с иммобилизованной ССК.

Определены спектральные характеристики комплекса ионов Cu(II) с иммобилизованным торон I и комплекса Fe(III) с иммобилизованной сульфосалициловой кислотой в оптимальных условиях, результаты приведены в таблицах 2-3.

Таблица 2

Оптимальные условия комплексообразования ионов Cu(II) и Fe(III) с иммобилизованными торон I и сульфосалициловой кислотой

Ион металла	Реагент	pH	Максимум поглощения, нм	Подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера	Объем реагента, мл	Масса сорбента, г
Cu(II)	Торон I	5-5,5	580	0,001-4,000 мкг/мл	10,0	0,20
Fe(III)	ССК	2-2,5	510	0,005-4,000 мкг/мл	10,0	0,20

Последующие исследования определения ионов Cu(II) и Fe(III) иммобилизованными торон I и сульфосалициловой кислотой проводились в подобранных оптимальных условиях.

Таблица 3

Спектральные характеристики комплексообразования иона Cu(II) с иммобилизованным органическим реагентом торон I и иона Fe(III) с иммобилизованной сульфосалициловой кислотой

Ион металла	Реагент	Цвет комплекса	pH	λ_{MeR} , нм	λ_{HR} , нм	$\Delta\lambda$
Cu(II)	Торон I	Тёмно-синий	5-5,5	580	490	90
Fe(III)	ССК	Красно-фиолетовый	2-2,5	510	216	294

Как видно из данных таблиц 2-3, комплексы ионов Cu(II) и Fe(III) с иммобилизованными торон I и сульфосалициловой кислотой имеют высокую контрастность, что даёт возможность применения данных органических реагентов в качестве чувствительных аналитических реагентов.

В четвертой главе диссертации «Оптимизация условий сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов меди(II) и железа(III)» подобраны параметры атомно-абсорбционного спектрометра, влияющие на аналитический сигнал - ширина монохроматорной щели, состав горючего для атомизации ионов, найдены зависимости аналитического сигнала от состава десорбента, ее концентрации и объема, от концентрации ионов металлов и др. Представлена разработанная методика сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов Cu(II) и Fe(III). На основании проведенных опытов были найдены оптимальные условия сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов Cu(II) и Fe(III). Результаты представлены в таблице 4.

Определены зависимости аналитического сигнала при различных потоках тока лампы с полым катодом в атомно-абсорбционном спектрометрическом анализе с пламенной атомизацией от концентрации Fe(III). Результаты приведены на рис.5.

Построены кривые зависимости нижних определений заданных элементов от относительного стандартного отклонения разработанного метода (рисунок 6).

**Оптимальные условия сорбционно-атомно-абсорбционного
определения ионов Cu(II) и Fe(III)**

Элемент	Cu	Fe
Длина волны резонансной линии, нм	324,8	243,8
Ширина щели монохроматора, нм	0,7	0,2
Ток лампы с полым катодом, мА	8	12
Горючая смесь для атомизации ионов	Окислительная воздушно- ацетиленовая смесь	Ацетилен- воздух
Предел обнаружения элемента (пламенная атомизация ААС, по разработанному методу, мкг/мл)	0,001	0,005
Концентрация и объем десорбента	15 мл 0,2 М	15 мл 0,5 М

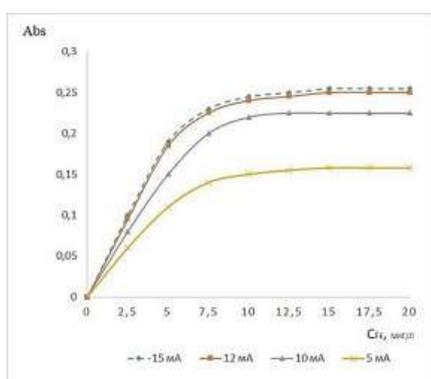


Рис.5. Зависимость аналитического сигнала при различном токе лампы с полым катодом от концентрации ионов железа(III).

Как видно на рис.5 аналитический сигнал атомно-абсорбционного спектрометра регистрируется при 5 мА токе лампы с полым катодом менее чем остальные, в то время как при 10, 12 и 15 мА токах лампы наблюдается близкий аналитический сигнал. Учитывая это оптимальным током для определения железа выбран 12 мА.

Как видно на рис.6, в соответствии методу «введено-найдено» с помощью разработанного метода определен предел обнаружения ионов Cu (II), который равен 0,001 мкг/мл и для ионов Fe(III) составляет 0,005 мкг/мл.

Определены зависимость величины аналитического сигнала при сорбционно-атомно-абсорбционном определении меди от концентрации металла в растворе при различном времени концентрирования. Результаты приведены на рис.7.

Как видно из рис.7 повышение времени концентрирования металла пропорционально приводит к увеличению угла наклона градуировочной зависимости, и соответственно, чувствительности определения меди в растворе.

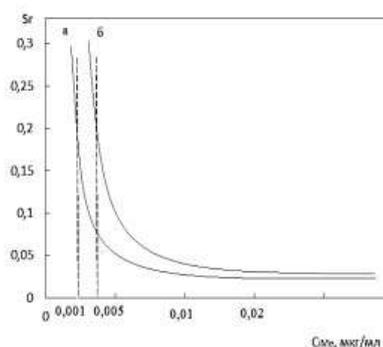


Рис.6. Зависимость относительного стандартного отклонения результатов сорбционно-атомно-абсорбционного определения Cu(II) (а) и Fe(III) (б) от их пределов обнаружения.

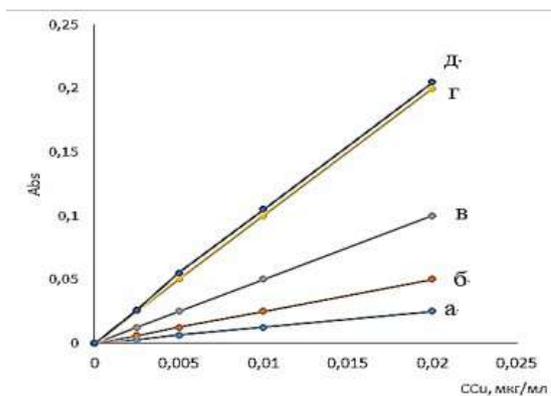


Рис.7. Зависимость величины аналитического сигнала при сорбционно-атомно-абсорбционном определении ионов Cu(II) от концентрации металла в растворе при различном времени концентрирования: а-0 мин; б-1 мин; в-2 мин; г-5 мин, д-7 мин.

При концентрировании в течении 5 минут увеличение чувствительности определения меди достигается в 10 раз. При последующем продолжении времени концентрирования аналитический сигнал изменялся с малым изменением, что стало основой для выбора оптимальным временем концентрирования 5 минут. Экспериментально доказано, что при определении зависимости величины аналитического сигнала при сорбционно-атомно-абсорбционном определении ионов железа от концентрации металла в растворе оптимальным временем является 7 минут.

В пятой главе диссертации «Аналитическое применение сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения ионов меди(II) и железа(III)» приведены результаты ИК-спектроскопических, сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), рентгенофлуоресцентных анализов определения состава и строения комплексов ионов Cu(II) и Fe(III) с иммобилизованными торонном и ССК на сорбенте ППФ-1, найдено влияние посторонних сопутствующих ионов на определение ионов Cu(II) и Fe (III) в искусственных смесях, оценена конкурентоспособность разработанного метода с другими независимыми методами анализа, разработанный метод применен в анализе образцах вод реальных объектов.

Для определения состава комплексов иона Cu(II) с иммобилизованным реагентом торон I, на сорбенте ППФ-1, и иона Fe (III) с иммобилизованной ССК на сорбенте ППФ-1, они были изучены ИК-спектроскопическими, сканирующей электронной микроскопией и рентгенофлуоресцентными методами анализа. На рисунке 8 приведены ИК-спектры ССК, на рисунках 9,10,11 и в таблице 5 приведены результаты ИК-спектроскопического анализа сорбента ППФ-1, иммобилизованной на нём ССК, а также её комплекса с ионами Fe(III).

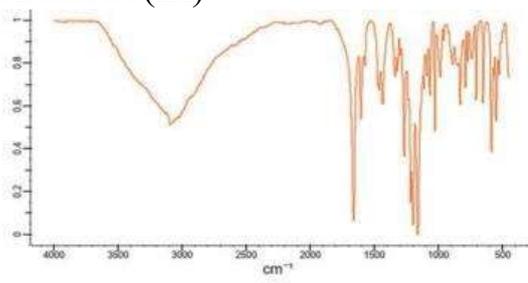


Рис.8. ИК-спектры ССК.

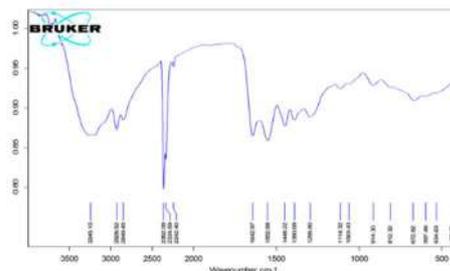


Рис.9. ИК-спектры сорбента ППФ-1

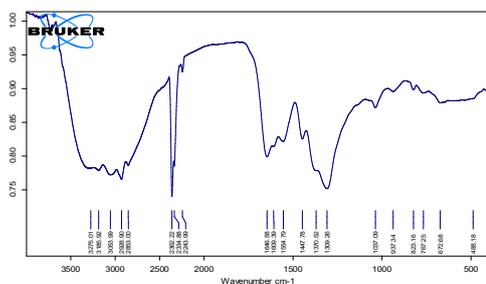


Рис.10. ИК-спектры иммобилизованной ССК на сорбенте ППФ-1.

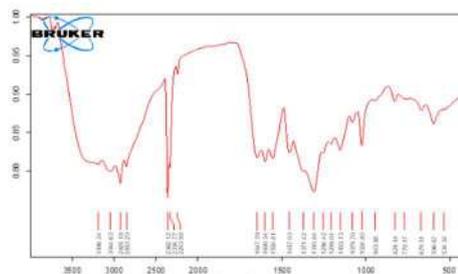


Рис.11. ИК-спектры комплекса иона Fe(III) с иммобилизованной ССК на сорбенте ППФ-1.

Таблица 5

Результаты ИК-спектров сорбента ППФ-1, иммобилизованного на нем ССК и комплекса ионов Fe(III) с иммобилизованной ССК

Функциональные группы	$V_{\text{ППФ-1}}, \text{см}^{-1}$	$V_{\text{ИМР (ССК)}, \text{см}^{-1}}$	$V_{\text{КОМП Fe}}, \text{см}^{-1}$
-ОН	3245,10	3330-3184	3330-3186
-CH ₂ -	2928-2849	3030-2848	3044-2853
-P-H	2362	2362	2362
-P-O	1448	1448	1457
-N-H	1642	1627-1579	1647-1554
-C-H (Ar)	-	3053	3044
-C-O	-	1309	1310
-C=C- (Ar)	-	1609-1554	1600-1554
-S=O	-	1037	1079
-O-Me	-	-	670-534

Из результатов ИК-спектроскопического анализа видно, что после иммобилизации реагента ССК на сорбент ППФ-1 наблюдается новые полосы поглощения в областях 3053 см^{-1} , соответствующей связи $\text{-C-H (sp}^2\text{)}$ ароматического кольца реагента, колебания в области $1609\text{-}1554 \text{ см}^{-1}$ характерны для связи -C=C- ароматического кольца, полосы поглощения в области 1309 см^{-1} свидетельствует о наличии связи -C-O карбоксильной группы и расширение в области $3330\text{-}3184 \text{ см}^{-1}$ характерное для -ОН группы. Данные изменения свидетельствуют о иммобилизации реагента ССК на сорбенте ППФ-1. При изучении ИК-спектров комплекса Fe(III) с иммобилизованной ССК наблюдается полосы поглощения в области $670\text{-}534 \text{ см}^{-1}$, характерные для связи -O-Me .

Результаты сканирующей электронной микроскопии комплекса, ионов Cu(II) с иммобилизованным тороном представлены на рисунке 12 и в таблице 6, результаты рентгенофлуоресцентного анализа на рисунке 13 и в таблице 7.

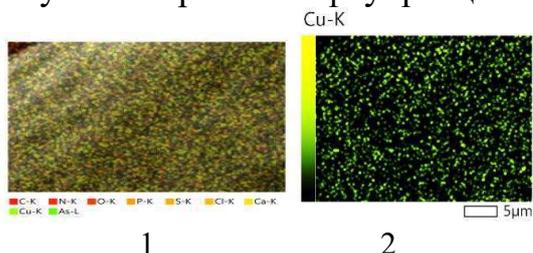


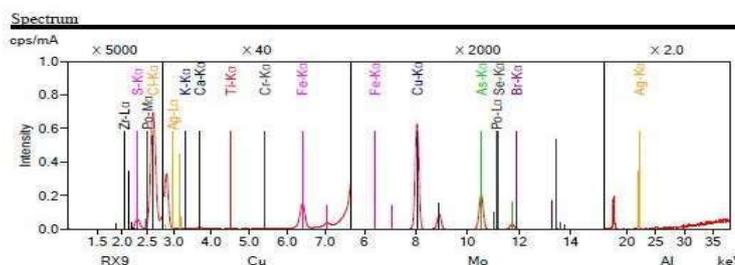
Рис.12. Микрофотографии распределения на поверхности сорбента различных элементов (1) и меди (2).

Таблица 6

**Результаты анализа сканирующей электронной микроскопии
комплекса ионов Cu(II) с иммобилизованным тороном I**

№	Образец	Состав, масс. % (n=3, P=0,95)							
		C	N	Cl	O	S	P	As	Cu
1	ППФ-1+ Cu(II)	40,05 ± 0,5	34,28± 0,2	2,03 ± 0,1	21,85 ± 0,2	-	0,02 ± 0,01	-	1,77 ± 0,01
2	ППФ- 1+торон I	43,9 ± 0,2	30,9 ± 0,4	12,3 ± 0,1	12,3 ± 0,3	0,20 ± 0,02	0,02 ± 0,02	0,37 ± 0,06	-
3	ППФ-1 + торон I + Cu(II)	29,8 ± 0,2	12,9 ± 0,2	21,1 ± 0,1	19,5 ± 0,2	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,02	0,07 ± 0,04	15,85 ± 0,30

По результатам сканирующей электронной микроскопии приведенных на рисунке 12 и в таблице 6 можно увидеть, как медь распределена на волокне сорбента равномерно, что свидетельствует о том, что произошла хемосорбция, и количество меди в сорбенте составляет 15,85%.



**Рис.13. Рентгенофлуоресцентный анализ комплекса ионов Cu(II) с
иммобилизованным тороном I на сорбенте ППФ-1.**

Таблица 7

**Результаты рентгенофлуоресцентного анализа сорбента ППФ-1,
иммобилизованного торона I и комплекса ионов Cu(II) с
иммобилизованным тороном I**

Анализируемый образец	Cl, масс.%	As, масс.%	S, масс.%	Cu, масс.%
ППФ-1+HCl	29,7	0,0007	0,144	0,0060
ППФ-1+R	15,2	1,18	3,55	0,00335
ППФ-1+R+Cu(II)	15,3	1,21	2,41	14,9000

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа образца сорбента ППФ-1 иммобилизованным тороном, определены элементы As и S, входящие в его состав, что свидетельствует о иммобилизации. При изучении образца комплекса ионов Cu(II) с иммобилизованным тороном можно увидеть пик высокой интенсивности соответствующей иону Cu(II), изображенного на рисунке 12, также было обнаружено, что массовое содержание Cu(II) составляет 14,9 %. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа свидетельствует о чувствительности и избирательности разработанного метода.

Изучены спектры отражения комплекса ионов Cu(II) с иммобилизованным органическим реагентом торон I, а также комплекса ионов Fe(III) с иммобилизованной сульфасалициловой кислотой. Результаты представлены на рисунках 14-15.

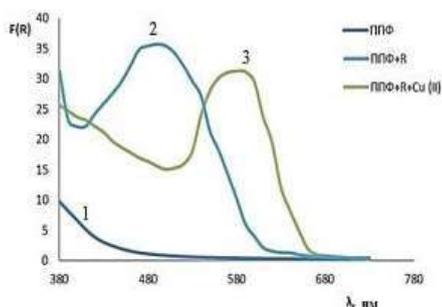


Рис.14. Зависимость коэффициента отражения (функция Кубелки-Мунка) от длины волны сорбента ППФ-1 (1), иммобилизованного торона на сорбенте ППФ-1 (2), комплекса иона Cu(II) с иммобилизованным торонам (3).

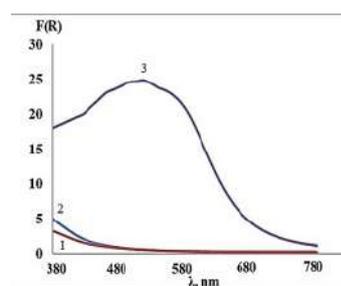


Рис 15. Зависимость коэффициента отражения (функция Кубелки-Мунка) от длины волны сорбента ППФ-1 (1), иммобилизованной ССК на ППФ-1 (2), комплекса иона Fe(III) с иммобилизованной ССК (3).

На рис. 14 аналитический сигнал иммобилизованного торона I наблюдается в области 490 нм, а аналитический сигнал комплекса ионов Cu(II) с иммобилизованным торонам в области 580 нм, при этом наблюдается батохромный сдвиг. Это свидетельствует о высокой контрастности и чувствительности реакции.

Как видно на рисунке 15 спектры отражения сорбента ППФ-1 и сульфасалициловой кислоты, иммобилизованной на сорбенте ППФ-1, близки, а аналитический сигнал комплекса ионов Fe(III) с иммобилизованной сульфасалициловой кислотой на сорбенте ППФ-1, наблюдался в области 510 нм, что свидетельствует о чувствительности реакции.

Проведено определение ионов Cu(II) и Fe(III) разработанным методом в составе бинарных, тройных и сложных модельных смесях, промышленных сточных и технических водах. Результаты приведены в таблице 8-9.

Таблица 8

Результаты определения ионов Cu(II) в искусственных смесях иммобилизованным торонам I (P=0,95; n=5)

Состав анализируемой смеси	Соотношение ионов	Введено Cu ²⁺ , мкг	Найдено Cu ²⁺ , мкг $\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$	S	S _r
Cu ²⁺ + Mn ²⁺	1:20	20,0	19,84±0,26	0,230	0,012
Cu ²⁺ + Ni ²⁺	1:20		19,78±0,31	0,268	0,014
Cu ²⁺ + Co ²⁺ + Ni ²⁺	1:50:20		19,70±0,36	0,316	0,016
Cu ²⁺ + Ca ²⁺ + Mg ²⁺	1:50:50		19,68±0,38	0,335	0,017
Cu ²⁺ +Na ⁺ +K ⁺ +NH ₄ ⁺ +Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +Co ²⁺ +Mn ²⁺ +Ni ²⁺	1:300:300:300:50:50:20:20:20		19,68±0,38	0,335	0,017

Таблица 9

**Результаты определения ионов Fe(III) в искусственных смесях
иммобилизованной ССК (P=0,95; n=5)**

Состав анализируемой смеси	Соотношение ионов	Введено Fe ³⁺ , мкг	Найдено Fe ³⁺ , мкг $\bar{X} \pm \Delta\bar{X}$	S	S _r
Fe ³⁺ + Al ³⁺	1:50	20,0	19,85±0,25	0,218	0,011
Fe ³⁺ + Cu ²⁺	1:50		19,82±0,28	0,248	0,012
Fe ³⁺ + Al ³⁺ + Cu ²⁺	1:50:50		19,80±0,27	0,236	0,012
Fe ³⁺ +Ca ²⁺ + Mg ²⁺	1:100:100		19,78±0,31	0,269	0,014
Fe ³⁺ +Na ⁺ + K ⁺ +Ca ²⁺ +Mg ²⁺ +Cu ²⁺ +Al ³⁺	1:100:100:100:100:50:50		19,72±0,38	0,333	0,017

Как видно из 8- и 9-таблицы, при определении ионов Cu(II) и Fe(III) разработанным сорбционно-атомно-абсорбционным методом в бинарных, тройных и сложных модельных смесях относительное стандартное отклонение не превышает 0,017, что указывает на правильность и воспроизводимость метода.

Точность и воспроизводимость разработанного сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения ионов Cu(II) и Fe(III) иммобилизованными реагентами торон I и ССК на сорбенте ППФ-1 оценивали методом «введено-найденно». Для анализа были выбраны образцы промышленных, сточных, техногенных вод Навоийской области, а также питьевых вод и вод из скважины. Результаты исследования приведены в таблице 10.

Таблица 10

Сорбционно-атомно-абсорбционное определение ионов Cu(II) и Fe(III) в различных водах (P=0,95, n=3)

Определяемый ион металла	Иммобилизованный реагент	Образец	Введено, мкг/л	Найдено мкг/л	S	S _r
Cu(II)	Торон I	Техногенные воды	0	3,31±0,02	0,010	0,003
			10,0	13,2±0,1	0,152	0,011
			20,0	23,14±0,1	0,055	0,002
		Сточные воды	0	1,3±0,02	0,010	0,008
			10,0	11,45 ± 0,09	0,050	0,004
			20,0	21,12 ± 0,03	0,015	0,001
		Промышленные воды	0	2,4±0,02	0,010	0,004
			10,0	12,1 ± 0,18	0,100	0,008
			20,0	22,78 ± 0,14	0,076	0,003
Fe(III)	ССК	Водопроводная вода	0	0,25±0,01	0,006	0,023
			10,0	10,2±0,02	0,010	0,001
			20,0	20,31±0,03	0,015	0,001
		Вода из скважины	0	1,12±0,03	0,015	0,014
			10,0	11,2 ± 0,18	0,100	0,009
			20,0	21,12 ± 0,23	0,126	0,006
		Промышленные сточные воды	0	1,32±0,05	0,029	0,022
			10,0	11,4 ± 0,18	0,100	0,009
			20,0	22,11 ± 0,04	0,023	0,001

Из таблицы видно, применение метода «введено-найденно» подтверждает точность и воспроизводимость разработанного метода. При этом относительное стандартное отклонение разработанного метода не превышает 0,023.

Разработанный метод сравнивался с методами ГОСТ 54276-2010, ГОСТ 4011-72, инверсионной вольтампериметрии и спектрофотометрии. Оценку сходимости результатов параллельных определений для каждого образца проводили при помощи расчета двух независимых методов – критериев Стьюдента и Фишера. Результаты приведены в таблицах 11-13.

Таблица 11

Оценка сравнительных результатов определения ионов меди(II) в техногенных водах методами сорбционно-атомно-абсорбционной спектроскопии (СААС) и инверсионной вольтамперометрии (ИВ) (n=12, f1= 11, P = 0,95)

Объект анализа	Метода СААС		Метод ИВ	
	Образец \bar{x} , мкг/л	S _r	Образец \bar{x} , мкг/л	S _r
Сорбент(ППФ-1)+R+Cu (II)	3,75	0,0151	3,71	0,0171
t-критерий	T _{эксп} = 1,45; t _{табл} = 2,83		t _{эксп} < t _{табл}	
F-критерий	F _{эксп} = 1,31; F _{табл} = 4,47		F _{эксп} < F _{табл}	

Таблица 12

Оценка конкурентоспособности метода сорбционно-атомно-абсорбционного определения (СААС) ионов железа(III) в техногенных водах с методом спектрофотометрии (СФ) (n=12, f1 = 11, P = 0,95)

Объект анализа	Метода СААС		Метод СФ	
	Образец \bar{x} , мкг/л	S _r	Образец \bar{x} , мкг/л	S _r
Сорбент(ППФ-1)+R+Fe(III)	0,41	0,011	0,40	0,012
t-критерий	t _{эксп} = 1,09; t _{табл} = 2,83		t _{эксп} < t _{табл}	
F-критерий	F _{эксп} = 2,52; F _{табл} = 4,47		F _{эксп} < F _{табл}	

Сопоставление результатов анализов по критериям Фишера и Стьюдента показало, что рассчитанные значения F- и t- критериев не превышают табличные значения. Это указывает отсутствие значимых расхождений между результатами методов и систематической ошибки.

Таблица 13

Оценка конкурентоспособности сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения ионов Cu(II) и Fe(III) с методами ГОСТ

№	Определяемые параметры	Cu ²⁺		Fe ³⁺	
		Разработанный метод	ГОСТ 54276-2010 (ААС)	Разработанный метод	ГОСТ 4011-72 (фотометрия)
1	Среда, pH	5-5,5	-	2-2,5	
2	Предел обнаружения	1 мкг/л	0,05 мг/л	5 мкг/л	0,1 мг/л
3	Применяемый реагент	Торон I	-	Сульфосалициловая кислота	Сульфосалициловая кислота
4	S _r	0,023	0,05-0,10	0,02	0,05-0,15

Как видно из вышеуказанных данных, с помощью разработанного сорбционно-атомно-абсорбционного метода можно обнаружить ионы меди(II) и железа(III) в промышленных сточных и технологических водах.

ВЫВОДЫ

1. Для определения ионов меди(II) и железа(III) были подобраны селективные органические реагенты – Торон I и сульфосалициловая кислота, а также ионообменный сорбент – ППФ-1, подобраны оптимальные условия иммобилизации органических реагентов на полимерных носителях с сохранением их аналитических свойств.
2. Подобраны оптимальные условия для сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов меди (II) и железа (III). В разработанном методе обнаружено подчинение комплексов ионов Cu(II) и Fe(III) закону Бугера-Ламберта-Бера в диапазоне 0,001-4,000 и 0,005-4,000 мкг/мл соответственно.
3. С помощью методов ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа определили состав и структуру иммобилизованных реагентов торон I и сульфосалициловой кислоты (ССК), а также их комплексов с ионами меди(II) и железа (III). Установлено, что молярные соотношения комплексов, образованных ионами Cu (II) с иммобилизованным реагентом торон I и ионов Fe(III) с иммобилизованной сульфосалициловой кислотой составляют 1:1 методом Остромысленского-Жоба. Графическим методом Толмачева рассчитаны истинный молярный коэффициент погашения $\epsilon_{\text{ист}}=23150$ для комплекса Cu(II)-ИммТорон I, $\epsilon_{\text{ист}}=21740$ для комплекса Fe (III) - ИммССК, константы равновесия $K_{\text{PCu}}=2,2 \cdot 10^5$ и константы устойчивости комплекса $\beta_{\text{MLn}}=5,95 \cdot 10^{11}$, $K_{\text{PFe}}=3 \cdot 10^5$ и константы устойчивости комплекса $\beta_{\text{MLn}}=2,48 \cdot 10^{17}$.
4. Определены пределы обнаружения ионов Cu(II) и Fe(III) сорбционно-атомно-абсорбционным методом, составляющих 0,001 и 0,005 мкг/мл соответственно. Конкурентоспособность разработанного метода определена сравнением с методами ГОСТ 54276-2010, ГОСТ 4011-72, инверсионной вольтампериметрии и спектрофотометрии. Сопоставлены результаты анализов по критериям Фишера и Стьюдента, рассчитанные значения F- и t-критериев не превышают табличные значения. Относительное стандартное отклонение разработанного метода не превышает 0,023, подтверждена правильность и воспроизводимость разработанного метода.
5. Разработанный гибридный сорбционно - атомно-абсорбционный метод определения ионов Cu(II) и Fe(III) был применен в анализе различных сточных вод и искусственных смесей. Метод сорбционно-атомно-абсорбционного определения ионов Cu(II) и Fe(III) с применением иммобилизованных органических реагентов торон I и сульфосалициловой кислоты апробирован в аналитических лабораториях АО «Навоизот» и АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» и рекомендован к применению при анализе вод, содержащих ионы Cu(II) и Fe(III).

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.K.01.03 AT THE
NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN

JUMAEVA ELEONORA SHUKHRATOVNA

**ELABORATION OF SORPTION-ATOMIC ABSORPTION METHOD FOR
DETERMINATION OF Cu(II) AND Fe(III) IONS IN WASTEWATER**

02.00.02 - Analytical chemistry

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

Tashkent - 2023

The theme of Doctor of Philosophy (PhD) has been registered by the Supreme attestation commission at the Ministry of the Higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2023.4.PhD/K679.

The dissertation was carried out at the National University of Uzbekistan.

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

Scientific supervisor:

Ruzmetov Uchkun,
PhD, docent

Official opponents:

Usmonova Khilola Umatalievna,
Doctor of chemical sciences, docent

Abdurakhmonov Ergashboy,
Doctor of chemical sciences, professor

Leading organization:

Institute of the general and inorganic chemistry

The defense of the dissertation will take place on « 15 » 12 2023 in « 14⁰⁰ » at the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K.01.03 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, Universitetical street, 4. Phone: (+99871) 227-12-24, Fax: (+99824) 246-53-21; 246-02-24. e-mail:chem0102@mail.ru).

The dissertation has been registered at the Informational Resource Centre of National University of Uzbekistan under № 181 (Address: 100174, University street, 4. Tashkent, Administrative Building of the National University of Uzbekistan, tel.: (+99871) 246-67-71).

The abstract of the dissertation has been distributed on « 30 » 11 2023 year

Protocol at the register № 10 dated « 29 » 11 2023 year



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

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

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

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is elaboration of hybrid, sensitive sorption-atomic absorption method for the determination of copper(II) and iron(III) ions in environmental objects using immobilized organic reagents.

The objects of the research work environmental objects, samples of natural and waste water of enterprises of the Navoi region, etc.

The scientific novelty of the research work has concluded in follows:

to improve the analytical parameters of carriers and increase the sensitivity of the determination of Cu (II) and Fe(III), analytical and metrological characteristics of the immobilization of thoron I and sulfasalicylic acid depending on the structure of functional and analytically active groups were established;

optimal conditions for the complexation of immobilized thoron I and sulfasalicylic acid with copper(II) and iron(III) ions were determined and it is proved that the molar ratios components of complex compounds are 1:1, the stability constants of the complexes were equal $\beta_{CuL}=5.95 \cdot 10^{11}$ and $\beta_{FeL}=2.48 \cdot 10^{17}$.

the concentration of ions to the determination of copper and iron ions has been established, the elaborated method has been applied to the analysis of artificial mixtures;

sorption-atomic absorption determination of the content of copper (II) and iron (III) ions in natural and waste waters of the Navoi region was carried out, the accuracy of the technique was compared with the methods of inversion voltammetry and spectrophotometry and it was proved that the relative standard deviation don't exceed 0.33.

Implementation of the research results. Based on the results of research by elaboration of a new sorption-atomic absorption method for the determination of copper(II) and iron(III) ions from industrial waste-water:

The sorption-atomic absorption method for the determination of copper(II) and iron(III) ions by immobilized organic reagents has been tested and recommended for use in practice in Navoiazot JSC of the Navoi region in the analysis of waste-water (reference of Navoiazot Joint Stock Company No. 01-8/5297 dated July 19, 2021). At using of immobilized organic reagents, ions of some heavy metals were determined in the waste-water of Navoiazot JSC;

method of detection of copper(II) and iron(III) ions by immobilized organic reagents was used in JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine» at analysis of waste-water (certificate of the joint-stock company "Navoi Mining and Metallurgical Combine" No. 23.01-01-07/806 dated December 6, 2022). As a result it became possible to determine copper(II) and iron(III) ions in waste-water.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of used literature and annexes. The volume of the dissertation is 110 pages.

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

I bo'lim (I часть; part I)

1. Халилова Л.М., Жумаева Э.Ш., Исакулов Ф.Б., Норматов Б.Р., Сманова З.А. Темир ионини аниқлашнинг сорбцион-фотометрик усулини ишлаб чиқиш // НамДУ илмий ахборотномаси. – 2021. – №7. – 63-69 б. (02.00.00., № 18)
2. Bobomurodova M.S., Ashirov M.A., Gafurova D.A., Shakhidova D.N., Khalilova L.M., Zhumaeva E.Sh. Polymer Sorbents from “Nitron Fiber Waste” // NeuroQuantology. – 2021. – V.19. – I.7. – pp.64-71 (Scopus – Q4).
3. Madusmanova N.K., Khalilova L.M., Zhumaeva E.Sh., Gafurova D.A., Smanova Z.A., Tozhimukhamedov Kh.S. Nitrosonaphthol Derivatives as Analytical Reagents for Cobalt Ions // Journ. of Analyt. Chem. – 2022. – V. 77. – No.1. – pp. 26-34 (Scopus – Q4).
4. Жумаева Э.Ш., Рузметов У.У., Сманова З.А. Изучение современных методов определения тяжелых металлов в сточных водах с предварительным концентрированием // Вестник НУУз. – 2022. – № 3/2/1. – с.360-363. (02.00.00., № 12)
5. Жумаева Э.Ш., Рузметов У.У., Сманова З.А. Методы определения тяжелых металлов в воде и токсическое влияние тяжелых металлов на жизнедеятельность организма // Науч.вестн.ФерГУ. – 2023. - №3. – с. 341-349. (02.00.00., № 17)

II bo'lim (II часть; part II)

6. Rakhimov S.B., Khalilova L.M., Zhumaeva E.Sh., Gafurova D.A., Smanova Z.A. (2020). Determination Of Tungsten By Solid Phase Spectroscopy Using Immobilized Reagents // The American Journal of Applied Sciences. – 2020. – 2(09). – pp. 244-254.
7. Рахимов С.Б., Эрматова О.А., Жумаева Э.Ш., Сманова З.А., Рузметов У.У. Иммобилизованный фенилфлуорон как чувствительный слой оптического сенсора на ионы ванадия // Самарқанд давлат университети илмий ахборотномаси. – 2020. – № 3(121). – 47-53 б.
8. Халилова Л.М., Жумаева Э.Ш., Сманова З.А. Иммобилизованный сульфосарзен как чувствительный слой оптического сенсора на ионы меди // Кимё-технология фанларининг долзарб муаммолари. Респ. илм.-амал. анжум. матер. Тошкент, 2021., 473-474 б.
9. Жумаева Э.Ш., Сманова З.А., Рузметов У.У. Разработка методики определения цинка и меди в сточных водах иммобилизованными органическими реагентами // Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муаммолари. Респ. илм.-амал. конф. тўпл. Термиз, 2022., 193-194 б.
10. Жумаева Э.Ш., Сманова З.А., Усманова Х.У., Бобожонов Х.Ш. Использование иммобилизованного эриохром красного В для сорбционно-спектроскопического определения токсичных металлов в водах //

- Оригинальные исследования (ОРИС). – 2022. – № 08. – С. 109-118.
11. Усманова Х.У., Бобожонов Х.Ш., Жумаева Э.Ш., Сманова З.А. Чувствительные слои оптических сенсорных устройств для определения ионов токсичных металлов // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – №89. – С.46-52.
 12. Жумаева Э.Ш., Рузметов У.У., Сманова З.А. Определение ионов меди, цинка и железа с иммобилизованными органическими реагентами // Energy-Earth-Environment-Engineering, Uzb.-Japan intern. conf. Tashkent, 2022., p.94.
 13. Жумаева Э.Ш., Рузметов У.У., Сманова З.А. Сорбционно-спектроскопическое определение железа иммобилизованными органическими реагентами // Современные проблемы химии координационных соединений. Международная науч.-прак. конф. Бухара, 2022., 236-237 б.
 14. Жумаева Э.Ш., Ражабова К.К., Рузметов У.У., Сманова З.А. Сорбционно-атомно-абсорбционное определение иона Cu (II) // Orolbo‘yi hududlarida kimyo va kimyoviy texnologiya rivojlanishining hozirgi zamon tendensiyalari. Сбор. респ. науч.-прак. конф. Нукус, 2023., с.187-188.
 15. Жумаева Э.Ш., Рузметов У.У., Ражабова К.К., Сманова З.А., Холбоева М.Б., Хамидов Ш.А. Разработка гибридного сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения иона Cu (II) // Фундаментальные и практические аспекты функциональных полимеров: Сбор. матер. науч.-практ. междунар. конф. Ташкент, 2023., с.452-453.
 16. Жумаева Э.Ш., Ахмаджанов О.Г., Эшмуминов К.А., Рузметов У.У., Сманова З.А. Разработка гибридного сорбционно-атомно-абсорбционного метода определения иона Fe(III) // Фараби Элеми.: Сборн. междунар. конф. Алмата (Казахстан), 2023., с.279.
 17. Jumayeva E.Sh, Ruzmetov U.U. Smanova Z.A. Sorption-atomic absorption determination of Cu (II) and Fe (III) ions by immobilized reagents Thoron I and sulfasalicylic acid // Актуальные вопросы и тенденции развития современной фармацевтической отрасли: Сбор. матер. науч.-практ. респ. конф. Ташкент, 2023., с.93-94.
 18. Жумаева Э.Ш., Ражабова К.К., Рузметов У.У., Сманова З.А. Сорбционно-атомно-абсорбционное определение ионов Cu (II) и Fe(III) из сточных вод, с применением органических реагентов торон I и сульфосалициловая кислота // Аналитик кимёнинг долзарб муаммолари: илм.-амал. анжум. матер. тўпл. Тошкент, 2023., с.447.
 19. Жумаева Э.Ш. Определение ионов Cu(II) и Fe(III) атомно-абсорбционной спектроскопией с предварительным центрированием // Перспективы развития целлюлозы и её производных. Сбор. науч. труд. междунар. науч.-техн. конф. Ташкент, 2023., с.315-316.

