

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

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

TODJIYEV JAMOLIDDIN NASIRIDDINOVICH

**ATROF-MUHIT OBYEKTARIDAN NAFTALIN ASOSIDAGI YANGI
ORGANIK REAGENTLAR BILAN AYRIM OG‘IR VA ZAHARLI
METALL IONLARINI SPEKTROFOTOMETRIK ANIQLASH
USULLARINI ISHLAB CHIQISH**

02.00.02 – Analitik kimyo

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

**KIMYO FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent - 2025

Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора наук (DSc)

Content of the abstract dissertation of doctor of science (DSc)

Todjiyev Jamoliddin Nasiriddinovich

Atrof-muhit obyektlaridan naftalin asosidagi yangi organik reagentlar bilan ayrim ogʻir va zaharli metall ionlarini spektrofotometrik aniqlash usullarini ishlab chiqish.....3

Тоджиев Жамолиддин Насириддинович

Разработка спектрофотометрических методов определения ионов некоторых тяжёлых и токсичных металлов новыми органическими реагентами на основе нафталина в объектах окружающей среды.....31

Todjiev Jamoliddin

Development of spectrophotometric methods for the determination of some ions of heavy and toxic metals using new organic reagents based on naphthalene in environmental objects.....61

Eʼlon qilingan ishlar roʻyxati

Список опубликованных работ

List of published works.....66

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

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

TODJIYEV JAMOLIDDIN NASIRIDDINOVICH

**ATROF-MUHIT OBYEKTLARIDAN NAFTALIN ASOSIDAGI YANGI
ORGANIK REAGENTLAR BILAN AYRIM OG‘IR VA ZAHARLI
METALL IONLARINI SPEKTROFOTOMETRIK ANIQLASH
USULLARINI ISHLAB CHIQISH**

02.00.02 – Analitik kimyo

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

**KIMYO FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent - 2025

Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.1.DSc/K141 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi O'zbekiston Milliy universitetida bajarilgan.

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

Ilmiy maslahatchilar:

Smanova Zulayxo Asanaliyevna
kimyo fanlari doktori, professor

Turayev Xayit Xudaynazarovich
kimyo fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Yaxshiyeva Zuxra Ziyatovna
kimyo fanlari doktori, professor

Sottiqulov Elyor Sotimboyevich
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

Usmanova Xilola Umataliyevna
kimyo fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Umumiy va noorganik kimyo instituti

Dissertatsiya himoyasi O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi Ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/30.12.2019.K.01.03 raqamli Ilmiy kengash asosidagi Bir martalik Ilmiy kengashning 2025-yil «17» 04 soat «11⁰⁰» dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100174, Toshkent shahri, Universitet ko'chasi, 4-uy. Tel.: (99871) 246-07-88, faks: (+99871) 246-02-24; e-mail: ilmiy_kengash@nuuuz.uz).

Dissertatsiya bilan O'zbekiston Milliy universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (46 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil 100174, Toshkent shahri, Universitet ko'chasi, 4-uy.) Tel: (+99871) 246-07-88, 277-12-24; faks: (+99871) 246-02-24; e-mail: ilmiy_kengash@nuuuz.uz

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil - «04» 04 kuni tarqatildi.

(2025 - yil «03» 04 dagi 11 -raqamli reestr bayonnomasi).



Sh.Sh. Daminova

Bir martalik ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, k.f.d., professor

N.X. Qutlimurotova

Bir martalik ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash kotibi, k.f.d., professor

B.N. Babayev

Bir martalik ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi Bir martalik
Ilmiy seminar raisi, k.f.d., professor

KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda texnologiyalarning rivojlanishi atrof-muhit obyektlarida og‘ir va zaharli metall (OZM) ionlarini konsentrlanishiga olib kelmoqda, bu esa inson salomatligiga salbiy ta‘sirlari yildan-yilga ortishiga sabab bo‘lmoqda. Ushbu muammo global tavsiflarga ega bo‘lib, atrof-muhit obyektlari tarkibidagi OZM ionlarini muntazam nazorat qilishni talab etadi. Bunday muammolarni hal qilishda dastlab, iqtisodiy jihatdan tan narxi arzon, sezgir va tanlab ta‘sir etuvchan aniqlash usullarini yaratish muhim o‘rin tutadi. Ayniqsa funksional analitik va analitik faol guruhlariga ega bo‘lgan, suvda yaxshi eruvchan naftalin asosidagi yangi organik reagentlardan foydalangan holda spektrofotometrik aniqlash usullarini yaratib, OZM ionlarini aniqlash va monitoring qilish katta amaliy ahamiyat kasb etadi.

Jahonning yetakchi olimlari tomonidan OZM ionlarini aniqlash uchun optik va atom-absorbsion spektrometriyasi, induktiv bog‘langan plazmali emissiyon spektrometriyasi, induktiv bog‘langan plazmali mass-spektrometriyasi, suyuqlik xromatografiyasi kabi zamonaviy nazorat usullari ishlab chiqilmoqda. Lekin, ushbu usullar qimmat va murakkab asbob-uskunalarni talab qiladi, shuningdek yangi organik reagentlardan foydalanib, spektrofotometrik aniqlash usullarini ishlab chiqish va atrof-muhit obyektlarini tahliliga qo‘llanilishi bugungi kunda ham dolzarb hisoblanadi. Mazkur aniqlash usulini texnogen obyektlar, sanoat chiqindilari, rudalar, qotishmalar, oziq-ovqat mahsulotlari, biologik namunalari va farmatsevtik preparatlarning tarkibini aniqlashda qo‘llanilishi muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Respublikamizda atrof-muhit obyektlari tarkibidan OZM ionlarini aniqlash hamda ekologik ekotoksikantlarni monitoring qilish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilmoqda, natijada muayyan yutuqlarga erishilib sezgirliги yuqori va tannarxi arzon bo‘lgan spektrofotometrik aniqlash usullari ishlab chiqilmoqda. 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 «Atrof-muhitni muhofaza qilish sohasidagi davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlarini belgilash, atrof-muhit obyektlarini (atmosfera havosi, suv, yer, tuproq, bioxilma-xillik, qo‘riqlanadigan tabiiy hududlar) antropogen ta‘sir hamda boshqa salbiy ta‘sir qiluvchi omillardan saqlash va sifatini ta‘minlash¹ kabi ustuvor vazifalar beliglangan bo‘lib, ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, sanoatlashgan hududlarni OZM ionlari bilan ifloslanishini o‘rganish bo‘yicha tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu borada, Respublikamizda Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlari kabi OZM ionlarining kimyo, aviasiya, tibbiyot, xalq xo‘jaligi sanoatlarida keng qo‘llanilganligi sababli, ularni aniqlashning zamonaviy, ishonchli, ekspress va iqtisodiy jihatdan arzon uslublarini ishlab chiqish va takomillashtirish muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi «2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida» gi, PF-60-sonli farmoni va 2019 yil 3 apreldagi «Kimyo sanoatini yanada isloh qilish va uning investisiyaviy jozibadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida» gi

¹ 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 Farmoni.

PQ-4265-sonli Qarori ijrosini ta'minlashda hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti natijalari muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. Kimyo, kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi². Bugungi kunda atrof-muhit obyektlaridan turli xil tabiatli organik analitik reagentlar (OAR) bilan OZM ionlarini tahlil qilishning universal spektrofotometrik usullarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy izlanishlar Dunyoning yetakchi ilmiy markazlarida olib borilmoqda, jumladan, Mohanlal Sukhadia University, National Institutes of Technology (Hindiston), University of Warsaw (Polsha), University of Malaga (Ispaniya), Burapha University (Tailand), Ebonyi State University (Nigeriya), Karatekin University, Gazi University, Istanbul Technical University, Ahi Evran University (Turkiya), University of Karbala (Iroq), Baku State University, Azerbaijan State Pedagogical University (Ozarbayjon), Moskva davlat universiteti, Ural federal universiteti, Perm davlat milliy tadqiqot universiteti (Rossiya), Eurasian national university (Qozog'iston), Xarkov milliy universiteti (Ukraina), O'zbekiston Milliy universiteti, Termiz davlat universiteti, Samarqand davlat universitetlarida (O'zbekiston).

Jahonda OZM ning mikromiqdorlarini aniqlashga doir qator ilmiy tadqiqotlar olib borilib, quyidagi ilmiy natijalar olingan: oqova suvlar va rudalardagi OZM ning mikromiqdorlarini aniqlash uchun elektrogravimetrik usuli ishlab chiqilgan (Hindiston, Rossiya, O'zbekiston), OZM ning mikromiqdorlarini potensimetrik titrlash usuli yaratilgan (Ispaniya, Nigeriya, O'zbekiston), temir, kobalt, nikel, mis, rux va simob ionlari oqova va tabiiy suvlar, dorilar, rudalar, qotishmalar, mevalar, oziq-ovqat va turli metallar saqlagan materiallar tarkibidan ekspress-spektrofotometrik usuli bilan aniqlangan (Hindiston, Polsha, Tailand, Nigeriya, AQSH, Turkiya, Ozarbayjon, O'zbekiston) AES-ISP, induktiv-bog'langan plazmali mass-spektroskopiya, atom-absorbsion spektroskopiya usullari yordamida mineral-lar, rudalar va qotishmalar tarkibidan OZM mikromiqdorlari aniqlangan (Ukraina, Qozog'iston, Iroq), standart namunalari tarkibidan OZM larini aniqlashning rentgenofluoressent usullari yaratilgan (Ukraina), rudalarning element tarkibini emission aniqlash usuli ishlab chiqilgan (AQSh, Rossiya, Ukraina), indikatorli elektrodlar yuzasida OZM ionlarini sorbsiyalashga asoslangan anodli inversion voltmetriya yordamida elektrokimyoviy tahlil usuli yaratilgan (Ukraina, O'zbekiston), oqova va tabiiy suvlar, qotishmalar va turdosh metallardan OZM larni aniqlashning sorbsion-spektroskopik usullari ishlab chiqilgan (Uzbekistan).

Dunyoda atrof-muhit obyektlaridan OZM ionlarini fizik-kimyoviy aniqlash usullaridan samarali foydalanishni oshirish maqsadida bir qator ustuvor yo'nalishlar bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda, jumladan, OZM ionlarini oqova va tabiiy suvlar, dorilar, rudalar, qotishmalar, mevalar, oziq-ovqat mahsulotlari va o'simlik namunalari tarkibidan aniqlashning yanada ishonchli, tezkor va arzon usullarini kimyoviy va boshqa fizik-kimyoviy usullar bilan solishtirish,

² Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi <https://www.sciencedirect.com>, <https://www.sci-hub.wf>, <https://scholar.google.com>, <https://www.mendeley.com>, <https://elibrary.ru>, <https://www.dissercat.com> va boshqa manbaalar asosida tayyorlangan.

metallkomplekslarni hosil qilish mexanizmini oʻrnatish, OZM ionlari miqdorini nazorat va monitoring qilish, shuningdek, bir qator ekologik muammolarni hal qilishga doir tadqiqotlar olib borilmoqda.

Muammoning oʻrganilganlik darajasi. Atrof-muhit obyektlaridan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini aniqlash boʻyicha dunyo miqyosidagi olimlar turli tadqiqotlar bilan shugʻullanib kelganlar va hozirda ham shugʻullanmoqdalar. Ular tomonidan aniqlashning fizik va fizik-kimyoviy uslublari ishlab chiqilgan, lekin taklif qilingan asboblarning murakkab tuzilganligi va qimmatligi bilan tavsiflanadi. Shuning uchun ushbu metall ionlarini atrof-muhit obyektlari tarkibidan spektrofotometrik aniqlashning hozirda mavjud barcha talablarga javob beruvchi, yanada takomillashgan arzon va tezkor usullari ishlab chiqilishi zarur hisoblanadi.

Xorijda ushbu ilmiy yoʻnalishda quyidagi mualliflarning ishlariga eng koʻp havolalar berilgan: A.K.Goswami, F.Nworie, I.Elqailani, A.S.Gul, G.A.Shar, F.H. Alaa, N.N.Pavel, E.G.Vergara, M.S.Jeoung, Al-Daʼamy, R.S.Lokhande, I.Jibran, M.H.Youcef, H.S.Choi, S.M.Yassen, S.Z.Mohammadi, Y.Liu, Y.Bazel, R.A. Nalawade va boshqalarni keltirib oʻtish mumkin. MDH mamlakatlarining bir qator olimlari: Yu.A.Zolotov, R.A.Aliyeva, V.Ivanov, A.N.Vernigora, S.A.Zabolotnix, A.V.Bulatov, Yu.B.Yelchisheva, S.B.Savvin, N.A.Gavrilenko, I.F.Dolmanova, O. A.Shpigun, T.Sh.Shexovsova, N.A.Verdzade, F.M.Chiragov, L.A.Sarafanova, S.G. Dmitriyenko va bosh. turli xil element ionlarini atrof-muhit obyektlaridan yangi aniqlash usullarini yaratilishining rivojlantirilishiga oʻzlarining hissalarini qoʻshganlar.

Ularning safidan zamonaviy oʻzbek olimlari ham keng oʻrin olgan, ayniqsa, Oʻzbekistonda analitik kimyo maktabining asoschisi akademik Sh.T.Tolipov tomonidan Respublika va Oʻrta Osiyoda analitiklar maktabi yaratildi, shuningdek akademik Sh.T.Tolipovning shogirdlari oʻz ishlarini atrof-muhit obyektlari tarkibidan OZMlarni aniqlashda optik analiz usullariga, fotometrik, spektrofotometrik, kolorimetrik, sorbsion-spektroskopik va boshqa analiz usullariga bagʻishlanganlar. Oʻzbekiston olimlari: V.A.Xadeyev, A.K.Jdanov, R.X.Djiyanbayeva, N.B.Babayev, T.Q.Xamraqulov, A.M.Gevorgyan, Ye.L.Krukovskaya, K.Z.Raxmatullayev, A.T. Toshxoʻjayev, L.V.Chaprasova, I.P.Shesterova, Ch.I.Ibragimov, O.F. Fayzullayev, N.T.Turabov, A.M.Nasimov, E.Abduraxmanov, X.X.Turayev, Z.A. Smanova, N.X. Qutlimurotova va boshqalar shu yoʻnalishning bevosita rivojlanishi bilan bogʻliq aniqlashlarni amalga oshirishgan. Ammo, naftalin asosidagi yangi OARlardan foydalanib Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini spektrofotometrik aniqlash uchun, ekologik va analitik tahlillarda tadqiqotlar, amaliyotda yetarlicha oʻrganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining 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 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 obyektlaridan naftalin asosidagi sezgir va tanlab taʼsir etuvchan yangi organik reagentlar bilan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini spektrofotometrik aniqlash uslublarini ishlab chiqish va monitoring qilishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

atrof-muhit obyektlaridan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini mikromiqdorlarini aniqlash uchun yangi OAR: 5-gidroksi-6-nitrozonaftalin-2-sulfokislota (HR¹), 4-gidroksi-3-nitrozonaftalin-1-sulfokislota (HR²), 4,5-digidroksi-3,6-dinitrozonaftalin-2,7-disulfokislota (HR³) va 4-amino-5-gidroksi-6-[(5-metil-2-piridilazo)]-3-sulfonaftalin-1-sulfokislota natriyli tuzlaridan (HR⁴) foydalanib turli komplekslarning hosil bo'lish sharoitlarini optimallashtirish va ularning o'zaro ta'sir qonuniyatlarini aniqlash;

HR¹, HR², HR³, HR⁴ reagentlari va ularning Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) ionlari bilan hosil qilgan komplekslarining analitik va metrologik tavsiflarini yaxshilash, kompleks birikmalarning spektral tavsiflari, haqiqiy molyar so'ndirish koeffitsiyenti, tarkibi va mollar nisbatlarini aniqlash hamda matematik dasturlar yordamida muvozanat, beqarorlik va barqarorlik konstantalarini hisoblash;

darajalangan grafik tenglamalarini hisoblash va tekshirilayotgan analitik reaksiyalarning selektivligini turli xil begona ionlar ishtirokida tekshirish, ishlab chiqilgan uslublarni to'g'riligi va qayta tiklanuvchanligini aniqlash, ionlarni quyi aniqlanish chegaralarini o'rnatish hamda olingan natijalarni metrologik baholash;

turli atrof-muhit obyektlari: tuproq, suvlar, oziq-ovqat mahsulotlari, o'simlik va dorivor mahsulotlar, qotishmalar va rudalarda OZMni aniqlashning yangi selektiv spektrofotometrik usullarini ishlab chiqish;

sanoat ishlab chiqarish korxonalaridan chiqayotgan oqova suvlar, buloqlar va chiqindilarni atrof-muhit obyektlariga berayotgan ta'sirlarini monitoring qilish;

ishlab chiqilgan uslublarni O'zbekistondagi ishlab chiqarish korxonalarining laboratoriya sharoitlarida sinovdan o'tkazish va atrof-muhit obyektlari tarkibidan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini aniqlashning yangi optik uslublarini ishlab chiqish hamda ularni turli murakkab obyektlar va materiallar analizining ratsional yechimlarini izlashda qo'llash.

Tadqiqot obyekti sifatida atrof-muhit obyektlari, sanoat qotishmalari, sut mahsulotlari, tabiiy, chiqindi, kanalizatsiya suvlari va rudalar tanlangan.

Tadqiqotning predmeti sifatida Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) ionlari va organik reagentlar HR¹, HR², HR³, HR⁴, shuningdek, atrof-muhit obyektlarining yuqori zaharli komponentlari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari sifatida spektrofotometrik, induktiv bog'langan plazma mass-spektrometriyasi, potensiommetrik, IQ-, Raman spektroskopiyasi, kvant-kimyoviy va olingan natijalarni statistik qayta hisoblash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

naftalin asosidagi yangi organik reagentlar bilan suvli muhitda Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ va Hg²⁺ ionlarini spektrofotometrik aniqlash sharoitlarini optimallashtirish qonuniyatlari: Fe³⁺ va Co²⁺ ionlarini HR¹ bilan, Co²⁺, Cu²⁺ va Hg²⁺ ionlarini HR² bilan kuchsiz kislotali; Cu²⁺ ionini HR¹ bilan, Zn²⁺ ionini HR³ bilan neytral; Ni²⁺ va Cu²⁺ ionlarini HR³ bilan kuchsiz ishqoriy muhitlarda aniqlangan; Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysinishi 0,5-55,0 mkg oraliqlarida; nur yutish maksimumlarining batoxrom va gipsoxrom siljishlari $\Delta\lambda=60-230$ nm gacha hamda Sendel bo'yicha sezgirliklari 0,0031-0,0170 mkg/sm² oraliqlarda ekanligi topilgan;

ilk bor yangi selektiv organik reagentlarning elektron nur yutilishini egrilari turli xil pH muhitlarga HR¹ uchun 424-495 nm, HR² uchun 408-455 nm, HR³ uchun

440-540 nm va HR^4 uchun 500-535 nm sohadagi nur yutilish maksimumlari bitta simmetrik holatda ekanligini, Komar usuli bilan molyar soʻndirish koeffitsienti va dissosilanish konstantalari mos ravishda HR^1 uchun $\varepsilon=695,70$ va $K_d=3,40 \cdot 10^{-7}$ ($pK=6,47$) ga, HR^2 uchun $\varepsilon = 934,64$ va $K_d=3,28 \cdot 10^{-6}$ ($pK=5,48$), HR^3 uchun $\varepsilon=549$ va $K_d=3,38 \cdot 10^{-7}$ ($pK=6,47$) ga tengligi isbotlangan;

naftalin asosidagi yangi organik reagentlar bilan Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini hosil qilgan komplekslarining haqiqiy molyar soʻndirish koeffitsientlarini organik reagentlarga nisbatan batoxrom siljishlarini mezonlari shakllantirilgan: $\varepsilon(CoR^1_2) = 40000 < \varepsilon(CuR^1_2) = 61350$; $\varepsilon(CoR^2_2) = 19531 < \varepsilon(CuR^2_2) = 20000 < \varepsilon(HgR^2_2) = 23530$; $\varepsilon(NiR^3_2) = 23585 < \varepsilon(ZnR^3_2) = 28571 < \varepsilon(CuR^3_2) = 42608$ va ushbu mezonlarning komplekslarni barqarorlik konstantalari bilan oʻzaro bogʻliqligi $\beta(CoR^1_2) = 1,25 \cdot 10^{19}$ ($lg\beta=19,10$) $< \beta(CuR^1_2) < 1,36 \cdot 10^{20}$ ($lg\beta = 20,13$); $\beta(CoR^2_2)=4,15 \cdot 10^{19}$ ($lg\beta=19,62$) $< \beta(CuR^2_2)=5,71 \cdot 10^{20}$ ($lg\beta=20,75$) $< \beta(HgR^2_2) = 6,49 \cdot 10^{21}$ ($lg\beta=21,81$); $\beta(NiR^3_2) = 8,85 \cdot 10^{22}$ ($lg\beta= 23,00$) $< \beta(ZnR^3_2)=2,86 \cdot 10^{23}$ ($lg\beta=23,46$) $< \beta(CuR^3_2) = 1,63 \cdot 10^{24}$ ($lg\beta=24,21$); $\beta(ZnR^4_2) = 2,97 \cdot 10^{17}$ ($lg\beta=17,47$) $< \beta(CuR^4_2) = 1,44 \cdot 10^{21}$ ($lg\beta=21,16$) $< \beta(HgR^4_2) = 1,18 \cdot 10^{22}$ ($lg\beta=22,07$) ketma-ketligida ortib borishi aniqlanib, $Co < Ni < Zn < Cu < Hg$ qatorida xelat hosil boʻlish qonuniyatiga mos kelishi tasdiqlangan;

ishlab chiqilgan uslublar yordamida Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) ionlarini quyi aniqlanish chegaralari $mkg/25,0 \text{ sm}^3$ da: FeR^1_3 uchun 0,1120; CoR^1_2 uchun 0,3094; CuR^1_2 uchun 0,0492; CoR^2_2 uchun 0,6714; CuR^2_2 uchun 0,2860; HgR^2_2 uchun 0,6200; NiR^3_2 uchun 0,6004; CuR^3_2 uchun 0,2390; ZnR^3_2 uchun 0,1220; CuR^4_2 uchun 0,2338; ZnR^4_2 uchun 0,1746 va HgR^4_2 uchun 0,7618 ga teng ekanligi aniqlangan va yuqori sezgirlikga ega ekanligi isbotlangan;

ekologik yechimlarning yangiligi sifatida, atrof-muhit obyektlarini tahlil qilishda naftalin asosidagi yangi organik analitik reagentlar yordamida OZM ionlarini spektrofotometrik aniqlash usulining ilmiy asoslari ishlab chiqilgan hamda buloqlar, daryo suvlari, tuproqlar va oqova suvlarining tarkibi monitoring qilingan;

atrof-muhit obyektlari tarkibidan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini aniqlash uslublarini tabiiy suvlar, standart namunalarda, rudalar va ashyoviy dalillar analiziga qoʻllanilib olingan natijalarda nisbiy standart chetlanish $S_r=0,1150$ dan oshmagan, boshqa alternativ DavST usullari bilan solishtirilgan, natijalarning toʻgʻriligi, sistematik xatoliklar yoʻqligi Styudent mezonlari bilan analitik va metrologik tavsiflarini yuqoriligi tasdiqlangan;

atrof-muhit obyektlaridan OZM ionlarini aniqlashning spektrofotometrik usullari ishlab chiqilgan, Toshkent viloyatidagi sanoat korxonalarida hududidagi sugʻoriladigan tuproqlari tarkibidagi OZM ionlarining miqdori aniqlanib, monitoringi oʻtkazilgan, «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ hududida Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} , Cd^{2+} ; «Angren issiqlik elektr stansiyasi» AJ hududida Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , W^{6+} ; «Oʻzbekiston metallurgiya kombinati» AJ hududida Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} ; «Ammofos-Maksam» AJ hududida Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{2+} , As^{3+} ; «Angren neft bazasi» AJ hududida Zn^{2+} , Ni^{2+} , As^{3+} ; «Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi» AJ hududida Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , V^{3+} hamda «Bekobodsement» AJ hududida Cu^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} kabi zaharli ionlar bilan 50 sm chuqurlikgacha REM dan ortganligi va ushbu hududlardagi yer-usti suvlarida K^+ , F^- , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} va Pb^{2+} ionlarini REM dan oshganligi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

aniqlangan qonuniyatlar asosida Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) ionlarini binar va murakkab aralashmalar, sanoat namunalari, tabiiy suvlar, minerallar va boshqa atrof-muhit obyektlari tarkibidan HR¹, HR², HR³ va HR⁴ reagentlari bilan aniqlashning iqtisodiy jihatdan arzon, tezkor, sezgir, selektiv uslubalari ishlab chiqilgan, shuningdek sanoat korxonalarini atrofidagi tuproq va yer-usti suvlari hamda buloqlar tarkibidagi OZM ionlari monitoring qilingan;

ishlab chiqilgan uslublarning optimal sharoitlari: muhitning kislotaligi va Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) ionlari va HR¹, HR², HR³, HR⁴ reagentlarining konsentratsiyasi, turli bufer aralashmalarining tarkibi, elektron yutilish spektrlari, mollar nisbatlari va boshqa fizik-kimyoviy tavsiflari aniqlangan;

Fe³⁺, Co²⁺, Cu²⁺ ni HR¹ bilan, Co²⁺, Cu²⁺, Hg²⁺ ni HR² bilan, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ ni HR³ bilan, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ ni HR⁴ bilan binar, sun'iy aralashma va murakkab namunalarda, real atrof-muhit obyektlari hamda sanoat qotishmalari tarkibidan ekologik xavfsiz selektiv spektrofotometrik aniqlash uslublari yaratilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi spektrofotometriya, potensimetriya, induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriyasi, kvant kimyoviy hisob-kitoblari, IQ-, ¹H-YMR hamda Raman spektroskopiyasi kabi zamonaviy fizik-kimyoviy usullar bilan isbotlangan. Tajriba natijalari asosida tahlil qilingan xulosalar matematik statistika usullari bilan qayta ishlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ va Hg²⁺ ionlarini atrof-muhit obyektlaridan aniqlashni ta'minlaydigan keng sohadagi pH va konsentratsiya oralig'i, haqiqiy molyar so'ndirish koeffitsienti (ϵ), Sendel bo'yicha sezgirliги, reaksiya kontrastligini tavsiflovchi $\Delta\lambda$ farqi, muvozanat va barqarorlik (β_k) konstatntalari kabi spektrofotometrik aniqlash qonuniyatlarini o'rnatilganligi yangi spektrofotometrik aniqlash uslublari taklif qilingani bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan yangi ekologik xavfsiz, selektiv spektrofotometrik uslublarini atrof-muhit obyektlaridan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) ionlarini ruxsat etilgan miqdorgacha va undan ancha kichik bo'lgan konsentratsiyalarni individual eritmalaridan, sun'iy, binar, tabiiy suv, sanoat qotishmalari va murakkab aralashmalardan aniqlashga imkon beradi, bu esa ushbu OZM ionlarining aniq miqdorini turli xil atrof-muhit obyektlaridan aniqlashga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Atrof-muhit obyektlaridan Fe(III), Co(II), Cu(II) ni HR¹ bilan, Co(II), Cu(II), Hg(II) ni HR² bilan, Ni(II), Cu(II), Zn ni HR³ bilan, shuningdek Cu(II), Zn, Hg(II) ni HR⁴ bilan spektrofotometrik aniqlash uslublarini ishlab chiqishda olingan ilmiy natijalar asosida:

naftol-6-sulfokislota hosilasini olish usuliga O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligidan foydali modelga patent olingan (№ 9(282). FAP 2564, 16. 08. 2024 y.) Natijada 5-gidroksi-6-nitrozonaftalin-2-sulfokislota OAR sifatida Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺ va Fe³⁺ ionlarini suvli muhitda aniqlash imkonini bergan;

kanalizatsiya suvi, tabiiy suv, oqava suvlar, ichimlik suvlarda Fe(III) va Cu(II) ionlarini aniqlashning spektrofotometrik usuli Qoraqalpog'iston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligining «Qoraqalpoq suv ta'minoti» AJ laboratoriyasining amaliyotida

sinovdan o'tkazildi (Qoraqalpog'iston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligining 2024-yil 04-sentabrdagi 01/18-2-2885-son ma'lumotnomasi). Natijada Fe(III) va Cu(II) ionlarini aniqlashda spektrofotometrik usullarda qo'llaniladigan import qilingan reagentlar o'rnini bosuvchi HR¹, HR², HR³ reagentlarini amaliyotda qo'llash imkonini bergan;

Fe(III), Co(II) va Zn ionlarini HR¹, HR², HR³ bilan ishlab chiqilgan spektrofotometrik aniqlash uslublari «Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ Markaziy ilmiy-tadqiqot laboratoriyasida ichimlik va oqova suvlari tarkibidan Fe(III), Co(II) va Zn ionlarini aniqlash uchun joriy qilingan (Navoiy kon-metallurgiya kombinati AJning 2024-yil 28-maydagi 23/01-01-07/248-son ma'lumotnomasi). Natijada ichimlik va oqova suvlarni tahlil qilish laboratoriyasida Fe(III) Co(II), Zn ionlarini iqtisodiy va ekologik muammolarni hal qilishda me'yoriy-texnik hujjatlarda ko'rsatilgan mezonlar asosida aniqlash muhimligi ta'kidlangan va aniqlash samaradorligini 1,0-1,2 barobar oshirish imkonini bergan;

spektrofotometrik usuli yordamida Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini aniqlash uslublari «Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ Markaziy zavod laboratoriyasiga joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJning 2024-yil 06-fevraldagi 12.02-01/193-son ma'lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan uslublar sintez qilingan organik reagentlar yordamida Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini oqava suvlar tarkibidan aniqlash imkonini bergan;

Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II) va Zn ionlarini spektrofotometrik aniqlash uslublari «Sho'rtan gaz-kimyoy majmuasi» MChJ ning «Kimyo-bakteriologiya» laboratoriyasi amaliyotiga xo'jalik ichimlik suvi analiziga metall ionlarini aniqlash amaliyotiga qo'llanilgan («Sho'rtan gaz-kimyoy majmuasi» MChJ ning 2024-yil 25-martdagi 003/1472-son ma'lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan uslublar Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II) va Zn ionlarini mikromiqdorini aniqlashda selektivlikni, sezgirlikni, ekspresslikni va aniqlikni oshirish imkonini bergan;

yangi HR¹, HR², HR³ reagentlari yordamida sanoat oqava suv namunalaridan Fe(III), Ni(II) va Cu(II) ionlarining mikromiqdorini aniqlash usuli «PENG-SHENG» MChJ O'zbekiston-Xitoy qo'shma korxonasining analitik laboratoriyasi ishlab chiqarish sexlaridan oqib chiqadigan oqova suvlar tarkibidagi Fe(III), Ni(II) va Cu(II) ionlarini aniqlash amaliyotiga joriy qilingan («PENG-SHENG» MChJ O'zbekiston-Xitoy qo'shma korxonasining 2024-yil 02-fevraldagi 14-son ma'lumotnomasi). Natija oqava suvlarda temir(III), nikel (II) va mis (II) ionlarini aniqlash samaradorligini 5-8% ga oshirish imkonini bergan;

4-gidroksi-3-nitrozonaftalin-1-sulfokislota bilan Hg(II) ionlarini aniqlash uslubi O'zbekiston Respublikasining Ekspert-kriminalistika Bosh Markazining «Fizik-kimyoviy va texnik ekspertizasi» bo'limining maxsus laboratoriyasida ashyoviy dalillar tarkibidagi simob(II) ionlarini aniqlash uchun joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi IIV Ekspert-kriminalistika Bosh Markazining 2024-yil 26-martdagi 21/2-257-son ma'lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan Hg(II) ionini 4-gidroksi-3-nitrozonaftalin-1-sulfokislota bilan aniqlash uslubi real obyektlarda analizni oson bajarilishini va uslubning sezgirlikni oshirish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 18 ta, jumladan 9 ta xalqaro va 9 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 35 ta ilmiy ish, shulardan 1 ta foydali model patenti olingan, 1 ta monografiya chop etilgan, O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining fan doktori (DSc) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 15 ta ilmiy maqola, jumladan 11 ta Respublika va 4 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiyaning tarkibi kirish, oltita bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 200 betni tashkil etadi^{3*}.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslab berilgan, uning Respublika fan va texnologiyalari rivojlantirilishning ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi, dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhini tanqidiy tahlili keltirilgan, muammoning o'rganilganlik darajasi hamda tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi ko'rsatilgan, tadqiqotning maqsadi, vazifalari, obykti, predmeti va usullari belgilangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, ularning ishonchliligi asoslangan, tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, amaliyotga joriy qilish istiqboli borasida xulosalar chiqarilgan hamda chop etilgan ishlar, dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Atrof-muhit obyektlarida ayrim og'ir va zaharli metall ionlarini aniqlash uchun spektroskopik usullarni tanlashning nazariy asoslari (Adabiyotlar sharhi)**» deb nomlangan birinchi bobida adabiyotlar sharhlari keltirilgan bo'lib, unda temir(III), kobalt(II), nikel(II), mis(II), rux va simob(II) ionlarini suvli muhitlarda har xil xususiyatga ega bo'lgan turli reagentlar yordamida optik va boshqa usullar bilan aniqlashga bag'ishlangan xorijiy va Respublika nashrlarida keltirilgan ilmiy ishlar bayon etilgan. Analitik kimyoda OAR larni qo'llanilishi tobora ko'payib bormoqda. Ular sezilarli kimyoviy faolligi bilan ajralib turadi va turli xil metall ionlari bilan ta'sirlashib rangli yoki rangsiz birikmalar hosil qiladi. Ularning o'ziga xosligi, ma'lum pH oralig'ida ayrim element guruhlari bilan reaksiyaga kirishish xususiyatiga egaligi bilan ajralib turadi. Reaksiyalarning yuqori sezgirligi hisobiga OAR lar yetarli darajada aniqlik bilan kichik miqdordagi metall ionlarini aniqlash imkonini beradi, shu bilan birga ba'zi hollarda bir elementni boshqalarining mavjudligida dastlabki ajratishlarsiz aniqlash imkoni mavjuddir. Adabiyotlardagi ma'lumotlarning tahlili ushbu ishning tadqiqot obykti, vazifalari va maqsadini tanlashga imkon yaratgan.

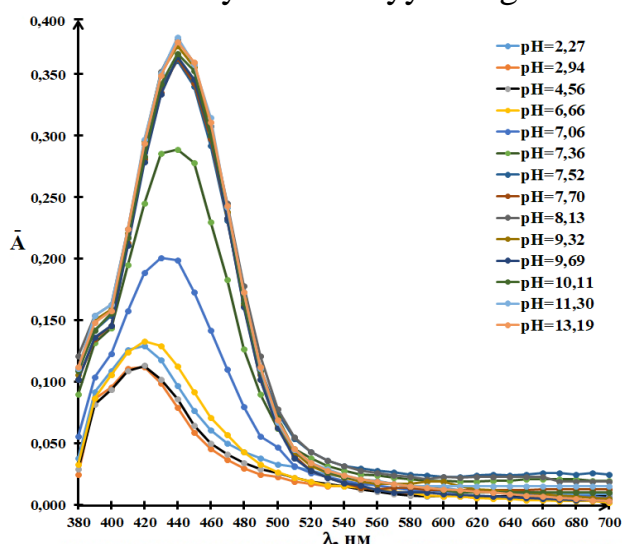
Dissertatsiyaning «**Atrof-muhit obyektlaridan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini HR¹, HR², HR³ va HR⁴ reagentlari bilan aniqlash uchun kompleks hosil qilish sharoitlarini optimallashtirish (Tajriba qism)**» deb nomlangan ikkinchi bobida ishchi va standart eritmalarini tayyorlash usullari keltirilgan, eritma muhitning pH qiymatiga bog'liqligiga asoslanib reagentlarning elektron yutilish spektrlari spektrofotometrik usulida aniqlangan,

^{3*} Muallif professor N.T.Turabovga, ilmiy ish mavzusi bo'yicha adabiyot ma'lumotlarini tahlil qilish, ilmiy maqolalarni yozishda va mavzuni tanlashda, tajribalarni o'tkazish, olingan natijalarni tahlil qilish va umumlashtirishda bergan beminnat yordamlari uchun minnatdorlik bildiradi.

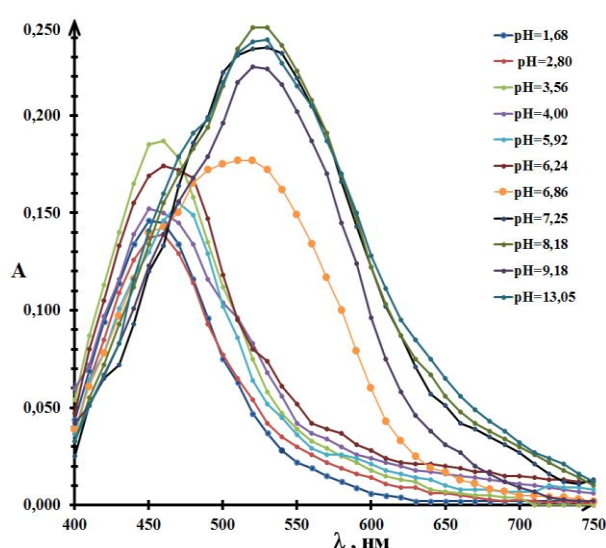
ayrim metall ionlarini HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 reagentlari bilan sifat reaksiyalari o'tkazilgan, Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini yuqoridagi tanlangan reagentlar bilan atrof-muhit obyektlaridan aniqlash uchun kompleks hosil qilish reaksiyalarining optimal sharoitlari, Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysinishi, elektron yutilish spektrlari va Sendel bo'yicha sezgirliklari o'rnatilgan.

HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 reagentlarning eritmadagi holatini aniqlash uchun elektron yutilish spektrlarini (EYS) turli xil pH muhitlarga bog'liqligi tekshirildi. HR^1 , HR^2 va HR^3 larning EYS V.N.Karazin nomidagi Xarkov milliy universiteti-ning kimyo fakulteti «Kimyoviy metrologiya» kafedrasini Komar laboratoriyasida bajarilgan. Olingan natijalardan shunday xulosa qilindiki (1 va 2 rasmlar), HR^1 reagenti pH ning 1,68-3,00 oralig'ida 424-445 nm sohalarda, pH ning 3,0-4,0 oralig'ida 430-450 nm sohalarda, pH ning 4,0-6,5 oralig'ida 430-460 sohalarda, pH ning 6,5-7,5 oralig'ida 440-470 sohalarda, pH ning 7,5-9,0 oralig'ida 460-480 sohalarda, pH ning 9,0-13,0 oralig'ida 470-495 sohalarda, HR^2 reagenti pH ning 2,27-6,60 oralig'ida 408-430 nm sohalarda, pH ning 6,7-7,30 oralig'ida 420-440 nm sohalarda, pH ning 7,30-13,20 oralig'ida 430-455 sohalarda, HR^3 reagenti esa pH ning 1,68-2,80 oralig'ida 440-470 nm sohalarda, pH ning 3,0-4,80 oralig'ida 450-470 nm sohalarda, pH ning 5,0-6,75 oralig'ida 450-480 sohalarda, pH ning 6,80-7,00 oralig'ida 480-540 nm sohalarda, pH ning 7,25-13,05 oralig'ida 510-540 nm sohalarda maksimum nur yutilishini ko'rsatdi. Spektrofotometrik tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ushbu tadqiqot ishida OAR sifatida qo'llanilgan HR^1 reagenti 424-495 nm sohalarda, HR^2 reagenti 408-455 nm sohalarda (1-rasm), HR^3 reagenti 440-540 nm sohalarda (2-rasm) va HR^4 500-535 nm sohalarda maksimum elektron nur yutilishlarining egrilari simmetrik holatda ekanligini tasdiqladi.

Tadqiqot davomida eritma muhitning optimal pH qiymatini aniqlash uchun turli xil pH qiymatli bufer eritmalari analitik kimyodan ma'lumotnoma va ishlab chiqilgan meyoriy hijjatlardan: GOST 4919.2-2016, GOST 4919.2-77 va GOST 8.135-2004 foydalanib tayyorlangan.



1-rasm. HR^2 ning turli pH dagi EYS



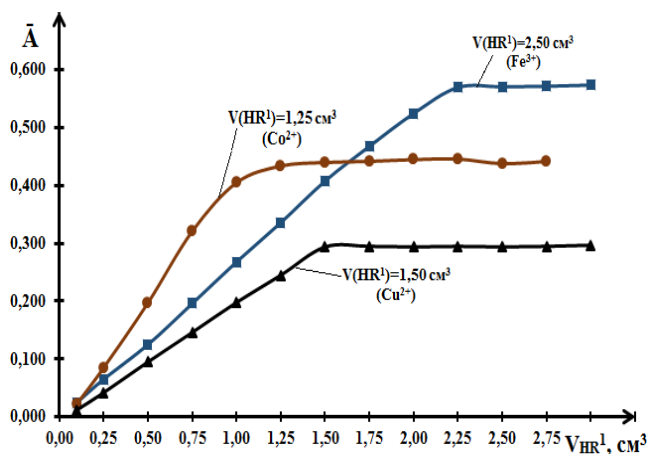
2-rasm. HR^3 ning turli pH dagi EYS

Olingan natijalarga asoslanib Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) ionlari va HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 reagentlarining doimiy konsentratsiyasida komplekslar eritmalarining optik zichligini (OZ) eritma pH ga bog'liqligi o'rganilib, grafik tuzildi. Kompleksning OZ eritmalarning pH-i ortishi bilan o'zgarib boradi,

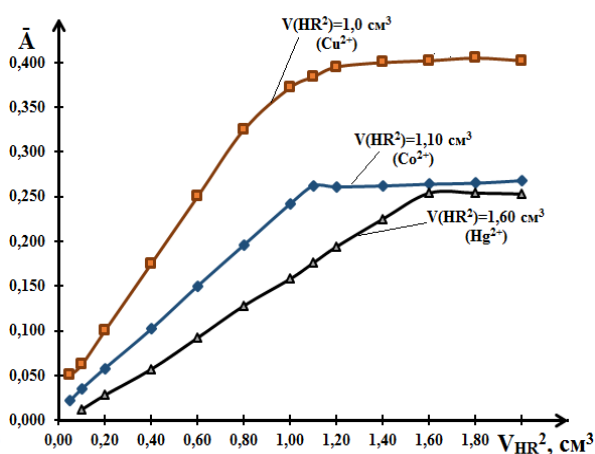
komplekslarning maksimal OZ HR¹ bilan Fe³⁺ kompleksi uchun pH=4,2-5,0; Co²⁺ kompleksi uchun pH=4,0-7,0 va Cu²⁺ kompleksi uchun pH=6,8-7,4 oralig'ida; HR² bilan Co²⁺ kompleksi uchun pH=5,5-10,0; Cu²⁺ kompleksi uchun pH=5,5-8,2 va Hg²⁺ kompleksi uchun pH=4,8-6,4 oralig'ida va HR³ bilan Ni²⁺ kompleksi uchun pH=9,0-9,4; Cu²⁺ kompleksi uchun pH=7,2-8,5 va Zn²⁺ kompleksi uchun pH=6,5-7,0 oraliqlarida kuzatilgan.

Olingan natijalarga asosan optimal pH sifatida HR¹ bilan Fe³⁺ kompleksi uchun pH=4,52; Co²⁺ kompleksi uchun pH=5,10 va Cu²⁺ kompleksi uchun pH=7,10; HR² bilan Co²⁺ kompleksi uchun pH=6,4; Cu²⁺ kompleksi uchun pH=6,5 va Hg²⁺ kompleksi uchun pH=5,8; HR³ bilan Ni²⁺ kompleksi uchun pH=9,15; Cu²⁺ kompleksi uchun pH=8,0 va Zn²⁺ kompleksi uchun pH=6,73 va HR⁴ bilan Cu²⁺ kompleksi uchun pH=3,98; Zn²⁺ kompleksi uchun pH=6,45 va Hg²⁺ kompleksi uchun pH=8,58 tanlangan.

Metallarning to'liq kompleksga bog'lanishini ta'minlash maqsadida reagentning optimal miqdorini aniqlash uchun Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ ionlari konsentratsiyasini o'zgarmas holda HR¹, HR², HR³, HR⁴ reagentlarning miqdori oshirilib bir nechta tajribalar o'tkazildi. 50,0 mkg Fe³⁺, Co²⁺ va Cu²⁺ miqdorlarini kompleksga to'liq o'tkazish uchun 0,1 % li HR¹ eritmasidan Fe³⁺ ionlari uchun 2,5 cm³ va 0,05 % li HR¹ eritmasidan Co²⁺ ionlari uchun 1,25 cm³, Cu²⁺ ionlari uchun 1,5 cm³ yetarli (3-Rasm), 30 mkg Co²⁺ ionlari uchun 1,1 sm³, 40 mkg Cu²⁺ ionlari uchun 1,0 sm³ 0,05% li HR² eritmasi va 50 mkg Hg²⁺ uchun 1,60 sm³ 0,10% HR² eritmasi yetarli, 50 mkg Ni²⁺, Cu²⁺ va Zn²⁺ ionlarini kompleksga to'liq o'tkazish uchun 1,0-1,2 sm³ 0,05% li HR³ eritmasi yetarli bo'ldi. Keyingi tadqiqot ishlarida yuqorida aniqlangan natijalardan reagentlarning optimal hajmi sifatida foydalanildi.



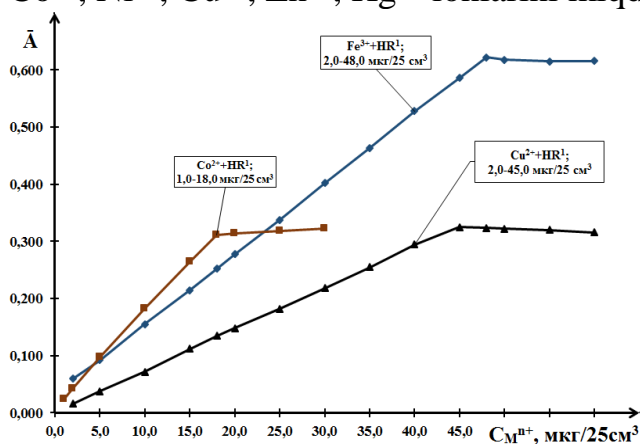
3-rasm. HR¹ bilan Fe³⁺, Co²⁺ va Cu²⁺ komplekslar OZining qo'shilgan reagent hajmiga bog'liqligi



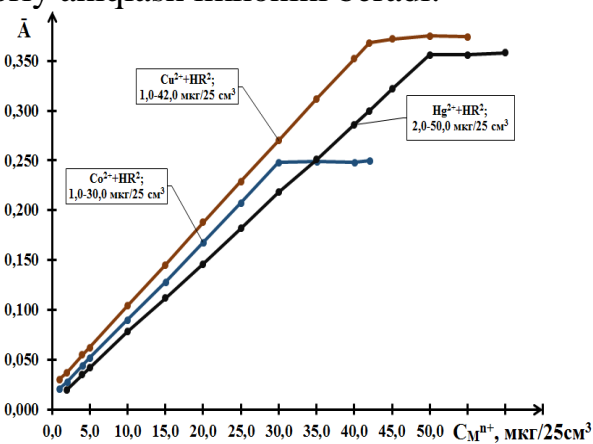
4-rasm. HR² bilan Co²⁺, Cu²⁺ va Hg²⁺ komplekslar OZining qo'shilgan reagent hajmiga bog'liqligi

FeR¹₃, CoR¹₂, CuR¹₂, CoR²₂, CuR²₂, HgR²₂, NiR³₂, CuR³₂, ZnR³₂, CuR⁴₂, ZnR⁴₂, HgR⁴₂ komplekslarining yetarlicha sezgirligi, kontrastligi, vaqtga nisbatan barqarorligi, shuningdek Fe³⁺ ni HR¹ bilan Cu²⁺ ni HR⁴ bilan kuchsiz kislotali, Co²⁺ ni HR¹ bilan, Zn²⁺ ni HR³ bilan, Hg²⁺ ni HR² bilan kuchsiz kislotali va neytral; Cu²⁺ ni HR¹ bilan, Zn²⁺ ni HR⁴ bilan neytral, Co²⁺ va Cu²⁺ larni HR² bilan kuchsiz kislotali, neytral va kuchsiz ishqoriy; Ni²⁺ va Cu²⁺ larni HR³ bilan, Hg²⁺ ni HR⁴ bilan kuchsiz ishqoriy muhitlarda reaksiyalarini olib borilishi spektrofotometrik analizda

qo'llash imkonini berdi. Optimal sharoitlar asosida o'rganilayotgan metall ionlarining HR¹, HR², HR³ va HR⁴ bilan reaksiyalarini Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysinishi aniqlandi. Komplekslarning OZ va Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ ionlarini konsentratsiyasi orasidagi to'g'ri chiziqli bog'lanish 25,0 sm³ suvli eritmada HR¹ bilan Fe³⁺ uchun 2,0-48,0 mkg, Co²⁺ uchun 1,0-18,0 mkg va Cu²⁺ uchun 2,0-45,0 mkg oralig'ida (5-rasm), HR² bilan Co²⁺ uchun 1,0-30,0 mkg, Cu²⁺ uchun 1,0-42,0 mkg va Hg²⁺ uchun 2,0-50,0 mkg oralig'ida (6-rasm); HR³ bilan Ni²⁺ uchun 5,0-55,0 mkg, Cu²⁺ uchun 5,0-40,0 mkg va Zn²⁺ uchun 2,0-35,0 mkg oralig'ida va Cu²⁺ uchun 0,50-6,50 mkg, Zn²⁺ uchun 1,0-18,0 mkg va Hg²⁺ simob 1,0-40,0 mkg oralig'ida kuzatildi, bu yuqoridagi konsentratsiyalar oralig'ida Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ ionlarini miqdoriy aniqlash imkonini beradi.



5-rasm. HR¹ bilan Fe³⁺, Co²⁺ va Cu²⁺ komplekslarini Ber qonuniga bo'ysinishi



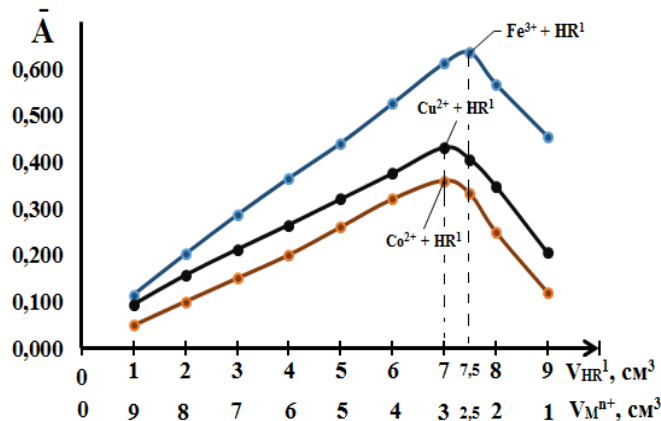
6-rasm. HR² bilan Co²⁺, Cu²⁺ va Hg²⁺ komplekslarini Ber qonuniga bo'ysinishi

Kompleks hosil bo'lishining optimal sharoitlarida turli rangli reaksiyalarining asosiy spektrofotometrik tavsiflaridan: HR¹, HR², HR³, HR⁴ reagentlari va komplekslarning maksimum nur yutilish spektrlari, reaksiya kontrastligini tavsiflovchi $\Delta\lambda$ farqi, Sendel bo'yicha usullarning sezgirliigi va boshqalar aniqlangan (1-jadval).

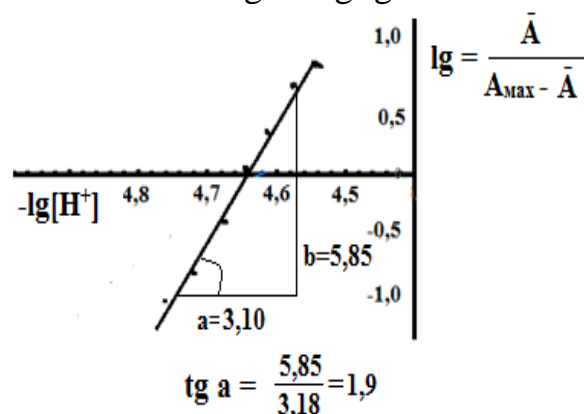
Dissertatsiyaning uchunchi bobi «**Reagentlarning fizik-kimyoviy xossalari va metallokomplekslarning spektrofotometrik tavsiflarini spektroskopik aniqlashning umumiy qonuniyatlari**» deb nomlangan bo'lib, unda rangli komplekslarda komponentlarning tarkibiy mollar nisbati aniqlangan, HR¹, HR², HR³, HR⁴ reagentlar va ularni Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) bilan metallkomplekslarini sezgirliigi hamda turli xil konstantalari ayrim spektrofotometrik uslublarida o'rnatilgan, komplekslarni zaryadlari o'rganilgan, tanlangan reagentlar molekulasidagi atomlarining energiyalari kvant-kimyoviy hisoblangan va ularning komplekslarini tuzilishi IQ-, ¹H-YMR- va Raman- spektroskopiyasi bilan tahlil qilingan.

Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ ionlarini rangli komplekslarining HR¹, HR², HR³ va HR⁴ reagentlari bilan tarkibiy mollar nisbati izomolyar seriyalar (7-rasm), Asmusning to'g'ri chiziqlar, spektrofotometrik titrlash va muvozanatlar siljishi (Nazarenko) (8-rasm) usullari bilan aniqlandi. Eritmalarning umumiy hajmi doimiy holda ($V_M^{n+} + V_{HR}^{1-4} = \text{const}$) saqlanib metall tuzlarini eritmaları va reagentlarning izomolyar miqdorlari antibat nisbatlarda aralashtirilib reaksiyaga kirishuvchi komponentlarning nisbatlari aniqlandi. Bunda eritmaning umumiy hajmida ikkita komponentning gramm-molining umumiy miqdori doimo o'zgarmas holda

saqlandi. Natijalar HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 bilan Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} komplekslarni tarkibi to'rtta har xil va mustaqil usullar bilan tekshirilganda ham, bir xil va $M^{n+}:HR^{1-4}=1:2$ hamda Fe^{3+} ioni HR^1 bilan 1:3 nisbatlarga tengligini ko'rsatdi.



7-rasm. Izomolyar seriyalar usuli bilan HR^1 bilan Fe^{3+} , Co^{2+} va Cu^{2+} , komplekslarini tarkibiy mollar nisbatini aniqlash



8-rasm. Muvozanatlar siljishi usuli bilan HR^3 bilan Ni^{2+} kompleksini tarkibiy mollar nisbatini aniqlash

HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 larni nur yutilishining molyar so'ndirish koeffitsiyenti (MSK) va dissosilanish konstantasi (K_{diss}) Komar uslubi bilan spektrofotometrik usulida aniqlandi. Bunda o'zgarimas konsentratsiyali reagentlarni suvli eritmasi hamda pHning turli xil qiymatlarda bo'lgan universal va boshqa bufer eritmalaridan foydalanildi. Barcha tajribalarda HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 larning konsentratsiyalari mos ravishda, $1,5796 \cdot 10^{-4}$ M, $1,5796 \cdot 10^{-4}$ M, $1,056 \cdot 10^{-4}$ M va $2,172 \cdot 10^{-5}$ M ni tashkil qildi. Tajribalardan olingan natijalarga ko'ra Komar usuli bilan reagentlarning MSK va K_{diss} lari mos ravishda HR^1 uchun 695,70 va $3,40 \cdot 10^{-7}$ ($pK=6,47$) ga, HR^2 uchun 934,64 va $3,28 \cdot 10^{-6}$ ($pK=5,48$), HR^3 uchun 549 va $3,38 \cdot 10^{-7}$ ($pK=6,47$), shuningdek HR^4 uchun 3306 va $2,95 \cdot 10^{-8}$ ($pK=7,53$) tengligi aniqlandi, bunda HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 reagentlar molekulasidagi naftol yadrosida OH^- dan H^+ ning dissosilanishi kuzatiladi. Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlari bilan HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 reagentlarini kompleks hosil bo'lish reaksiyalarida haqiqiy MSK ($\epsilon_{haq.}$) va muvozanat konstantasi ($K_{muv.}$) Tolmachyov usuli bilan aniqlandi, shuningdek komplekslarning barqarorlik konstantalari Babko usulida hisoblandi (1-jadval va 9-rasm).

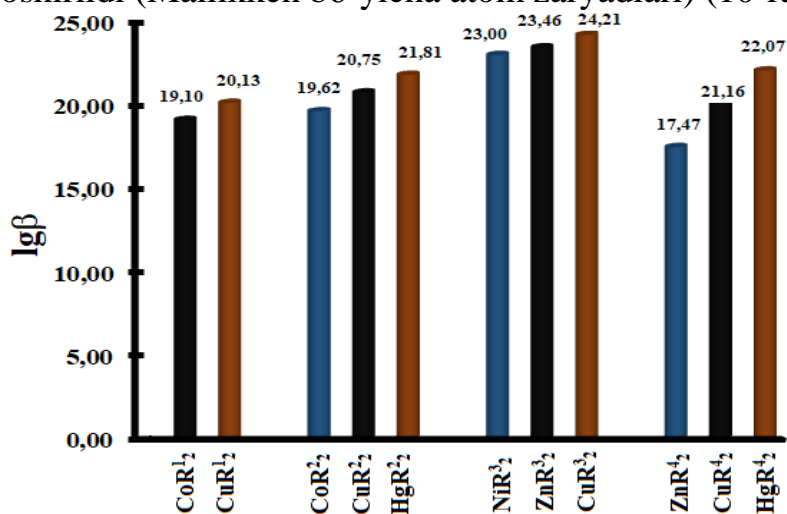
1-jadval

FeR^1_3 , CoR^1_2 , CuR^1_2 , CoR^2_2 , CuR^2_2 , HgR^2_2 , NiR^3_2 , CuR^3_2 , ZnR^3_2 , CuR^4_2 , ZnR^4_2 va HgR^4_2 komplekslarini asosiy analitik tavsiflari

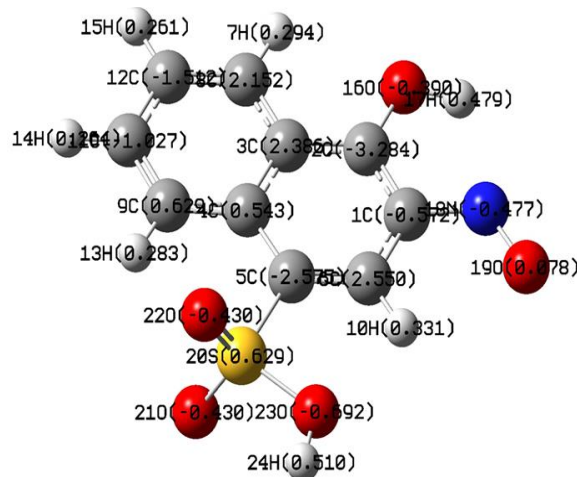
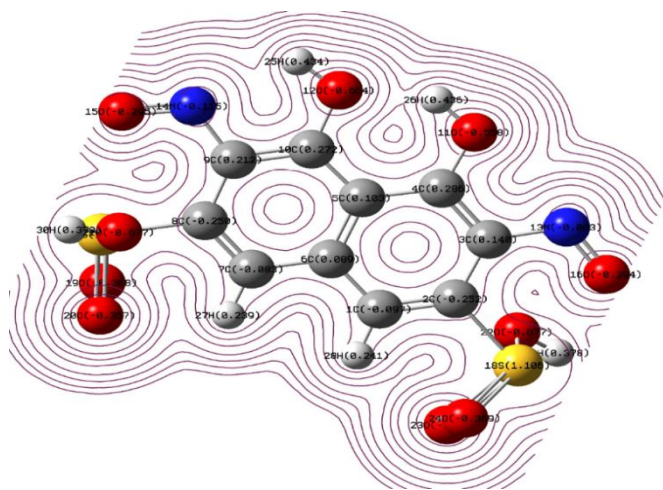
Kompleks tarkibi	$\lambda_{max.}, nm$		$\Delta\lambda, nm$	$\epsilon_{haq.} MR^n_m$	$S_{sezgir.}, mkg/sm^2$	$K_{muv.}$	$K_{beqar.}$	$K_{barq.} (\beta_{barq.})$	$lg\beta$
	HR^n	MR_m^n							
FeR^1_3	440	675	235	36765	0,0118	$0,27 \cdot 10^{-2}$	$4,60 \cdot 10^{-18}$	$2,17 \cdot 10^{17}$	17,34
CoR^1_2	440	550	110	40000	0,0019	$4,02 \cdot 10^{-2}$	$8,02 \cdot 10^{-20}$	$1,25 \cdot 10^{19}$	19,10
CuR^1_2	440	505	65	61350	0,0160	$8,19 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-21}$	$1,36 \cdot 10^{20}$	20,13
CoR^2_2	410	540	130	19531	0,0049	$1,90 \cdot 10^{-4}$	$2,41 \cdot 10^{-20}$	$4,15 \cdot 10^{19}$	19,62
CuR^2_2	410	510	100	20000	0,0084	$2,63 \cdot 10^{-5}$	$1,75 \cdot 10^{-21}$	$5,71 \cdot 10^{20}$	20,75
HgR^2_2	410	475	65	23530	0,0168	$3,25 \cdot 10^{-5}$	$1,54 \cdot 10^{-22}$	$6,49 \cdot 10^{21}$	21,81
NiR^3_2	505	575	70	23585	0,0085	$1,62 \cdot 10^{-8}$	$1,13 \cdot 10^{-23}$	$8,85 \cdot 10^{22}$	23,00
CuR^3_2	505	590	85	42608	0,0183	$2,44 \cdot 10^{-7}$	$6,14 \cdot 10^{-25}$	$1,63 \cdot 10^{24}$	24,21
ZnR^3_2	535	438	97	28571	0,0170	$5,75 \cdot 10^{-3}$	$3,50 \cdot 10^{-24}$	$2,86 \cdot 10^{23}$	23,46
CuR^4_2	505	595	90	20000	0,0025	$2,73 \cdot 10^{-5}$	$6,95 \cdot 10^{-22}$	$1,44 \cdot 10^{21}$	21,16
ZnR^4_2	510	565	55	42017	0,0042	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$3,37 \cdot 10^{-18}$	$2,97 \cdot 10^{17}$	17,47
HgR^4_2	540	645	105	52632	0,0031	$9,03 \cdot 10^{-7}$	$8,51 \cdot 10^{-23}$	$1,18 \cdot 10^{22}$	22,07

MSK va K_{barq} larni ortib borishi, shuningdek K_{muv} va K_{beq} larni kamayib borish qiymatlarini taqqoslash shuni ko'rsatadiki, o'rganilayotgan reagentlar bilan Cu^{2+} va Hg^{2+} ionlari komplekslarini sezgirligi va barqarorlik konstantalari boshqa metall ionlarini komplekslariga nisbatan yuqori bo'lishi $\text{Co} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Hg}$ qatorida xelatlarining barqarorlik qonuniyatlari mos kelishi aniqlandi hamda yetarlicha barqaror ekanligi tasdiqlandi (9-rasm).

Ma'lumki, hozirgi kunda hisoblash kimyosi va molekulyar dinamika usullari molekulyar, kristall va oraliq (nano) o'lchamdagi murakkab sistemalarning elektron va atom tuzilishlarini modellashtirishda keng qo'llanilmoqda. HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 reagentlarining fazoviy tuzilishini kvant-kimyoviy aniqlash uchun Gaussian 09 dasturiy paketi doirasidagi GaussView 5.0 dasturi yordamida kirish fayllari yaratildi. Geometriyalarni optimallashtirish B3LYP/3-21G usuli yordamida amalga oshirildi (Mallikken bo'yicha atom zaryadlari) (10-rasm).



9-rasm. Babkoni suyultirish usuli bilan CoR^1_2 , CuR^1_2 , CoR^2_2 , CuR^2_2 , HgR^2_2 , NiR^3_2 , CuR^3_2 , ZnR^3_2 , CuR^4_2 , ZnR^4_2 va HgR^4_2 komplekslarining barqarorlik konstantalarini aniqlash natijalari



10-rasm. HR^3 va HR^2 molekularida B3LYP/3-21G (Gaussian 09) usulida zaryad taqsimotlari hisoblab chiqilgan. Vizualizatsiya GaussView 5.0 yordamida bajarilgan

B3LYP/3-21G (Gaussian 09) usulida HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 molekularidagi yuqori band qilingan atomlarni effektiv zaryadlarining kvant-kimyoviy hisoblash natijalarini ko'rsatishicha, Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} komplekslarida donor-akseptor bog'lari HR^1 , HR^2 , HR^3 lar uchun nitrozo guruhidagi azot atomi orqali, HR^4 uchun esa piridin halqasining azot atomi va piridin halqasiga yaqin bo'lgan diazoguruhidagi azot atomi bilan hamda ion bog'lar naftol halqasining gidroksil guruhidagi vodorod ionlarining almashinishi hisobiga yuzaga keladi.

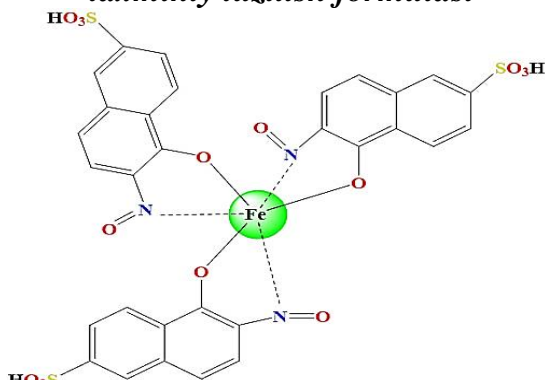
Birikmalarning tuzilishini identifikatsiya qilish uchun HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 lar va uning Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} komplekslarini IQ-, Raman- va 1H -YMR spektrlari olindi. Barcha reagentlarda 2800-2500 cm^{-1} sohalarda yutilishning yo'qligi reagent molekularini monomer tuzilganligidan dalolat beradi. Taqdqiqot davomida foydalanilgan organik reagentlarning IQ spektrida quyidagi chastotalar kuzatildi: HR^1 molekulasida 3420,66 cm^{-1} (ν_{OH}); 1589,63 - 1624,96 cm^{-1} ($\nu_{C=C}$); 1055,52-1111,80 cm^{-1} ($\nu_{C-N=O}$); 1589,63 cm^{-1} ($\nu_{C=NO}$); 1624,96 cm^{-1} (ν_{oksim}); 3040-3104 cm^{-1} (ν_{aren}); 886, 766 cm^{-1} (ν_{C-H} alm.aren), HR^2 molekulasida: 3473,38 cm^{-1} (ν_{OH}); 3040,41-3104,78 cm^{-1} $\nu_{(C-O)}$; 1589,63-1624,96 cm^{-1} $\nu_{(C=C)}$; 1055,52-1123,75 cm^{-1} $\nu_{(C-N)}$; 1430,74-1624,96 cm^{-1} $\delta_{(N=O)}$; 1624,89 cm^{-1} $\nu_{(oksim)}$; 3040,41-3420,66 cm^{-1} $\nu_{(CH)}$ va HR^4 molekulasida 2868, 2942 cm^{-1} (ν_{CH_3}); 3228, 3258 cm^{-1} (ν_{OH}); 1542 cm^{-1} ($\nu_{C=C}$); 1654 cm^{-1} ($\nu_{N=N}$); 1497 cm^{-1} va 3443 cm^{-1} (ν_{NH_2}); 792 cm^{-1} (ν_{C-H} , naftalin); 3034 cm^{-1} (ν_{C-H} arom. halqa); 1405, 1366 cm^{-1} (ν_{C-H} , metil); 673 cm^{-1} (ν_{S-O}) tebranishlari aniqlandi.

Shuningdek organik reagentlarning 1H -YMR spektrlarida quyidagi proton signallari kuzatildi: HR^1 molekulasida (400 MHz, δ , D_2O , m.u. J/Gts): 7,852(H^3), 8,242(H^4), 7,672 (H^5), 7,878 (H^7), 8,253 (H^8), HR^2 molekulasida (400 MHz, δ , D_2O , m.u. J/Gts) 7 ta proton signallari kuzatildi. 1-proton 12,3 m.u. da, 2-proton 6,5 m.u. da, 3-proton 2,0 m.u. da, 4-proton 7,6 m.u. da, 5-proton 7,7 m.u. da, 6-proton 7,55 m.u. da, 7-proton esa 7,4 m.u. larda HR^3 molekulasida (600 MHz, D_2O) δ 8,16 (s, H^1), 8,04 (s, OH), 7,98 (s, H^2), 7,84 (s, H^1), 7,75 (s, H^3), 7,60 (s, H^0), 7,37 (s, H^2), 7,09 (s, H^1), 7,04 (s, H^2), 4,69 (s, H^2) signallari kuzatildi. HR^4 molekulasida 1H -YMR spektrida aromatik halqasidagi protonlardan H^3 , H^4 , H^6 δ 5,85-6,05 m.u. larda multiplet signallar, metil guruhining protonidan δ 2,24 m.u. singlet signallari namoyon bo'ldi. Kuchsiz maydon sohasida gidroksil guruhining protonidan δ 11,38 m.u. da singlet signal namoyon bo'ldi. Naftalin halqasidagi boshqa H-protonlar δ 7,08-7,11 m.u. larda dublet signallari kuzatildi.

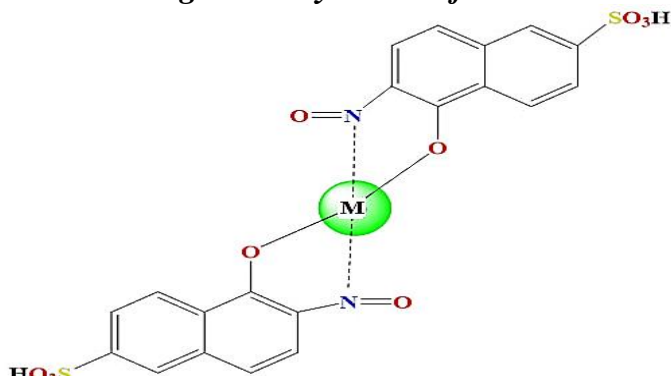
Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} komplekslarining IQ va Raman spektrlarida -OH guruhining valent chastotalarining yaqqol kuzatilmasligini metall ionlari naftalin halqasidagi OH⁻ guruhining kislorod orasida M-O bog'ining hosil bo'lishi bilan tushuntirish mumkin. Komplekslar tuzilishini tasdiqlaydigan oxirgi chastotalarning tahlilini quyidagicha xulosa qilish mumkin: 460-570 cm^{-1} sohalarda -O-M bog'ining valent tebranishi; 2961-2980 cm^{-1} sohalarda aromatik halqadagi -C-H bog'ining valent tebranishi; 1068-1158 cm^{-1} sohalarda aromatik halqadagi SO_3^- guruhining simmetrik va assimetrik valent tebranishlari borligini tasdiqlaydi. Komplekslarning IQ-spektrlarida asosiy o'zgarish gidroksoguruh (OH⁻) dagi valent tebranishlari sohasida yuz beradi. Reagentlar va komplekslar IQ va Raman spektridagi asosiy farq kompleks birikmalarda 460-570 cm^{-1} sohada qo'shimcha cho'qqilarning borligi bilan asoslanadi. Bu sohada cho'qqilarning paydo bo'lishi gidroksil guruhidagi vodorodning siqib chiqarilishi hisobiga metall ionlari va gidroksil guruhidagi kislorod atomi orasidagi valent bog'ning paydo bo'lishi bilan tushuntiriladi. Reagentlar molekulasidagi nitrozo va diazoguruhning valent tebranishi 1654 cm^{-1} da, kompleks birikmalardagi nitrozo va diazoguruhning valent tebranishi 1652-1658 cm^{-1} sohalarda kuzatiladi, bu esa o'z navbatida nitrozo va dizoguruh bilan metall ionlari orasida koordinasion bog' borligidan dalolat beradi.

Qolgan funksional guruhlar barcha komplekslarning IQ va Raman spektrlarida deyarli bir xil kuzatildi. Tekshirilayotgan HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 lar bilan Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini turli xil rangli kompleks birikmalarining tuzilishini IQ va Raman spektroskopik tahlil, yangi komplekslar zaryadlarini aniqlash, tarkibiy mollar nisbati va kvant-kimyoviy hisoblash natijalari asosida quyidagicha ifodalash mumkin: $xHR^{n-} + M^{m+} \rightarrow [MR_m]^{xn-} + xH^+$.

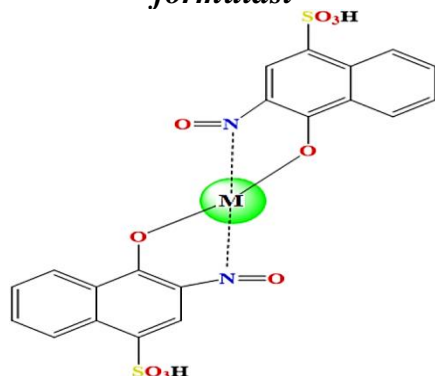
Fe^{3+} ionini HR^1 bilan kompleksining taxminiy tuzilish formulasi



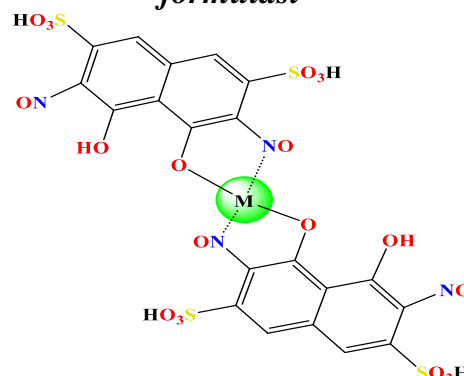
Co^{2+} va Cu^{2+} ionlarini HR^1 bilan komplekslarining taxminiy tuzilish formulasi



Co^{2+} , Cu^{2+} u Hg^{2+} ionlarini HR^2 bilan komplekslarining taxminiy tuzilish formulasi



Ni^{2+} , Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini HR^3 bilan komplekslarining taxminiy tuzilish formulasi



Dissertatsiyaning «Ishlab chiqilgan spektrofotometrik uslublarning metrologik tavsiflarini aniqlash» deb nomlangan to'rtinchi bobida darajalangan grafik tenglamalari (DG) eng kichik kvadratlar usulida hisoblandi va unga asosan ishlab chiqilgan uslublarning to'g'riligi va qayta takrorlanuvchanligi aniqlandi, Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} va Hg^{2+} ionlarining HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 bilan quyi aniqlanish chegaralari aniqlandi, shuningdek, Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} va Hg^{2+} ionlarini mikromiqdorlarini begona ionlar ishtirokida spektrofotometrik aniqlandi.

HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 reagentlari bilan Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlari komplekslarini atrof-muhit obyektlari analizida qo'llashda metall ionining miqdorini topish uchun, spektrofotometrik usuli bilan o'lchanayotgan «Y» kattaligi, optik zichlik «A» aniqlanayotgan modda miqdori «Xi» ga bog'liqligi grafigidan foydalanildi. Metall ionlarini aniqlash uchun DG tenglamalari 2-jadvalda keltirildi.

Optimal sharoitlarda darajalangan grafik tenglamasi asosida aniqlashning quyi chegarasi (Q_{min}) hisoblab chiqildi (3-jadval) va optik zichlikning $Fe(III)$, $Co(II)$, $Ni(II)$, $Cu(II)$, Zn , $Hg(II)$ ionlari konsentratsiyasiga bog'liqlik grafigi chizildi, shuningdek «kiritildi-topildi» usuli bilan olingan natijalarda nisbiy standart chetlanish (Sr) FeR^1_3 uchun 0,032; CoR^1_2 uchun 0,046; CuR^1_2 uchun 0,039; CoR^2_2

uchun 0,073; CuR_2^2 uchun 0,129; HgR_2^2 uchun 0,042; NiR_3^2 uchun 0,057; CuR_3^2 uchun 0,050; ZnR_3^2 uchun 0,115; CuR_4^2 uchun 0,045; ZnR_4^2 uchun 0,100 va HgR_4^2 uchun 0,044 dan oshmaydigan metall ionlarini aniqlash uchun ishlab chiqilgan uslublarning to'g'riligi va takrorlanishini tasdiqlaydi.

2-jadval

Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 reagentlari bilan aniqlash uchun darajalangan grafik tenglamalari

No	Tarkib	$Y_i=a+bX_i$	No	Tarkib	$Y_i=a+bX_i$
1	Fe^{3+} c HR^1	$0,0326+0,0123X_i$	7	Ni^{2+} c HR^3	$0,0014+0,0041X_i$
2	Co^{2+} c HR^1	$0,0097+0,0170X_i$	8	Cu^{2+} c HR^3	$0,0068+0,0042X_i$
3	Cu^{2+} c HR^1	$0,0013+0,0073X_i$	9	Zn^{2+} c HR^3	$0,0073+0,0070X_i$
4	Co^{2+} c HR^2	$0,0123+0,0078X_i$	10	Cu^{2+} c HR^4	$0,0036+0,0450X_i$
5	Cu^{2+} c HR^2	$0,0213+0,0083X_i$	11	Zn^{2+} c HR^4	$0,0054+0,0171X_i$
6	Hg^{2+} c HR^2	$0,0050+0,0070X_i$	12	Hg^{2+} c HR^4	$0,0033+0,0055X_i$

3-jadval

Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 reagentlari bilan quyi aniqlash chegarasining natijalari

No	Kompleks tarkibi	Kiritilgan M^{n+} , mkg	pH muhit oralig'i	Optimal pH muhit	λ , nm	V_{HR^n} , cm^3	S_A	Q_{min} mkg/ 25 cm^3
1	FeR_3^1	2,0-48,0	4,2-5,0	4,52	675	2,50	0,00177	0,1120
2	CoR_2^1	1,0-18,0	4,0-7,0	5,10	550	1,25	0,00168	0,3094
3	CuR_2^1	2,0-45,0	6,8-7,4	7,10	505	1,50	0,00114	0,0492
4	CoR_2^2	1,0-30,0	5,5-10,0	6,45	540	1,12	0,00178	0,6714
5	CuR_2^2	1,0-42,0	5,5-8,2	6,54	510	1,00	0,00144	0,2860
6	HgR_2^2	2,0-50,0	4,8-6,4	5,80	475	1,60	0,00175	0,6200
7	NiR_3^2	5,0-55,0	9,0-9,4	9,15	575	1,20	0,00193	0,6004
8	CuR_3^2	5,0-40,0	7,2-8,5	8,02	590	1,10	0,00256	0,2390
9	ZnR_3^2	2,0-35,0	6,5-7,0	6,73	438	1,20	0,00128	0,1220
10	CuR_4^2	0,5-6,50	3,5-4,8	3,96	595	0,90	0,00177	0,2338
11	ZnR_4^2	1,0-18,0	5,9-7,0	6,52	565	1,50	0,00271	0,1746
12	HgR_4^2	1,0-40,0	8,0-9,0	8,58	645	1,30	0,00160	0,7618

Reagentlarning eng muhim ko'rsatkichlaridan biri bo'lgan analizda ishlatilish imkoniyatini va usulning selektivligini aniqlash maqsadida turli xil begona ionlar ishtirokida Fe(III) , Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Zn , Hg(II) ionlarini aniqlashga ta'sirini tadqiqoti o'tkazildi. Aniqlash ishlab chiqilgan uslub asosida optimal sharoitlarda o'tkazildi. Natijalarning ko'rsatishicha, 25 sm^3 eritmada HR^1 reagenti bilan 15,0 mkg Co^{2+} ni aniqlashda Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} (1:10), Fe^{2+} (1:100) xalaqit beradi, HR^2 reagenti bilan 30,0 mkg Co^{2+} ni aniqlashda F^- , Hg^{2+} (1:10), Pb^{2+} (1:8), Fe^{3+} (1:7,5) xalaqit beradi, 40,0 mkg Cu^{2+} ni aniqlashda EDTA , SCN^- , F^- (1:1) xalaqit beradi, 30,0 mkg Hg^{2+} ni aniqlashda Bi^{3+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} (1:10), Cd^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} (1:5), EDTA , sitrat (1:1,0) xalaqit beradi; shuningdek HR^4 reagenti bilan 6,0 mkg Cu^{2+} ni aniqlashda Bi^{3+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Cd^{2+} , $\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$ (1:5), 15,0 mkg Zn^{2+} aniqlashda Cu^{2+} (1:7,5), Ni^{2+} , sitrat (1:5), Cd^{2+} , Fe^{2+} , SCN^- , Ti^{3+} , EDTA , OH^- (1:3) va 30,0 mkg Hg^{2+} aniqlashda Sn^{2+} , Pd^+ (1:33); Fe^{2+} , Fe^{3+} (1:10); Br^- , J^- (1:3); Cl^- (1:1) xalaqit beradi. Reagentlarning tanlab ta'sir etuvchanligini oshirilishi kompleks hosil bo'lishning optimal sharoitlarini to'g'ri tanlash bilan bog'liq, bu esa OZM larni aniqlash

uslubining yuqori metrologik va analitik tavsiflariga erishish imkoniyatini berdi.

Turli xossaligi va miqdordagi kompleks hosil qiluvchi birikmalarning begona kationlari hamda xalaqit beruvchi anionlarning ta'sirini aniqlash bo'yicha natijalar Fe^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} ionlarini HR^1 bilan, Co^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^2 bilan, Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ionlarini HR^3 bilan, shuningdek Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^4 bilan individual eritmalarda aniqlash imkoniyatini berdi, bu esa ushbu ionlarni sun'iy, binar, murakkab aralashmalar va atrof-muhit obyektlari hamda sanoat materiallari tarkibidan aniqlashga, shuningdek, ushbu metallarni kimyoviy tahlil amaliyotida turli atrof-muhit obyektlari va sanoat materiallariga o'xshash namunalardan tarkibidan yuqori metrologik tavsiflar va analitik parametrlar bilan aniqlash uchun spektrofotometrik qo'llanilishga asos bo'ldi.

Dissertatsiyaning beshichi bobini « **HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 reagentlari bilan Fe(III) , Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Zn , Hg(II) ionlarini spektrofotometrik aniqlash uslublarini atrof-muhit obyektlari analiziga qo'llanilishi» deb nomlanib, unda atrof-muhit obyektlari tarkibidan Fe^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} ionlarini HR^1 bilan, Co^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^2 bilan, Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ionlarini HR^3 bilan, shuningdek Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^4 bilan suvli eritmada spektrofotometrik aniqlashga bag'ishlangan. Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 yordamida sun'iy aralashmalar, qo'shimchalar qo'shish uslubi bilan tabiiy "Omonxona" buloq suvidan yomg'ir suvidan, sut mahsulotlaridan, standart sanoat namunalari va Xondiza konining rudasi tarkibidan aniqlangan, shuningdek ishlab chiqilgan uslublarning raqobatbardoshligi ham berilgan. Ishlab chiqilgan spektrofotometrik uslublar va olingan tajriba natijalari jahon adabiyotlarida ma'lum bo'lgan matematik statistika usullarining amaldagi qoida va amallari bilan qayta ishlangan. Ishlab chiqilgan uslublarni sun'iy aralashma, tabiiy va sanoat obyektlari (tabiiy suvlar, qotishma, minerallar, ruda) va boshqa real tabiiy atrof-muhit obyektlari hamda sanoat materiallari analiziga qo'llash mumkin.**

Fe(III) , Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Zn , Hg(II) ionlarini HR^1 , HR^2 , HR^3 va HR^4 bilan ishlab chiqilgan uslublari olingan optimal sharoitlarda niqoblovchilar qo'shish orqali murakkab va sun'iy aralashmalar analizida qo'llanildi.

Olingan tajriba natijalari Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini tabiati va miqdorlari turlicha bo'lgan hamda alohida holda uchraganda xalaqit bermaydigan va birga uchraydigan metallar ishtirokida tabiiy obyektlar, sanoat materiallari hamda xalaqit beruvchi ionlar ishtirokida aniqlash imkoniyatini yaratdi. Murakkab sun'iy aralashmalarni tayyorlashda Fe^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} ionlarini HR^1 bilan, Co^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^2 bilan, Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ionlarini HR^3 bilan, shuningdek Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR^4 bilan aniqlashga xalaqit beruvchi ionlar asos qilib olindi. Murakkab sun'iy aralashmalar analizi natijalari 4-jadvalda keltirilgan, olingan natijalarga ko'ra, ularni real obyektlar tarkibiga mos bo'lgan sun'iy aralashmalar tarkibidan spektrofotometrik aniqlash mumkinligi, ishlab chiqilgan uslublardagi nisbiy standart chetlanish (S_r) ning qiymati FeR^1_3 uchun 0,004; CoR^1_2 uchun 0,008; CuR^1_2 uchun 0,004; CoR^2_2 uchun 0,013; CuR^2_2 uchun 0,004; HgR^2_2 uchun 0,014; NiR^3_2 uchun 0,024; CuR^3_2 uchun 0,009; ZnR^3_2 uchun 0,0087; CuR^4_2 uchun 0,020; ZnR^4_2 uchun 0,023 va HgR^4_2 uchun 0,016 dan oshmasligi bilan asoslanadi, bu esa ishlab chiqilgan uslublarning to'g'riligini va ishonchligini ko'rsatadi.

4-jadval

Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ va Hg²⁺ ionlari mikromiqdorlarini sun'iy aralashma tarkibidan aniqlash natijalari (V=25,0 sm³; P=0,95)

Sun'iy aralashma tarkibi (nisbatlari)	Kiritildi M ⁿ⁺ , mkg	A	Topildi M ²⁺ , mkg, \bar{X}_i	S	S _r	$\bar{X} \pm \Delta X$
Fe ³⁺ ni HR ¹ bilan (ℓ=3,0 sm; λ=675 nm; n=3; pH=4,52; V _{HR} ¹ =2,5 sm ³ ; Yi=0,0326+0,0123Xi)						
Mg ²⁺ , Pb ²⁺ , Cl ⁻ (1:10) Co ²⁺ , Cu ²⁺ (1:2), J, SO ²⁻ ₄ , F ⁻ (1:100)	40,0	0,528 0,525 0,524	40,28 40,03 39,95	0,172	0,004	40,09±0,427
Co ²⁺ ni HR ¹ bilan (ℓ=1,0 sm; λ=550 nm; n=3; pH=5,10; V _{HR} ¹ =1,25 sm ³ ; Yi=0,0097+0,0170Xi)						
Na ⁺ , K ⁺ , NO ₃ ⁻ (1:100), Cu ²⁺ , Fe ²⁺ (1:1,0) Mg ²⁺ , Al ³⁺ (1:10)	15,0	0,268 0,265 0,264	15,19 15,02 14,96	0,119	0,008	15,06±0,296
Cu ²⁺ ni HR ¹ bilan (ℓ=3,0 sm; λ=505 nm; n=3; pH=7,10; V _{HR} ¹ =1,50 sm ³ ; Yi=0,0013+0,0073Xi)						
Mg ²⁺ , Pb ²⁺ , Cl ⁻ (1:10) Co ²⁺ , Fe ³⁺ (1:2), J, SO ²⁻ ₄ , F ⁻ (1:100)	40,0	0,294 0,292 0,294	40,10 39,82 40,10	0,162	0,004	40,01±0,402
Co ²⁺ ni HR ² bilan (ℓ=1,0 sm; λ=540 nm; n=3; pH=6,42; V _{HR} ² =1,1 sm ³ ; Yi=0,0123+0,0078Xi)						
Na ⁺ , K ⁺ , NO ₃ ⁻ (1:100), Cu ²⁺ , Fe ²⁺ (1:1,0) Mg ²⁺ , Al ³⁺ (1:10)	20,0	0,166 0,168 0,170	19,71 19,96 20,22	0,255	0,013	19,96±0,634
Cu ²⁺ ni HR ² bilan (ℓ=2,0 sm; λ=510 nm; n=3; pH=6,54; V _{HR} ² =1,0 sm ³ ; Yi=0,0213+0,0083Xi)						
Mg ²⁺ , Pb ²⁺ , Cl ⁻ (1:10) Co ²⁺ , Fe ³⁺ (1:2), J, SO ²⁻ ₄ , F ⁻ (1:100)	35,0	0,312 0,310 0,312	35,02 34,78 35,02	0,139	0,004	34,94±0,345
Hg ²⁺ ni HR ² bilan (ℓ=3,0 sm; λ=475 nm; n=3; pH=5,80; V _{HR} ² =1,6 sm ³ ; Yi=0,0050+0,0070Xi)						
K ⁺ , Na ⁺ , Ba ²⁺ , Cr ³⁺ , Pb ²⁺ (1:100), Fe ³⁺ (1:5) Cl ⁻ , F ⁻ , CH ₃ COO ⁻ (1:100)	30,0	0,218 0,215 0,212	30,43 30,00 29,57	0,430	0,014	30,00±1,07
Ni ²⁺ ni HR ³ bilan (ℓ=1,0 sm; λ=575 nm; n=5; pH=9,15; V _{HR} ³ =1,2 sm ³ ; Yi=0,0014+0,0041Xi)						
Na ⁺ , K ⁺ , I ⁻ (1:1000) Co ²⁺ , Al ³⁺ , Fe ²⁺ (1:10) Mn ²⁺ , F ⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , NO ₂ ⁻ (1:5), Cu ²⁺ (1:1)	50,0	0,213 0,208 0,210 0,212 0,204	51,61 50,39 50,88 51,37 49,41	1,20	0,024	50,73±1,49
Cu ²⁺ ni HR ³ bilan (ℓ=2,0 sm; λ=590 nm; n=3; pH=8,00; V _{HR} ³ =1,2 sm ³ ; Yi=0,0068+0,0042Xi)						
NH ₄ ⁺ , Al ³⁺ (15), Ni ²⁺ , (4); Fe ²⁺ (3), F ⁻ , NO ₃ ⁻ , (150) CH ₃ COO ⁻ (10,0)	30,0	0,132 0,130 0,132	29,81 29,33 29,81	0,277	0,009	29,65±0,688
Zn ²⁺ ni HR ³ bilan (ℓ=1,0 sm; λ=438 nm; n=5; pH=6,73; V _{HR} ³ =1,2 sm ³ ; Yi=0,0073+0,007Xi)						
Cu ²⁺ (1:1), Mg ²⁺ , Pb ²⁺ (1:5), NO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ (1:10)	30,0	0,219 0,220 0,218 0,217 0,216	29,885 30,049 29,721 29,557 29,393	0,259	0,0087	0,322±29,72

Ni²⁺, Cu²⁺ va Zn²⁺ ionlarini individual va murakkab aralashmalar hamda real obyektlarda to'g'ridan-to'g'ri spektrofotometrik aniqlash sharoitlarini optimallashtirish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlar asosida, tabiiy suvlardan: Omonxona bulog'i suvi tarkibidan ushbu ionlarni ekspress aniqlash uslublari ishlab chiqildi.

Ni²⁺ ionini HR³ bilan va Cu²⁺, Zn²⁺ ionlarini HR⁴ bilan aniqlashda namunani

analizga tayyorlash uslubi: Omonxona bulog‘idan olingan hajmi 2,0 dm³ (Cu²⁺ va Zn²⁺ ionlari uchun 1,0 dm³ dan) bo‘lgan namunani 2000 sm³ li issiqqa chidamli stakanga solindi, ustiga 20 sm³ 1,0 n li nitrat kislota eritmasi solib, aralashmani qum hammomida qizdirildi, eritmani nam tuz holigacha bug‘latildi. Cho‘kmani 10 sm³ distillangan suvda eritildi va 50 sm³ li stakanga filtrlab olinadi. So‘ngra eritmani 25,0 sm³ li o‘lchov kolbalariga miqdoran o‘tkazildi, ustiga 5,0-40,0 mkg miqdordagi Ni²⁺, 0,5-2,0 mkg miqdordagi Cu²⁺, 1,0-7,0 mkg miqdordagi Zn²⁺ eritmaları, har bir kolbalarga Ni²⁺, Cu²⁺ va Zn²⁺ uchun mos ravishda pH 9,15; 3,98 va 6,48 bo‘lgan 5,0 sm³ dan universal bufer aralashmasi va 1,2 sm³ 0,05 % li HR³, 0,9 sm³ hamda 1,5 sm³ 0,05 % li HR⁴ eritmalaridan solinib, kolbaning chizig‘igacha distillangan suv bilan to‘ldirildi va yaxshilab aralastirildi. Tabiiy suvlar analizi natijalariga ko‘ra (5-jadval), Ni²⁺ ionini HR³ bilan va Cu²⁺, Zn²⁺ ionlarini HR⁴ bilan spektrofotometrik aniqlash uslublari, topilgan optimal sharoitlarda o‘zining ishonchliligi, to‘g‘riligi, selektivligi, quyi aniqlanish chegarasi va Sr ning Ni²⁺ uchun 0,0263 dan, Cu²⁺ uchun 0,0159 dan va Zn²⁺ uchun 0,0195 dan oshmasligi bilan tavsiflanadi.

5-jadval

«Qo‘shilmalar usuli» bilan Omonxona bulog‘i suvi tarkibidan Ni²⁺ ionini HR³ bilan va Cu²⁺, Zn²⁺ ionlarini HR⁴ bilan aniqlash natijalari

No	Qo‘shildi, M ²⁺ , mkg	Eritmadagi M ²⁺ miqdori, mkg/25sm ³	\bar{A}	Topildi, M ²⁺ , $\bar{X} \pm \Delta X$	Namunadagi M ²⁺ miqdori, mkg	S	S _r
Ni ²⁺ ionini HR ³ bilan (V _{suv} =2,0 dm ³ ; pH=9,15; ℓ=1,0 sm; λ _{max} =575 nm; Yi=0,0014+0,0041Xi)							
1	-	13,80	0,0570	13,56±0,88	13,56	0,356	0,0263
2	5,00	18,80	0,0776	18,60±0,92	13,60	0,371	0,0199
3	10,00	23,80	0,0976	23,48±0,35	13,48	0,139	0,0059
4	15,00	28,80	0,1180	28,44±1,22	13,44	0,490	0,0172
5	20,00	33,80	0,1403	33,90±1,53	13,90	0,615	0,0181
6	25,00	38,80	0,1600	38,68±1,20	13,68	0,485	0,0125
7	30,00	43,80	0,1790	43,32±0,61	13,32	0,246	0,0057
8	35,00	48,80	0,2006	48,60±1,53	13,60	0,614	0,0126
9	40,00	53,80	0,2223	53,88±0,92	13,88	0,372	0,0069
Cu ²⁺ ionini HR ⁴ bilan (V _{suv} =1,0 dm ³ ; pH=3,98; ℓ=3,0 sm; λ _{max} =595 nm; Yi=0,0036+0,045Xi)							
1	-	4,00	0,1820	3,96±0,08	3,96	0,063	0,0159
2	0,50	4,50	0,2050	4,48±0,06	3,98	0,050	0,0112
3	1,00	5,00	0,2260	4,95±0,06	3,95	0,052	0,0105
4	2,00	6,00	0,2720	5,96±0,06	3,96	0,045	0,0076
Zn ²⁺ ionini HR ⁴ bilan (V _{suv} =1,0 dm ³ ; pH=6,48; ℓ=3,0 sm; λ _{max} =565 nm; Yi=0,0054+0,0171Xi)							
1	-	8,00	0,1410	7,93±0,19	7,93	0,155	0,0195
2	2,00	10,00	0,1740	9,86±0,15	7,86	0,120	0,0122
3	4,00	12,00	0,2090	11,90±0,12	7,90	0,103	0,0086
4	6,00	14,00	0,2450	14,01±0,16	8,01	0,131	0,0093

Olib borilgan tadqiqot ishlari davomida optimal sharoitlarga asosan Zn²⁺ va Hg²⁺ ionlarini HR⁴ bilan yomg‘ir suvlari tarkibidan “kiritildi-topildi” usuli bilan spektrofotometrik aniqlash tadqiqoti amalga oshirildi (6-jadval). Olingan natijalar asosida xulosa qilish mumkinki (6-jadval), ishlab chiqilgan spektrofotometrik uslublar va yomg‘ir suvi analizi natijalari o‘zining yetarlicha tezkorligi va tanlab ta’sir etuvchanligi bilan tavsiflanadi, shuningdek S_r qiymati Zn²⁺ ion uchun 0,018 dan va Hg²⁺ ion uchun 0,030 dan oshmadi.

6-jadval

«kiritildi-topildi» usuli bilan yomg'ir suvi tarkibidan Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini mikromiqdorini HR^4 bilan aniqlash natijalari

№	Kiritildi, M^{2+} , mkg	\bar{A}	Topildi, M^{2+} , mkg, $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Zn^{2+} ni HR^4 bilan ($V_{\text{suv}}=0,2 \text{ dm}^3$; $\text{pH}=6,48$; $\ell=3,0 \text{ sm}$; $\lambda_{\text{max}}=565 \text{ nm}$; $Y_i=0,0054+0,0171X_i$)					
1	10	0,175	$9,92 \pm 0,45$	0,180	0,018
2	15	0,262	$14,89 \pm 0,29$	0,115	0,008
Hg^{2+} ni HR^4 bilan ($V_{\text{suv}}=0,2 \text{ dm}^3$; $\text{pH}=8,58$; $\ell=1,0 \text{ sm}$; $\lambda_{\text{max}}=645 \text{ nm}$; $Y_i=0,0033+0,0055X_i$)					
1	10	0,056	$9,58 \pm 0,70$	0,280	0,030
2	20	0,112	$19,76 \pm 0,91$	0,365	0,018
3	30	0,166	$29,58 \pm 0,45$	0,18	0,006

Ishlab chiqilgan metall ionlarini sezgir organik reagentlar bilan ekspres va tanlab ta'sir etuvchan aniqlash usublari optimal sharoitlarda sanoat qotishmalarining standart namunalari analiziga qo'llanildi. Ni^{2+} , Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini HR^3 bilan standart sanoat qotishmalari tarkibidan aniqlash natijalari 7-jadvalda keltirilgan, olingan natijalar tahlilidan ko'rinib turibdiki, nisbiy standart chetlanish (S_r) Ni^{2+} ionini uchun 0,0187 dan, Cu^{2+} ionini uchun 0,0092 dan va Zn^{2+} uchun 0,0250 dan oshmaganligi ishlab chiqilgan usublarning yetarlicha sezgirlikidan dalolat beradi.

7-jadval

 Ni^{2+} , Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini HR^3 bilan standart sanoat qotishmalari tarkibidan spektrofotometrik aniqlash natijalari ($V=25,0 \text{ cm}^3$; $P=0,95$)

Namuna nomi., M, %	$V_{\text{nam.}}$, cm^3	Alikvotdagi M^{2+} miqdori, mkg	\bar{A}	Topildi Me^{2+} , mkg $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Ni^{2+} ionini HR^4 bilan aniqlash ($\text{pH}=9,15$; $\ell=1,0 \text{ cm}$; $\lambda_{\text{max}}=575 \text{ nm}$; $Y_i=0,0014+0,0041X_i$)						
AK12MK -203-5; 0,45	3,00	30,00	0,1236	$29,82 \pm 0,94$	0,3764	0,0126
	3,50	35,00	0,1433	$34,86 \pm 0,92$	0,3721	0,0107
	4,00	40,00	0,1633	$39,50 \pm 1,41$	0,5658	0,0143
	4,50	45,00	0,1853	$44,86 \pm 2,08$	0,8368	0,0187
	5,00	50,00	0,2036	$49,30 \pm 0,93$	0,3732	0,0076
Cu^{2+} ionini HR^3 bilan aniqlash ($\text{pH}=8,0$; $\ell=2,0 \text{ sm}$; $\lambda_{\text{max}}=590 \text{ nm}$; $Y_i=0,00568+0,00435X_i$)						
A-203-1; 3,3	1,30	21,76	0,099	$21,45 \pm 0,33$	0,133	0,0061
	1,80	30,11	0,137	$30,19 \pm 0,52$	0,209	0,0069
	2,30	38,54	0,173	$38,46 \pm 0,85$	0,343	0,0089
A-203-5; 1,5	3,00	22,50	0,102	$22,14 \pm 0,63$	0,133	0,0059
	4,00	30,00	0,138	$30,42 \pm 0,66$	0,266	0,0088
	5,00	37,50	0,172	$38,23 \pm 0,87$	0,351	0,0092
Zn^{2+} ionini HR^4 bilan aniqlash ($\text{pH}=6,73$; $\ell=3,0 \text{ cm}$; $\lambda_{\text{max}}=438 \text{ nm}$; $Y_i=0,0367+0,0061X_i$)						
A-203-5; 1,0	1,0	10,00	0,100	$10,377 \pm 0,422$	0,259	0,0250
	2,0	20,00	0,156	$19,557 \pm 0,626$	0,262	0,0134
	3,0	30,00	0,221	$30,213 \pm 0,322$	0,259	0,0086

Optimallashtirilgan sharoitlarda Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlari HR^4 bilan standart sanoat qotishmalari tarkibidan aniqlandi. Olingan natijalar va ularning matematik qayta ishlash natijalari 8-jadvalda keltirilgan. Tadqiqot davomida bajarilgan alyuminiy va

mis asosidagi standart sanoat namunalarining analizi natijalari dan ko‘rinib turibdiki (8-jadval), Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini HR^4 reagenti bilan spektrofotometrik aniqlash uslublari, yetarlicha sezgirliigi, o‘zining quyi aniqlanish chegarasining pastligi, selektivligi va nisbiy standart chetlanishning (S_r) qiymati Cu^{2+} ioni uchun 0,0428 va Zn^{2+} uchun 0,0374 dan oshmaganligi bilan ijobiy tavsiflanadi.

8-jadval

Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini HR^4 bilan standart sanoat qotishmalari tarkibidan spektrofotometrik aniqlash natijalari ($V=25,0 \text{ sm}^3$; $P=0,95$)

Namuna nomi., M, %	$V_{\text{nam.}}$, sm^3	Alikvotdagi M^{2+} miqdori, mkg	\bar{A}	Topildi, Me^{2+} , mkg, $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Cu^{2+} ionini HR^4 bilan aniqlash ($\text{pH}=3,98$; $\ell=3,0 \text{ sm}$; $\lambda_{\text{max}}=595 \text{ nm}$; $Y_i=0,0036+0,045X_i$)						
A-203-1, 3,3	1,0	3,30	0,154	$3,34 \pm 0,11$	0,0453	0,0136
	1,5	4,95	0,231	$5,05 \pm 0,10$	0,0406	0,0080
	1,8	5,94	0,279	$6,12 \pm 0,18$	0,0714	0,0117
M 123-1, 81,964	0,1	2,05	0,098	$2,10 \pm 0,11$	0,0453	0,0215
	0,2	4,10	0,183	$3,98 \pm 0,13$	0,0520	0,0131
	0,3	6,15	0,280	$6,14 \pm 0,11$	0,0453	0,0074
M 99-5, 82,14	0,1	2,05	0,098	$2,10 \pm 0,22$	0,0900	0,0428
	0,2	4,11	0,192	$4,19 \pm 0,14$	0,0552	0,0132
	0,3	6,16	0,280	$6,14 \pm 0,11$	0,0453	0,0074
Zn^{2+} ionini HR^4 bilan aniqlash ($\text{pH}=6,48$; $\ell=3,0 \text{ sm}$; $\lambda_{\text{max}}=565 \text{ nm}$; $Y_i=0,0054+0,0171X_i$)						
A-203-5, 1,0	2,5	5,0	0,090	$4,95 \pm 0,23$	0,185	0,0374
	5,0	10,0	0,179	$10,15 \pm 0,19$	0,154	0,0154
	7,5	15,0	0,258	$14,77 \pm 0,33$	0,262	0,0177
A-202-2c, 0,15	2,0	3,0	0,056	$2,96 \pm 0,24$	0,095	0,0320
	4,0	8,0	0,143	$8,05 \pm 0,45$	0,180	0,0220
	5,0	10,0	0,176	$9,98 \pm 0,24$	0,096	0,0100

Ishlab chiqilgan uslublar tabiiy obyekt hisoblangan Surxondaryo viloyatida joylashgan Xondiza polimetall rudasi analiziga tatbiq etildi (9-jadval). Rudalar tahlilining natijalari 9-jadvalda keltirildi, olingan natijalar yetarlicha sezgir va S_r qiymati barcha tajribalarda 0,0461 dan oshmadi.

9-jadval

Xondiza rudasi tarkibidan Ni^{2+} , Cu^{2+} va Zn^{2+} ionlarini spektrofotometrik aniqlash natijalari ($p=0,95$)

No	$V_{\text{nam.}}$, sm^3	Alikvotdagi M^{2+} miqdori, mkg	\bar{A}	Topildi M^{2+} , mkg $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Ni^{2+} ionini HR^3 bilan ($m_{\text{nam.}}=0,2000 \text{ g}$; $\ell=1,0 \text{ sm}$; $\lambda=575 \text{ nm}$; $n=3$; $\text{pH}=9,15$; $V_{\text{HR}^3}=1,2 \text{ sm}^3$)						
1	0,50	12,37	0,0508	$12,05 \pm 0,69$	0,556	0,0461
2	1,00	24,74	0,1006	$24,19 \pm 0,79$	0,634	0,0262
3	1,50	37,11	0,1512	$36,54 \pm 0,81$	0,654	0,0179
4	2,00	49,48	0,2032	$49,22 \pm 0,81$	0,316	0,0064
Cu^{2+} ionini HR^4 bilan ($m_{\text{nam.}}=0,100 \text{ g}$; $\ell=3,0 \text{ sm}$; $\lambda=595 \text{ nm}$; $n=5$; $\text{pH}=3,98$; $V_{\text{HR}^4}=0,9 \text{ sm}^3$)						
1	0,5	2,86	0,132	$2,85 \pm 0,05$	0,044	0,0154
2	1,0	5,73	0,262	$5,74 \pm 0,05$	0,044	0,0077
3	1,1	6,30	0,286	$6,28 \pm 0,05$	0,042	0,0067
Zn^{2+} ionini HR^4 bilan ($m_{\text{nam.}}=0,100 \text{ g}$; $\ell=3,0 \text{ sm}$; $\lambda=565 \text{ nm}$; $n=5$; $\text{pH}=6,48$; $V_{\text{HR}^4}=1,4 \text{ sm}^3$)						
1	1,0	6,19	0,110	$6,12 \pm 0,23$	0,185	0,0030
2	2,0	12,37	0,214	$12,20 \pm 0,17$	0,137	0,0112
3	2,5	15,46	0,268	$15,36 \pm 0,23$	0,185	0,0120

Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijasida (3-9 jadvallar), tanlangan optimal sharoitlarda ishlab chiqilgan spektrofotometrik aniqlash uslublari Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini aniqlashda nisbiy standart chetlanishning (S_r) qiymatlari barcha holatlarda 0,0461 dan oshmaganligi, aniqlangan ionlarning miqdorlari ishonchlilik ehtimolligi chegarasidan chiqmaganligi, natijalarning yetarlicha tanlab ta'sir etuvchanligi, to'g'riligi, ishonchliligi, qayta takrorlanuvchanligi, selektivligi va quyi aniqlanish chegarasining pastligi bilan muhim hisoblanadi hamda Fe^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} ionlarini HR¹ bilan, Co^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR² bilan, Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ionlarini HR³ bilan, shuningdek Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ionlarini HR⁴ bilan atrof-muhit obyektlari analizi tarkibidan aniqlashga tavsiya etildi.

Dissertatsiyaning oltinchi bobi «**Atrof-muhit obyektlari tarkibidagi ayrim og'ir va zaharli metall ionlarini monitoringi**» deb nomlanib, mazkur bob atrof-muhit obyektlari tarkibidan kimyoviy element ionlarini tabiiy buloq va daryo suvlari, shuningdek o'gir va zaharli metall ionlarini sanoat korxonalarining turiga ko'ra tuproqlar va yer-usti suvlari tarkibidan monitoring qilishga bag'ishlangan. Ma'lumki, hozirgi kunda respublikamizda va jahonda faoliyat ko'rsatayotgan ishlab chiqarish hamda kimyo sanoati korxonalaridan chiqayotgan gazlar, oqova suvlar va chiqindilar tabiiy suvlar, o'simliklar va tuproqlarning texnogen ifloslanishiga hamda ularning kimyoviy tarkibining buzilishiga olib kelmoqda. Shu sababli, chiqindilarni qayta ishlash tizimining yo'lga qo'yilishi atrof-muhitga kamroq zarar yetkazadi.

Atrof-muhit obyektlari tarkibidan kimyoviy elementlar, shuningdek, metall ionlarini monitoring qilish maqsadida Toshkent viloyatining Olmaliq shahrida joylashgan «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ (OKMK), «Ammofos-Maksam» AJ (ASMAK), Angren shahrida joylashgan «Angren issiqlik elektr stansiyasi» AJ (AIES), «Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi» AJ (YAIES) va «Angren neft bazasi» AJ (ANB), Bekobod tumanidagi «O'zbekiston metallurgiya kombinati» AJ (O'zMK) hamda «Bekobodsement» AJ (BS) kabi sanoat korxonalari atrofida tarqalgan tuproqlar, suv manbalari va o'simliklarning ekologik holati o'rganilib, ularning kimyoviy tarkibi monitoring qilindi (10-jadval).

10-jadval

Tanlangan hududlardagi sug'oriladigan tuproqlarda ayrim ionlarning miqdori

№	Ionlar tarkibi	Tadqiqot hududlari (mg/kg)							REM (mg/kg)
		OKMK	AIES	O'zMK	ASMAK	ANB	YAIES	BS	
1.	Co^{2+}	13,0	10,40	18,0	12,0	15,0	13,0	10,0	50
2.	Cu^{2+}	350	590	38,0	330	47,0	29,0	60,0	55
3.	Zn^{2+}	310	200	130	230	120	105,0	97,0	100
4.	Ni^{2+}	57,0	112,0	95,0	48,0	88,0	145,0	33,0	85
5.	Cd^{2+}	1,10	0,550	0,220	0,880	0,240	0,200	0,160	0,7
6.	V^{3+}	84,0	60,0	140,0	91,0	89,0	160,0	85,0	150
7.	As^{3+}	59,0	64,0	31,0	63,0	46,0	44,0	41,0	2
8.	Pb^{2+}	160	80,0	31,0	220	29,0	34,0	35,0	30
9.	Sb^{3+}	8,40	3,90	1,80	21,0	1,90	2,30	1,60	4,5

Tuproq tarkibida texnogen ta'sir natijasida turli kimyoviy elementlar, jumladan, metall ionlari aniqlangan bo'lib, ularning ayrimlari REM dan ortganligi aniqlandi. Olingan natijalarga ko'ra, tuproqlarda turli kimyoviy elementlar,

jumladan, metall ionlarining REM ga nisbatan oshganligi kuzatildi. Xususan: OKMK hududida: Zn^{2+} – 3,10 marta, Cu^{2+} – 6,36 marta, Pb^{2+} – 5,30 marta, Sb^{3+} – 1,87 marta, As^{3+} – 29,50 marta, Cd^{2+} – 1,57 marta; AIES hududida: Zn^{2+} – 2,0 marta, Cu^{2+} – 10,73 marta, Ni^{2+} – 1,32 marta, Pb^{2+} – 2,67 marta, As^{3+} – 32,00 marta, W^{6+} – 10,0 marta; O‘zMK hududida: Zn^{2+} – 1,30 marta, Ni^{2+} – 1,12 marta, Pb^{2+} – 1,03 marta, As^{3+} – 15,50 marta; ASMAK hududida: Cd^{2+} – 1,25 marta, Zn^{2+} – 2,30 marta, Cu^{2+} – 6,00 marta, Pb^{2+} – 7,30 marta, Sb^{3+} – 4,67 marta, As^{3+} – 31,50 marta; ANB hududida: Zn^{2+} – 1,20 marta, As^{3+} – 23,0 marta, Ni^{2+} – 1,04 marta; YAIES hududida: Zn^{2+} – 1,05 marta, Ni^{2+} – 1,72 marta, Pb^{2+} – 1,13 marta, As^{3+} – 22,00 marta, V^{3+} – 1,07 marta; BS zavodi hududida: Cu^{2+} – 1,09 marta, Pb^{2+} – 1,03 marta, As^{3+} – 20,05 marta oshganligi aniqlandi. Toshkent viloyatining tanlangan hududlarida joylashgan sanoat tarmoqlari atrofidagi suv manbalarida uchraydigan kimyoviy elementlar, jumladan, og‘ir va yengil metall ionlarining tahlili natijasida ularning amaliy miqdori va REM bo‘yicha ma’lumotlar 11-jadvalda keltirildi.

11-jadval

Tanlangan hududlardagi suv manbalarida tarqalgan ionlarning miqdori, mg/l (2021 va 2022 yillar misolida)

Tanlangan hududlar	Miqdori, mg/l										
	K ⁺	F ⁻	Na ⁺	Pb ²⁺	Cr ³⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺	As ³⁺	Al ³⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺
2021 yil oktabr oyi holatiga ko‘ra											
OKMK	51,1	0,76	151,00	0,011	0,0007	0,0011	0,003	0,07	<0,006	0,06	0,0054
AIES	51,6	0,78	149,00	0,029	0,0015	0,0037	0,023	0,03	0,03	0,04	0,0064
O‘zMK	51,9	0,79	145,00	0,008	0,0009	0,0035	0,002	0,05	<0,02	0,07	0,0044
ASMAK	52,4	0,81	128,00	0,016	0,001	0,0054	0,008	0,08	<0,009	0,02	0,0048
ANB	54,9	0,88	136,00	0,006	0,0004	0,0027	0,005	0,04	<0,001	0,09	0,0045
YAIES	53,8	0,85	146,00	0,034	0,0009	0,0014	0,012	0,02	<0,01	0,01	0,0241
BS	52,7	0,76	139,00	0,007	0,0008	0,0034	0,004	0,04	<0,01	0,11	0,0046
2022 yil noyabr oyi holatiga ko‘ra											
OKMK	54,3	0,84	150,00	0,026	0,0006	0,0054	0,01	0,04	<0,004	0,04	0,0065
AIES	52,5	0,83	147,00	0,018	0,0007	0,0043	0,014	0,02		0,01	0,0086
O‘zMK	54,4	0,88	141,00	0,009	0,0008	0,0059	0,003	0,03	<0,007	0,09	0,0046
ASMAK	52,4	0,85	128,00	0,029	0,0009	0,0046	0,013	0,03	<0,006	0,02	0,0084
ANB	53,4	0,81	146,00	0,005	0,0006	0,0028	0,006	0,05	<0,006	0,04	0,0061
YAIES	51,9	0,78	139,00	0,011	0,0005	0,0025	0,015	0,04	<0,009	0,07	0,0056
BS	55,3	0,81	129,00	0,012	0,0004	0,0064	0,002	0,05	<0,008	0,12	0,0045
REM	50,0	0,75	120,00	0,030	0,0010	0,0010	0,100	0,0100	0,10	0,05	0,200

Natijalar tahliliga ko‘ra, OKMK suv manbalarida F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} ionlari; AIES suv manbalarida F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} ionlari; O‘zMK suv manbalarida F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} ionlari; ASMAK suv manbalarida F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} ionlari; ANB suv manbalarida F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} ionlari; YAIES suv manbalarida F^- , K^+ , Na^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} ionlari hamda BS suv manbalarida F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} ionlari miqdori REMdan ortganligi aniqlandi.

Toshkent viloyatining tanlangan hududlarida o‘tkazilgan monitoring natijalari shuni ko‘rsatdiki, ishlab chiqarish va kimyo sanoati korxonalarining atrof-muhitga ta’siri natijasida ushbu hududlardagi yer usti suvlari tarkibida K^+ , F^- , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} va Pb^{2+} ionlari miqdori REMdan yuqori ekanligi aniqlandi. Sanoat ishlab chiqarish korxonalaridan chiqayotgan gazlar, oqova suvlar va chiqindilarning atrof-muhit obyektlariga ta’sirini monitoring qilish natijasida, zaharli OZM ionlarining kengroq

hududlarga tarqalishida shamolning ta'siri yuqori, yer osti va yer usti suvlarining ta'siri esa nisbatan past ekanligini tasdiqladi.

Hozirgi kunda harakatlanuvchi manbalar – avtomobillar, yuk mashinalari, avtobuslar, poyezdlar, samolyotlar va boshqa transport vositalari atmosferaga chiqariladigan ifloslantiruvchi moddalarining asosiy manbalari hisoblanadi. Respublikamizning turli hududlarida ushbu ifloslantiruvchi moddalar bo'yicha monitoring o'tkazildi. Havo tarkibidagi asosiy metallar va ularning xususiyatlari quyidagicha tavsiflanadi. Temir (Fe), rux (Zn) va volfram (W) – metallurgiya, qurilish changlari, avtomobil shinalari, tabiiy chang manbalari va sanoat chiqindilaridan paydo bo'lib tarqaladi. Nikel (Ni) – asosan yoqilg'i mahsulotlari, xususan mazut yonishidan havoga chiqadi hamda sanoat chiqindilari orqali tarqaladi. Uning zaharlilik darajasi o'rtacha bo'lib, allergik ta'sirlarga sabab bo'ladi. Mis (Cu) – avtomobil tormoz tizimlari va sanoat chiqindilaridan kelib chiqadi. REMdan yuqori miqdorda bo'lsa, nafas yo'llariga zarar yetkazadi. Qo'rg'oshin (Pb) – avtomobil yonilg'isi, akkumulyator ishlab chiqarish va sanoat chiqindilaridan hosil bo'ladi. Zaharliligi yuqori bo'lib, asab tizimi va miya faoliyatiga zarar yetkazadi. Kadmiy (Cd) – metallurgiya sanoati, chiqindi yoqish va sanoat gazlaridan hosil bo'ladi. Bu metall organizmga tushganda buyrak kasalliklarini keltirib chiqarishi va suyaklarning mo'rtlashishiga olib keladi. Xrom (Cr) – metallurgiya, po'lat ishlab chiqarish va sanoat chiqindilaridan kelib chiqadi. Yuqori zaharlilikka ega bo'lib, o'pka va saraton kasalliklarini rivojlanishiga olib keladi. Mishyak (As) – asosan ko'mir yoqish va kimyo sanoati chiqindilaridan hosil bo'ladi. Yuqori zaharlilikka ega bo'lib, o'pka va teri kasalliklarini keltirib chiqaradi. Vanadiy (V) – yonilg'i mahsulotlari, xususan neft mahsulotlari yonishi natijasida havoga chiqadi. Marganets (Mn) – metall ishlab chiqarish, payvandlash jarayonlari va sanoat chiqindilaridan tarqaladi.

O'zbekiston Respublikasining sanoat markazlari atrofida havoga chiqarilayotgan chang tarkibi turli mineral moddalar, metall oksidlari, silikatlar, qora tutun, ftoridlar, mishyak, surma va selen oksidlarini o'z ichiga oladi. Monitoring natijalari shuni ko'rsatadiki, yirik sanoat shaharlarida chang tarkibida Fe, Cd, Cu, Pb, Ni va Mn elementlari aniqlangan. Masalan, mis sanoati chiqindilari tarkibida Cu, Fe, Zn, Co va Ni kabi qimmatbaho metallar mavjud bo'lib, ular ekologiyaga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Shuningdek, kimyo sanoati korxonalarini suv, havo va tuproqni ifloslantiruvchi omillar qatoriga kiradi. Havo tarkibida uchraydigan metallar transport vositalari, sanoat chiqindilari, yonilg'i yonishi va tabiiy jarayonlar natijasida kelib chiqadi. Ushbu zarrachalar havoda uzoq vaqt saqlanib, inson salomatligi va atrof-muhit uchun xavf tug'diradi. Monitoring natijasida Respublikamizning 100 mingdan ortiq aholiga ega bo'lgan shaharlar atmosferasidagi og'ir metallar kontsentratsiyasi Andijon shahrida REMdan oshganligi kuzatildi. Viloyatlar atmosferasidagi og'ir metallar kontsentratsiyasi esa Toshkent shahri va Toshkent viloyatida eng yuqori ekanligi aniqlandi. Shu sababli, ushbu ifloslanishni kamaytirish uchun ekologik toza transport vositalaridan foydalanish, sanoat chiqindilarini minimallashtirish hamda atmosferaga chiqarilayotgan zararli moddalarning monitoringi va ularni kamaytirish choralari muhim ahamiyatga ega.

Surxondaryo viloyatidagi tabiiy buloq va daryo suvlari monitoringi uchun tarkibi turlicha bo'lgan 11 ta namuna 2022 yil 12-16 avgust kunlari quyidagi hududlardan olinib, tahlil qilindi: «To'palang suv ombori» (№1), «Xo'jaipok» buloq suvi (№2), «Surxon suv ombori» (№3), «Oltinugurt buloq suvi» (№4), «Xandiza buloq suvi» (№5-6) va «Hazrati Xo'ja Siddiq Sahoba» ziyoratgohi (№7-11). O'tkazilgan tahlil va monitoring natijalari shuni ko'rsatdiki, «To'palang suv ombori» da ionlarning miqdori REMdan oshmagan, biroq boshqa tabiiy buloq va daryo suvlari tarkibida faqat temir ionlari miqdori REMdan 1,52 martadan 14,48 martagacha oshgani aniqlandi, qolgan ionlarning miqdori esa belgilangan chegaradan oshmagan.

XULOSALAR

1. Naftalin asosidagi yangi organik reagentlar bilan Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini aniqlashning spektrofotometrik usuli uchun optimal sharoitlar suvli muhitda: Fe(III) va Co(II) ionlarini HR¹ bilan, Co(II), Cu(II) va Hg(II) ionlarini HR² bilan kuchsiz kislotali, Cu(II) ionini HR¹ bilan, Zn ionini HR³ bilan neytral, Ni(II) va Cu(II) ionlarini HR³ bilan kuchsiz ishqoriy muhitlarda tanlandi, nur yutish maksimumlarining batoxrom va gipsoxrom siljishlari $\Delta\lambda=60-230$ nm gacha, Sendel bo'yicha sezgirliklari 0,0031-0,0170 mkg/sm² oraliqlarda ekanligi o'rnatildi hamda optimallashtirilgan sharoitlarda yangi aniqlash uslublari yaratildi.

2. Atrof-muhit obyektlari tarkibidan Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ va Hg²⁺ ionlarini yangi organik analitik reagentlar: 5-gidroksi-6-nitrozonaftalin-2-sulfokislota, 4-gidroksi-3-nitrozonaftalin-1-sulfokislota, 4,5-digidroksi-3,6-dinitrozonaftalin-2,7-disulfokislota va 4-amino-5-gidroksi-6-[(5-metil-2-piridilazo)]-3-sulfonaftalin-1-sulfokislota bilan spektrofotometrik aniqlash uslublari tavsiya qilindi.

3. Atrof-muhit obyektlari tarkibidan Fe³⁺, Co²⁺, Cu²⁺ ionlarini HR¹ bilan, Co²⁺, Cu²⁺, Hg²⁺ ionlarini HR² bilan, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ ionlarini HR³ bilan, shuningdek Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ ionlarini HR⁴ bilan spektrofotometrik aniqlashning optimallashtirilgan sharoitlarida komplekslarning Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysinishi o'rnatildi hamda 25,0 sm³ suvli eritmada HR¹ bilan Fe(III) ion uchun 2,0-48,0 mkg, Co(II) ion uchun 1,0-18,0 mkg va Cu(II) ion uchun 2,0-45,0 mkg; HR² bilan Co(II) ion uchun 1,0-30,0 mkg, Cu(II) ion uchun 1,0-42,0 mkg va Hg(II) ion uchun 2,0-50,0 mkg; HR³ bilan Ni(II) ion uchun 5,0-55,0 mkg, Cu(II) ion uchun 5,0-40,0 mkg va Zn ion uchun 2,0-35,0 mkg, HR⁴ bilan Cu(II) ion uchun 0,50-6,50 mkg, Zn ion uchun 1,0-18,0 mkg va Hg(II) ion uchun 1,0-40,0 mkg oralig'ida komplekslar hosil qilish reaksiyalariga asoslanib, aniqlash uslublari tavsiya etildi.

4. Naftalin asosidagi yangi organik reagentlar bilan Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn va Hg(II) ionlarini hosil qilgan komplekslarining haqiqiy molyar so'ndirish koeffitsientini organik reagentlarga nisbatan batoxrom siljishlari: $\varepsilon(\text{CoR}^1_2) = 40000 < \varepsilon(\text{CuR}^1_2) = 61350$; $\varepsilon(\text{CoR}^2_2) = 19531 < \varepsilon(\text{CuR}^2_2) = 20000 < \varepsilon(\text{HgR}^2_2) = 23530$; $\varepsilon(\text{NiR}^3_2) = 23585 < \varepsilon(\text{ZnR}^3_2) = 28571 < \varepsilon(\text{CuR}^3_2) = 42608$ va barqarorlik konstantalarini $\beta(\text{CoR}^1_2) = 1,25 \cdot 10^{19}$ ($\lg\beta=19,10$) $< \beta(\text{CuR}^1_2) < 1,36 \cdot 10^{20}$ ($\lg\beta = 20,13$); $\beta(\text{CoR}^2_2) = 4,15 \cdot 10^{19}$ ($\lg\beta=19,62$) $< \beta(\text{CuR}^2_2) = 5,71 \cdot 10^{20}$ ($\lg\beta=20,75$) $< \beta(\text{HgR}^2_2) = 6,49 \cdot 10^{21}$ ($\lg\beta=21,81$); $\beta(\text{NiR}^3_2) = 8,85 \cdot 10^{22}$ ($\lg\beta= 23,00$) $< \beta(\text{ZnR}^3_2) = 2,86 \cdot 10^{23}$ ($\lg\beta=23,46$) $< \beta(\text{CuR}^3_2) = 1,63 \cdot 10^{24}$ ($\lg\beta=24,21$); $\beta(\text{ZnR}^4_2) = 2,97 \cdot 10^{17}$ ($\lg\beta=17,47$)

$\beta(\text{CuR}^4_2) = 1,44 \cdot 10^{21}$ ($\lg\beta=21,16$) $< \beta(\text{HgR}^4_2) = 1,18 \cdot 10^{22}$ ($\lg\beta=22,07$) ketma-ketligida ortib borish qonuniyati aniqlandi va $\text{Co} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Hg}$ qatorida xelatlanish qonuniyatlariga mos kelishi isbotlandi hamda yetarlicha barqaror ekanligi tasdiqlandi.

5. Ishlab chiqilgan uslublarning to'g'riligi va qayta tiklanuvchanligi "kiritildi-topildi" usuli yordamida o'rnatildi, ushbu ionlarni quyi aniqlanish chegaralari $\text{mkg}/25,0 \text{ sm}^3$ da: FeR^1_3 uchun 0,1120; CoR^1_2 uchun 0,3094; CuR^1_2 uchun 0,0492; CoR^2_2 uchun 0,6714; CuR^2_2 uchun 0,2860; HgR^2_2 uchun 0,6200; NiR^3_2 uchun 0,6004; CuR^3_2 uchun 0,2390; ZnR^3_2 uchun 0,1220; CuR^4_2 uchun 0,2338; ZnR^4_2 uchun 0,1746 va HgR^4_2 uchun 0,7618 ga teng ekanligi aniqlandi, atrof-muhit obyektlari tarkibidan aniqlash uslublarini tabiiy suvlar, standart namunalarda, rudalar va ashyoviy dalillar analiziga qo'llanilib, olingan natijalarda nisbiy standart chetlanish $S_r=0,1150$ dan oshmadi, boshqa alternativ DavST usullari bilan solishtirildi, natijalarning to'g'riligi, sistematik xatoliklar yo'qligi Styudent mezonlari bilan analitik va metrologik tavsiflarini yuqoriligi tasdiqlandi.

6. Toshkent viloyati hududidagi sug'oriladigan yerlar tuproqlari tarkibidagi OZM ionlarining miqdori sanoat korxonalarining turiga ko'ra monitoring qilindi, «Olmaliq kon-metallurgiya kombinati» AJ hududida Li^+ , Cs^+ , Ag^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} , Be^{2+} , Cd^{2+} ; «Angren issiqlik elektr stansiyasi» AJ hududida Li^+ , Cs^+ , Ag^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , Sn^{2+} , W^{6+} ; «O'zbekiston metallurgiya kombinati» AJ hududida Cs^+ , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} ; «Ammofos-Maksam» AJ hududida Li^+ , Cs^+ , Ag^+ , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{2+} , As^{3+} , Mo^{6+} ; «Angren neft bazasi» AJ hududida Li^+ , Cs^+ , Zn^{2+} , Ni^{2+} , As^{3+} ; «Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi» AJ hududida Li^+ , Cs^+ , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , V^{3+} hamda «Bekobodsement» AJ hududida Cs^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} kabi zaharli ionlar bilan 50 sm chuqurlikgacha REM dan ortganligi aniqlandi va ushbu hududlardagi yer-usti suvlarida K^+ , F^- , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} va Pb^{2+} ionlarini REM dan oshganligi asoslandi.

7. Monitoring natijasida Respublikamizning 100 mingdan ortiq aholiga ega bo'lgan shaharlar atmosferasidagi og'ir metallar konsentratsiyasi Andijon shahrida REMdan eng ko'p oshganligi kuzatildi. Respublikamiz atmosferasidagi og'ir metallar konsentratsiyasi esa Toshkent shahri va Toshkent viloyatida eng yuqori ekanligi aniqlandi. Surxondaryo viloyatidagi tabiiy buloq va daryo suvlarida o'tkazilgan tahlil va monitoring natijalari shuni ko'rsatdiki, «To'palang suv ombori» da ionlarning miqdori REMdan oshmagan. Ammo, № 2-11 tahlil qilingan namunalarda tarkibida temir ionlari miqdori REMdan 1,52 martadan 14,48 martagacha ortgani, qolgan ionlarning miqdori esa REMdan oshmaganligi aniqlandi.

8. Atrof-muhit obyektlari tarkibidan Fe(III) , Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Zn va Hg(II) ionlarining spektrofotometrik aniqlash uslublari real obyektlar analizlariga qo'llash uchun tavsiya etildi, shuningdek Qoraqalpog'iston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligining «Qoraqalpoq suv ta'minoti» AJ da, «Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ, «Sho'rtan gaz kimyo majmuasi» MCHJ, «PENG-SHENG» MCHJ O'zbekiston Xitoy qo'shma korxonasi va O'zbekiston Respublikasi IIV «Ekspert-Kriminalistika Bosh Markazi» ning kimyoviy laboratoriyalarida joriy qilindi hamda O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligidan foydali modelga patent olindi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ DSc.03/30.12.2019.К.01.03
ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА

ТОДЖИЕВ ЖАМОЛИДДИН НАСИРИДДИНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ НЕКОТОРЫХ ТЯЖЁЛЫХ И ТОКСИЧНЫХ
МЕТАЛЛОВ НОВЫМИ ОРГАНИЧЕСКИМИ РЕАГЕНТАМИ НА
ОСНОВЕ НАФТАЛИНА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

02.00.02 - Аналитическая химия

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

**АВТОРЕФЕРАТ
ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ХИМИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент – 2025

Тема докторской диссертации (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за номером B2025.1.DSc/K141.

Докторская диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета www.ik-kimyo.nuuz.uz и Информационно-образовательном портале "ZiyoNET" по адресу www.ziynet.uz.

Научный консультант:

Сманова Зулайхо Асаналиевна
доктор химических наук, профессор

Тураев Хайит Худайназарович
доктор химических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Яхшиева Зухра Зиятовна
доктор химических наук, профессор

Соттикулов Элёр Сотимбоевич
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Усманова Хилола Уматалиевна
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация:

Институт общей и неорганической химии

Защита диссертации состоится «17» 04 2025. в 11⁰⁰ часов на заседании разового научного совета на основе Научного совета DSc.03/30.12.2019.K.01.03 при Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100174, Ташкент, ул. Университетская 4. Тел.: (99871) 246-07-88, факс: (+99824) 246-02-24. E-mail: ilmiy_kengash@nuu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана (зарегистрирована за № 46). Адрес: 100174, Ташкент, ул. Университетская 4. Тел.: (+99871) 246-07-88, 277-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; 246-02-24; e-mail: ilmiy_kengash@nuu.uz

Автореферат диссертации разослан «04» 04 2025 г.

(реестр протокола рассылки № 11 «03» 04 2025 г.)



Даминова Ш.Ш.

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

Кутлимуротова Н.Х.

Ученый секретарь разового Научного
совета по присуждению ученых
степеней, д.х.н., профессор

Бабаев Б.Н.

Председатель разового Научного семинара при
разовом Научном совете по присуждению ученых
степеней, д.х.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире развитие технологий приводит к повышению концентрации ионов тяжелых и токсичных металлов (ТТМ) в объектах окружающей среды, что из года в год усиливает их негативное воздействие на здоровье человека. Данная проблема приобретает глобальный характер и требует регулярного мониторинга ионов ТТМ в объектах окружающей среды. При решении таких проблем важно в первую очередь разработать экономически дешёвые, чувствительные и избирательные методы обнаружения ТТМ. В частности, разработка спектрофотометрических методов определения с использованием ФАГ и ААГ содержащих новые водорастворимые органические реагенты на основе нафталина для обнаружения и контроля ионов ТТМ имеет большое практическое значение.

Во всем мире ведущими учеными для определения ионов ТТМ разработаны современные методы контроля, такие как оптическая и ААС, ЭС с ИСП, масс-спектрометрия с ИСП, жидкостная хроматография и др. Однако эти методы являются дорогостоящими и сложными в аппаратном оформлении. В связи с этим разрабатываемые спектрофотометрические методы определения с использованием новых органических реагентов для их применения в анализе объектов окружающей среды на сегодняшний день до сих пор актуальны. Применение данного метода для определения состава техногенных объектов, промышленных отходов, руд, сплавов, пищевых продуктов, биологических образцов и фармацевтических препаратов имеет важное научное значение.

В нашей стране проводятся исследования по определению ионов ТТМ и мониторинг экологических экотоксикантов в объектах окружающей среды, в результате которых достигнуты определенные результаты и разработаны их спектрофотометрические методы определения с высокой чувствительностью и низкой стоимостью. В Указе Президента Республики Узбекистан № УП-5863 «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан¹ до 2030 года» от 30 октября 2019 года определены такие приоритетные задачи, как «Определение приоритетных направлений государственной политики в области охраны окружающей среды, сохранение и обеспечение качества объектов окружающей среды (атмосферного воздуха, биоразнообразия, вод, земель, почв, охраняемых природных территорий) от антропогенного воздействия и иных негативно воздействующих факторов», исходя из данных задач, проведение исследований по изучению загрязнения ионами ТТМ промышленных территорий приобретает важное значение. Ввиду широкого применения в нашей Республике таких ионов ТТМ как Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) в медицине, химической промышленности, авиации, народном хозяйстве разработка и улучшение современных, экспрессных, более надежных и экономически дешёвых методов их определения имеют особое значение.

Данное диссертационное исследование в определенной степени направлено на выполнение задач, предусмотренных указом Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годах» и в Постановлении Президента

¹ Указ Президента Республики Узбекистан № УП-5863 «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года» от 30 октября 2019 года.

Республики Узбекистан ПП-4265 от 3 апреля 2019 года «О мерах по дальнейшему реформированию химической промышленности и повышению ее инвестиционной привлекательности», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии в республике. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики VII. Химия, химическая технология и нанотехнология.

Обзор международных научных исследований по теме диссертации². Научные исследования по разработке универсальных спектрофотометрических методов анализа ионов ТТМ с использованием органических аналитических реагентов (ОАР) в объектах окружающей среды проводятся в мировых научных центрах, в том числе Mohanlal Sukhadia University, National Institutes of Technology (Индия) University of Warsaw (Польша), University of Malaga (Испания), Burapha University (Тайланд), Ebonyi State University (Нигерия), Karatekin University, Gazi University, Istanbul Technical University, Ahi Evran University (Турция), Azerbaijan State Pedagogical University, Baku State University (Азербайджан), University of Karbala (Ирак), Пермском государственном национальном исследовательском университете, Уральском федеральном университете, Московском государственном университете (Россия), Харьковском национальном университете (Украина), Eurasian National University (Казахстан), Национальном Университете Узбекистана, Самаркандском государственном университете, Термезском государственном университете (Узбекистан) и при этом получены следующие научные результаты: разработан электрогравиметрический метод определения микроколичеств ТТМ в сточных водах и рудах (Индия, Россия, Узбекистан), разработаны потенциометрические методы титрования микроколичеств ТТМ (Испания, Нигерия, Узбекистан), определены ионы железа, кобальта, никеля, меди, цинка и ртути экспресс-спектрофотометрическими методами анализа в сточных и природных водах, таблетках, рудах, сплавах, фруктах, пищевых и растительных образцах (Индия, Польша, Тайланд, Нигерия, США, Турция, Азербайджан, Узбекистан), АЭС-ИСП, масс-спектроскопией с индуктивно-связанной плазмой, атомно-абсорбционной спектроскопии в минералах, рудах и сплавах, определены микроколичества ТТМ (Украина, Казахстан, Ирак), разработаны рентгенофлуоресцентные методики определения ТТМ в различных объектах и стандартных образцах (Украина), разработан эмиссионный метод определения элементного состава руд, а также методики их сорбционно-спектроскопического определения в сточных и природных водах, сплавах и сопутствующих металлах (Узбекистан).

В мире с целью увеличения эффективного применения физико-химических методов определения ТТМ проводятся исследования по ряду приоритетных направлений, в том числе: разработка более надежных, экспрессных и недорогих методик определения ионов ТТМ, содержащихся в сточных и природных водах, таблетках, рудах, сплавах, фруктах, пищевых продуктах и

² Обзор зарубежных исследований по теме диссертации подготовлен по <https://www.sciencedirect.com>, <https://www.sci-hub.wf>, <https://scholar.google.com>, <https://www.mendeley.com>, <https://elibrary.ru>, <https://www.dissercat.com> и материалам из других источников.

растительных образцах, сравнение этих результатов с химическими и другими физико-химическими методами, установление механизма образования металлокомплексов, контроль и мониторинг количества ТТМ, а также использовании их в решении ряда экологических проблем.

Степень изученности проблемы. Определением ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) в объектах окружающей среды занимались и занимаются разные исследователи мирового уровня. Разработанные ими физические и физико-химические методики определения указанных ионов характеризуются сложным аппаратным оформлением и являются дорогостоящими, а это в свою очередь привело к необходимости разработки более улучшенных, дешевых и экспрессных методов спектрофотометрического определения ионов этих металлов в объектах окружающей среды, отвечающих всем существующим требованиям.

Необходимо отметить наиболее часто цитируемые работы зарубежных авторов: Goswami A.K., Nworie F., Elgailani I., Gul A.S., Shar G.A., Alaa F.H., Pavel N.N., Vergara E.G., Jeoung M.S., Al-Da'amy, Lokhande R.S., Jibrani I., Youcef M.H., Choi H.S., Yassen S.M., Mohammadi S.Z., Liu Y., Bazel Y., Nalawade R.A., а также ученые СНГ Золотов Ю.А., Алиева Р.А., Иванов В., Вернигора А.Н., Заболотных С.А., Булатов А.В., Елчишева Ю.Б., Саввин С.Б., Гавриленко Н.А., Долманова И.Ф., Залов А.З., Шпигун О.А., Шеховцова Т.Н., Вердизаде Н.А., Чырагов Ф.М., Сарафанова Л.А., Дмитриенко С.Г. и др. Их исследования посвящены разработке новых методов определения различных ионов и элементов в объектах окружающей среды.

К этому ряду ученых относятся и современные узбекские ученые, особенно, основатель школы аналитической химии в Узбекистане академик Толипов Ш.Т., создавший Республиканскую и среднеазиатскую школу химиков-аналитиков, а также его ученики, посвятившие свои работы оптическим методам анализа, в частности фотометрическим, спектрофотометрическим, колориметрическим, сорбционно-спектроскопическим определениям ТТМ в объектах окружающей среды. Развитие данного направления в Узбекистане непосредственно связано с исследованиями таких ученых как: Хадеев В.А., Жданов А.К., Джиянбаева Р.Х., Бабаев Н.Б., Хамракулов Т.К., Геворгян А.М., Круковская Е.Л., Рахматуллаев К.З., Ташхожаев А.Т., Чапрасова Л.В., Ибраимов Ч.И., Шестерова И.П., Файзуллаев О.Ф., Турабов Н.Т., Абдурахманов Э., Насимов А.М., Тураев Х.Х., Сманова З.А., Кутлимуротова Н.Х. и др. Однако исследования по применению новых ОАР на основе нафталина для спектрофотометрического определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) в экологическом и аналитическом анализе на практике мало изучено.

Связь диссертационного исследования с планами НИР высшего образовательного заведения. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ фундаментальных и прикладных проектов НУУз по темам ФЗ-20171024243 «Исследование физико-химических свойств азореагентов при определении ионов кобальта и железа» (2018-2019 гг.), ФЗ-201908098 «Очистка каолинов от оксидов железа» (2020-2022 гг.)

Целью исследования является разработка спектрофотометрических методик определения и мониторинга ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) в объектах окружающей среды чувствительными и избирательными

новыми органическими реагентами на основе нафталина.

Задачи исследования:

установление общих закономерностей взаимодействия и оптимизация условий образования различных комплексов для определения микроколичеств ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} в объектах окружающей среды с использованием новых ОАР: 5-гидрокси-6-нитрозофталин-2-сульфо кислоты (HR^1); 4-гидрокси-3-нитрозофталин-1-сульфо кислоты (HR^2); 4,5-дигидрокси-3,6-динитрозофталин-2,7-дисульфокислоты (HR^3) и 4-амино-5-гидрокси-6-[(5-метилпиридил-2)-азо]-3-сульфофталин-1-сульфо кислого натрия (HR^4);

улучшение аналитических и метрологических характеристик реагентов HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 и их комплексов, образующих с ионами Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} и Hg^{2+} , определение спектральных характеристик, истинных молярных коэффициентов светопоглощения, состава и мольных соотношений компонентов комплексных соединений, а также расчет констант равновесия, неустойчивости и устойчивости методами математических программ;

расчет уравнений градуировочных графиков и проверка селективности исследуемых аналитических реакций в присутствии различных посторонних ионов, а также определение точности и воспроизводимости, установление нижнего предела определяемых содержаний ионов разработанными методиками и метрологическая оценка полученных результатов;

разработка новых селективных спектрофотометрических методов определения ТТМ в различных объектах окружающей среды: почвах, водах, продуктах питания, растительных и лекарственных средствах, сплавах и рудах;

мониторинг воздействия сточных и родниковых вод, отходов промышленных производственных предприятий на объекты окружающей среды; апробация разработанных новых оптических методик определения ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} и Hg^{2+} в составе объектов окружающей среды в лабораторных условиях в производственных предприятиях Узбекистана.

Объектами исследования являются объекты окружающей среды, промышленные сплавы, молочные продукты, природные, сточные, канализационные воды и руды.

Предметом исследования являются ионы Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} и ОАР HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 , а также высокотоксичные компоненты объектов окружающей среды.

Методы исследования. В качестве методов исследования использованы спектрофотометрические, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, потенциометрические, ИК- и Рамановская спектроскопия, квантово-химические, статистические методы обработки полученных данных.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлены закономерности оптимизации условий спектрофотометрического определения ионов Fe(III) , Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Zn и Hg(II) новыми органическими реагентами на основе нафталина в водной среде: ионов Fe^{3+} и Co^{2+} с HR^1 , Co(II) , Cu(II) и Hg(II) с HR^2 в слабокислой; ионов Cu(II) с HR^1 , ионов Zn с HR^3 в нейтральной; ионов Ni(II) и Cu(II) с HR^3 в щелочной средах; найдено подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера в интервале 0,5-55,0 мкг; батохромные и гипсохромные сдвиги максимумов светопоглощения до $\Delta\lambda=60-230$ нм, а также чувствительность по Сенделю в

диапазоне 0,0031-0,0170 мкг/см²;

впервые доказано, что кривые электронного поглощения новых селективных органических реагентов при различных значениях рН среды имеют максимумы поглощения в области 424-495 нм для HR¹, 408-455 нм для HR², 440-540 нм для HR³ и 500-535 нм для HR⁴ в одном симметричном положении, а молярный коэффициент светопоглощения и константы диссоциации реагентов по методу Комаря составляют для: HR¹ ε=695,70 и K_д=3,40·10⁻⁷ (рK=6,47); HR² ε=934,64 и K_д=3,28·10⁻⁶ (рK=5,48) и HR³ ε=549 и K_д=3,38·10⁻⁷ (рK=6,47) соответственно;

сформулированы критерии батохромных сдвигов истинных молярных коэффициентов светопоглощения относительно органических реагентов: ε(CoR¹₂) = 40000 < ε(CuR¹₂) = 61350; ε(CoR²₂) = 19531 < ε(CuR²₂) = 20000 < ε(HgR²₂)=23530; ε(NiR³₂)=23585<ε(ZnR³₂)=28571<ε(CuR³₂)=42608 и установлена взаимосвязь этих критериев с константами устойчивости комплексов β (CoR¹₂) = 1,25·10¹⁹ (lgβ=19,10) < β(CuR¹₂) < 1,36·10²⁰ (lgβ = 20,13); β (CoR²₂) = 4,15·10¹⁹ (lgβ=19,62) < β(CuR²₂) = 5,71·10²⁰ (lgβ=20,75) < β (HgR²₂) = 6,49·10²¹ (lgβ=21,81); β(NiR³₂) = 8,85·10²² (lgβ= 23,00) <β(ZnR³₂) = 2,86·10²³ (lgβ=23,46) < β(CuR³₂) = 1,63·10²⁴ (lgβ=24,21); β(ZnR⁴₂) = 2,97·10¹⁷ (lgβ=17,47) < β (CuR⁴₂) = 1,44·10²¹ (lgβ=21,16) < β(HgR⁴₂) = 1,18·10²² (lgβ=22,07) комплексобразованных ионов Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) с новыми органическими реагентами на основе нафталина, которые возрастают в ряду Co < Ni < Zn < Cu < Hg, что подтверждено соответствие закономерности хелатирования;

определены нижние пределы обнаружения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) с использованием разработанных методик и они составляют в мкг/25,0 см³: 0,1120 для FeR¹₃; 0,3094 для CoR¹₂; 0,0492 для CuR¹₂; 0,6714 для CoR²₂; 0,2860 для CuR²₂; 0,6200 для HgR²₂; 0,6004 для NiR³₂; 0,2390 для CuR³₂; 0,1220 для ZnR³₂; 0,2338 для CuR⁴₂; 0,1746 для ZnR⁴₂ и 0,7618 для HgR⁴₂ и имеет высокую чувствительность;

в качестве новизны экологических решений разработаны научные основы спектрофотометрического определения ионов тяжёлых металлов с использованием новых органических аналитических реагентов на основе нафталина при анализе объектов окружающей среды, а также проведён мониторинг состава родников, речных вод, почв и сточных вод;

сопоставлены результаты методик определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) в объектах окружающей среды природных водах, стандартных пробах, рудах и вещественных доказательств другими альтернативными ГОСТ методами, относительное стандартное отклонение не превышает St=0,1150 и правильность результатов подтверждена отсутствием систематических погрешностей, высокими аналитическими и метрологическими характеристиками по критериям Стьюдента;

разработаны спектрофотометрические методы определения ТТМ в объектах окружающей среды, определено содержание ионов ТТМ в орошаемых почвах Ташкентской области, мониторинг которых показал, что в районах промышленных предприятий содержание токсичных ионов превышает ПДК в слое почвы до 50 см на территории АГМК выявлены ионы Zn²⁺, Cu²⁺, Pb²⁺, Sb³⁺, As³⁺, Cd²⁺; на территории АТЭС – Cu²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, Pb²⁺, As³⁺, W⁶⁺; на

территории УЗМК – Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} ; на территории АСМАК – Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} ; на территории АНБ – Zn^{2+} , Ni^{2+} , As^{3+} ; на территории НАТЭС – Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , V^{3+} ; на территории БЦ – Cu^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} и экспериментально доказано, что в поверхностных водах этих территорий содержание ионов K^+ , F^- , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} и Pb^{2+} превышает ПДК.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

на основании установленных закономерностей разработаны экономически дешёвые, экспрессные, чувствительные, селективные методики определения ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} в бинарных и сложных смесях, промышленных образцах, природных водах, минералах и других объектах окружающей среды реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 , а также проведен мониторинг состава почв, родниковых и поверхностных вод по типу промышленных предприятий;

определены оптимальные условия разработанных методик: pH среды и концентрация ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} и реагентов HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 , состав разных буферных смесей, электронные спектры поглощения, мольные соотношения, а также другие физико-химические характеристики;

разработаны экологически безопасные селективные спектрофотометрические методики определения Fe^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} с HR^1 ; Co^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} с HR^2 ; Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} с HR^3 ; Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с HR^4 в модельных, бинарных и сложных смесях, а также в реальных объектах окружающей среды, промышленных сплавах.

Достоверность результатов исследования доказана такими современными физико-химическими методами как спектрофотометрия, потенциометрия, масс-спектрометрия с ИСП, квантово-химические расчеты, ИК-, 1H -ЯМР и Рамановская спектроскопия. Выводы сделаны на основе экспериментальных результатов, обработанных методами математической статистики.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в установлении закономерностей спектрофотометрического определения в широком диапазоне pH и концентраций истинного молярного коэффициента светопоглощения (ϵ), чувствительности по Сенделю, разности $\Delta\lambda$, характеризующая контрастность реакции, констант равновесия и устойчивости (β_k) обеспечивающие разработки новых спектрофотометрических методик определения ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} в объектах окружающей среды.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке новых экологически безопасных, селективных, спектрофотометрических методик в практической реализации определения ионов ТТМ в различных объектах окружающей среды с нижним пределом их измеряемых концентраций на уровне ПДК и ниже в индивидуальных растворах, искусственных, бинарных смесях, природных водах, промышленных сплавах и сложных смесях, что позволило определять ионы ТТМ в различных объектах окружающей среды.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов научного исследования по разработке методик определения ионов Fe^{3+} , Co^{2+} и Cu^{2+} с HR^1 , ионов Co^{2+} , Cu^{2+} и Hg^{2+} с HR^2 , ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^3 , а также ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с HR^4 в объектах окружающей среды:

на способ получения производного нафтол-6-сульфо кислоты получен патент на полезную модель Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (№ 9(282). FAP 2564, 16 августа 2024 года). В результате 5-гидрокси-6-нитрозо нафталин-2-сульфо кислота применена в качестве органического аналитического реагента в исследованиях по определению ионов Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} и Fe^{3+} в водной среде;

спектрофотометрический метод определения ионов Fe(III) и Cu(II) внедрен для их определения в канализационных водах, природных водоемах и стоках в практику химической лаборатории АО «Каракалпакского водоснабжения» Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Каракалпакстан (Справка Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Каракалпакстан 01/18-2-2885 от 04 сентября 2024 года). В результате появилась возможность замены дорогостоящих импортных реагентов;

разработанные методики спектрофотометрического определения ионов Fe(III) , Co(II) и Zn с HR^1 , HR^2 , HR^3 внедрены в Центральной научно-исследовательской лаборатории АО Навоийского горно-металлургического комбината для определения ионов Fe(III) , Co(II) и Zn в составе питьевых и сточных вод (Справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» 23/01-01-07/248 от 28 мая 2024 года). В результате подчеркнута важность определения ионов Fe(III) , Co(II) , Zn в лаборатории анализа питьевых и сточных водах по критериям, указанным в нормативно-технических документах при решении экономических и экологических проблем, а также повышена эффективность определения на 1,0-1,2 раза;

определение ионов Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Zn и Hg(II) спектрофотометрическим методом внедрено в практику анализа Центральной заводской лаборатории АО Навоийского горно-металлургического комбината (справка АО «Навоийский Горно-металлургический комбинат» 12.02-01/193 от 06-февраля 2024 года), что позволило определять указанные ионы ТТМ в сточных водах синтезированными органическими реагентами;

спектрофотометрические методики определения микроколичеств Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} в бытовой питьевой воде внедрены в практику лаборатории «Химия бактериологическая» ООО «Шуртанский газо-химический комплекс» (справка ООО «Шуртанский газо-химический комплекс» 003/1472 от 25 марта 2024 года). В результате разработанные спектрофотометрические методики определения микроколичеств указанных ионов ТТМ дали возможность повысить селективность, чувствительность, экспрессность и точность их определений;

методика определения микроколичеств ионов Fe(III) , Ni(II) и Cu(II) в пробах промышленных сточных вод новыми реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 внедрена в практику аналитической лаборатории Узбекско-Китайского совместного предприятия ООО «PENG-SHENG» при определении ионов Fe(III) , Ni(II) и Cu(II) в сточных водах, поступающих из цехов по производству на локальную водоочистную станцию (Справка Узбекско-Китайского совместного предприятия ООО «PENG-SHENG» 14 от 02 февраля 2024 года). Результаты позволили повысить эффективность определения ионов Fe(III) , Ni(II) и Cu(II) в сточных водах на 5-8%;

методика определения ионов ртути(II) 4-гидрокси-3-нитрозофталин-1-сульфо кислотой внедрена в специальной лаборатории отдела «Физико-химическая и техническая экспертиза» Главного экспертно-криминалистического центра МВД РУз при определениях ионов Hg (II) в качестве вещественных доказательств (справка Главного экспертно-криминалистического центра МВД РУз № 21/2-257 от 26 марта 2024 года). В результате по разработанной методике определения ионов Hg(II) с HR² повышена чувствительность и улучшены возможности анализа в реальных объектах.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования были доложены и обсуждены на 18 научно-практических конференциях, в том числе 9 международных и 9 Республиканских.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 35 научных работ, из них 1 патент на полезную модель, 1 монография, 15 научных статей, в том числе 11 в Республиканских и 4 в международных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских (DSc) диссертаций.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 200 страниц^{3*}.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, охарактеризованы объекты и предметы исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии в Республике, приведен критический обзор международных научных исследований по теме диссертации, степень изученности проблемы, а также связь диссертационного исследования с планами НИР высшего образовательного заведения. Определены цель, задачи, объекты, предмет и методы исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта научная и практическая значимость результатов исследования, сделаны выводы о перспективах внедрения в практику результатов исследования и приведены сведения по опубликованным работам, а также структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Теоретические основы выбора спектроскопических методов для определения ионов некоторых тяжёлых и токсичных металлов в объектах окружающей среды (Обзор литературы)**» представлен литературный обзор, описаны научные работы, опубликованные в зарубежных и республиканских изданиях, посвященные оптическим и другим методам определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) различными по природе реагентами в водных средах. В аналитической химии возрастающее применение находят ОАР. Они отличаются значительной химической активностью и реагируют с большим числом ионов, образуя

^{3*} Автор выражает искреннюю благодарность профессору Турабову Н.Т. за бескорыстную помощь в анализе литературных данных по теме научного исследования, написании научных статей и выборе темы, постановке задач исследования, проведении экспериментов, а также в анализе и обобщении полученных результатов.

окрашенные или бесцветные соединения различного состава. Особенностью их является способность реагировать с отдельными группами элементов в определенном интервале рН. Высокая чувствительность реакций с использованием ОАР позволяет определять микроколичества ионов металлов с достаточной степенью точности, причем в некоторых случаях возможно избирательное определение одного элемента в присутствии других без предварительного разделения. Анализ литературных данных позволил обосновать цель, задачи и выбор объектов исследования настоящей работы.

Во второй главе диссертации «**Оптимизация условий комплексообразования ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) реагентами HR¹, HR², HR³ и HR⁴ для определения в объектах окружающей среды (Экспериментальная часть)**» приведены методики приготовления рабочих и стандартных растворов, определены электронные спектры поглощения реагентов в зависимости от рН среды спектрофотометрическим методом, выполнены качественные реакции некоторых ионов металлов с реагентами HR¹, HR², HR³ и HR⁴, установлены оптимальные условия, выявлено подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера, приведены электронные спектры поглощения и чувствительности по Сенделю реакций комплексообразования ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) с данными реагентами для определения в объектах окружающей среды. Для определения состояния реагентов HR¹, HR², HR³ и HR⁴ в растворе были проверены их электронные спектры поглощения (ЭСП) в зависимости от рН среды. ЭСП HR¹, HR² и HR³ проводились на кафедре химической метрологии химического факультета Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина (в лаборатории Комаря). Полученные данные и их максимумы, приведенные на рис. 1 и 2, показывают, что HR¹ в диапазоне рН 1,68-3,00 имеет максимум ЭСП при 424-445 нм, в диапазоне рН 3,0-4,0 при 430-450 нм, в диапазоне рН 4,0-6,5 при 430-460 нм, в диапазоне рН 6,5-7,5 при 440-470 нм, в диапазоне рН 7,5-9,0 при 460-480 нм и в диапазоне рН 9,0-13,0 при 470-495 нм, HR² в диапазоне рН 2,27-6,60 имеет максимум ЭСП при 408-430 нм, в диапазоне рН 6,7-7,30 при 420-440 нм и в диапазоне рН 7,30-13,20 при 430-455 нм, HR³ в диапазоне рН 1,68-2,80 имеет максимум ЭСП при 440 - 470 нм, в диапазоне рН 3,0 - 4,80 при

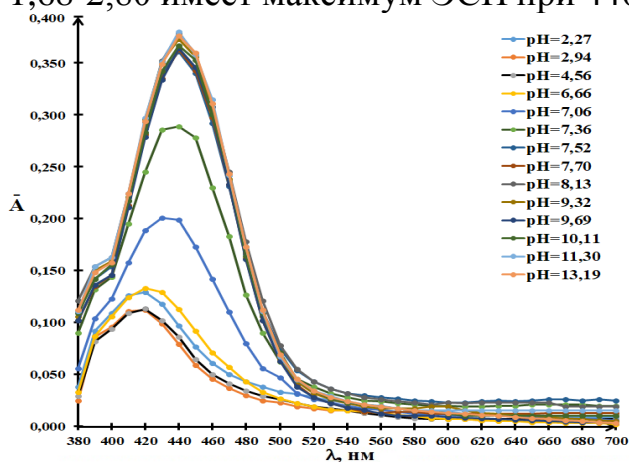


Рис. 1. ЭСП HR² при различных рН

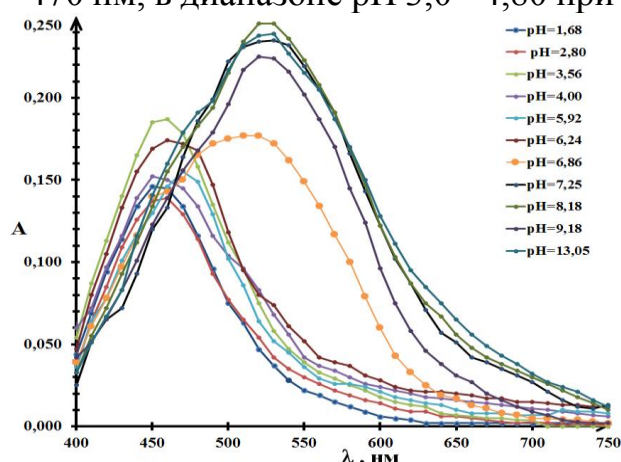


Рис. 2. ЭСП HR³ при различных рН

450 - 470 нм, в диапазоне рН 5,0-6,75 при 450-480 нм, в диапазоне рН 6,80-7,00 при 480-540 нм и в диапазоне рН 7,25-13,05 при 510-540 нм. Спектрофотометрические исследования указывают на то, что используемые в

настоящей работе в качестве ОАР характеризуются симметричными кривыми с максимумами ЭСП, находящимся в области 424-495 нм для HR¹, 408-455 нм для HR² (рис. 1.), 440-540 нм для HR³ (рис. 2.) и 500-535 нм для HR⁴.

Для определения оптимального значения рН среды были приготовлены различные буферные растворы с различными значениями рН, использовали справочник по аналитической химии и нормативные документы ГОСТ 4919.2-2016, ГОСТ 4919.2-77, а также ГОСТ 8.135-2004.

На основании полученных данных построены графики зависимости оптической плотности (ОП) растворов комплексов от рН при постоянных концентрациях ионов Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ и реагентов HR¹, HR², HR³, HR⁴. ОП комплексов изменяется с увеличением рН растворов, максимальная ОП комплексов наблюдается в интервале рН=4,2-5,0 для комплекса Fe³⁺, в интервале рН=4,0-7,0 для комплекса Co²⁺ и рН=6,8-7,4 для комплекса Cu²⁺ с HR¹, в интервале рН=5,5-10,0 для комплекса Co²⁺, в интервале рН=5,5-8,2 для комплекса Cu²⁺ и рН=4,8-6,4 для комплекса Hg²⁺ с HR², в интервале рН=9,0-9,4 для комплекса Ni²⁺, в интервале рН=7,2-8,5 для комплекса Cu²⁺ и рН=6,5-7,0 для комплекса Zn²⁺ с HR³.

Исходя из полученных данных оптимальным был выбран рН=4,52 для комплекса Fe³⁺; рН=5,10 для комплекса Co²⁺, рН=7,10 для комплекса Cu²⁺ с HR¹; рН=6,4 для комплекса Co²⁺; рН=6,5 для комплекса Cu²⁺ и рН=5,8 для комплекса Hg²⁺ с HR²; рН=9,15 для комплекса Ni²⁺; рН=8,0 для комплекса Cu²⁺ и рН=6,73 для комплекса Zn²⁺ с HR³; рН=3,98 для комплекса Cu²⁺; рН=6,48 для комплекса Zn²⁺ и рН=8,58 для комплекса Hg²⁺ с HR⁴.

Для нахождения необходимых количеств реагентов, обеспечивающих полное связывание ионов Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ в комплексы, была поставлена серия опытов, в которой концентрация ионов металлов поддерживалась постоянной, а количество реагентов HR¹, HR², HR³, HR⁴ постепенно увеличивалось (рис. 3 и 4).

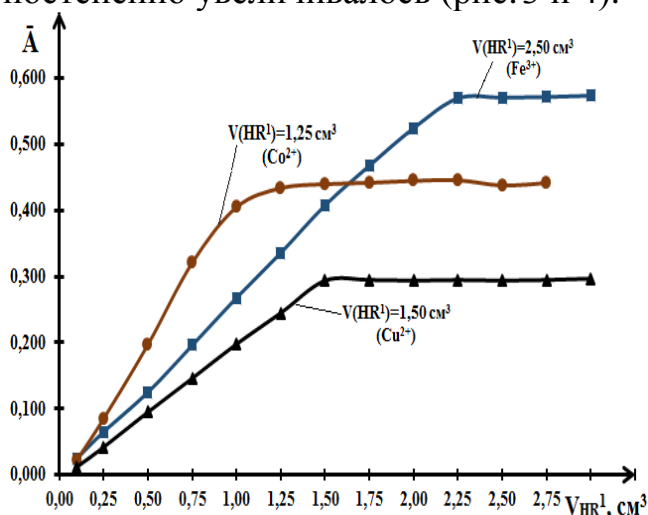


Рис. 3. Зависимость ОП комплексов Fe³⁺, Co²⁺ и Cu²⁺ с HR¹ от объёма прибавляемого реагента

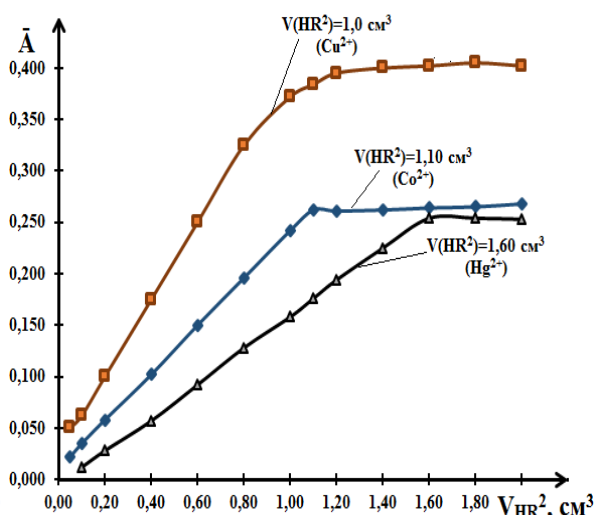


Рис. 4. Зависимость ОП комплексов Co²⁺, Cu²⁺ и Hg²⁺ с HR² от объёма прибавляемого реагента

Для полного связывания 50,0 мкг Fe³⁺, Co²⁺ и Cu²⁺ в комплексы достаточно 0,1%-ных раствора HR¹ 2,5 см³ для ионов Fe³⁺ и 0,05% ного

раствора HR^1 $1,25 \text{ см}^3$ для ионов Co^{2+} и $1,50 \text{ см}^3$ для ионов Cu^{2+} (рис. 3) и для 30 мкг иона Co^{2+} достаточно $1,1 \text{ см}^3$, для 40 мкг иона Cu^{2+} $1,0 \text{ см}^3$ 0,05 %-ных раствора HR^2 и для 50 мкг Hg^{2+} $1,60 \text{ см}^3$ 0,10%-ного раствора HR^2 (рис. 4); для 50 мкг ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} в комплексы достаточно $1,0-1,2 \text{ см}^3$ 0,05 %-ных раствора HR^3 . В дальнейших исследованиях в качестве оптимальных использованы именно эти количества реагентов.

Достаточная чувствительность, контрастность и устойчивость во времени комплексов FeR^1_3 , CoR^1_2 , CuR^1_2 , CoR^2_2 , CuR^2_2 , HgR^2_2 , NiR^3_2 , CuR^3_2 , ZnR^3_2 , CuR^4_2 , ZnR^4_2 , HgR^4_2 , а также возможность проведения реакций в слабо кислых – для Fe^{3+} с HR^1 , для Cu^{2+} с HR^4 , в слабокислых и нейтральных – для Co^{2+} с HR^1 , для Zn^{2+} с HR^3 , для Hg^{2+} с HR^2 , в нейтральных – для Cu^{2+} с HR^1 , для Zn^{2+} с HR^4 , в слабо кислых, нейтральных и слабощелочных – для Co^{2+} и Cu^{2+} с HR^2 и слабощелочных – для Ni^{2+} и Cu^{2+} с HR^3 , для Hg^{2+} с HR^4 средах дают возможность использовать их в спектрофотометрическом анализе. На основе оптимизированных условий установлено подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера в реакциях изучаемых ионов с HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 . Прямо пропорциональная зависимость между ОП комплексов и концентрациями ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} наблюдается в интервале 2,0-48,0 мкг для Fe^{3+} , 1,0-18,0 мкг для Co^{2+} и 2,0-45,0 мкг для Cu^{2+} с HR^1 (рис. 5); 1,0-30,0 мкг для Co^{2+} , 1,0-42,0 мкг для Cu^{2+} и 2,0-50,0 мкг для Hg^{2+} с HR^2 (рис. 6); 5,0-55,0 мкг для Ni^{2+} , 5,0-40,0 мкг для Cu^{2+} и 2,0-35,0 мкг для Zn^{2+} с HR^3 , 0,50-6,50 мкг для Cu^{2+} ; 1,0-18,0 мкг для Zn^{2+} и 1,0-40,0 мкг для Hg^{2+} с HR^4 , в $25,0 \text{ см}^3$ водного раствора, что даёт возможность количественно определять ионы Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} в этих интервалах концентраций.

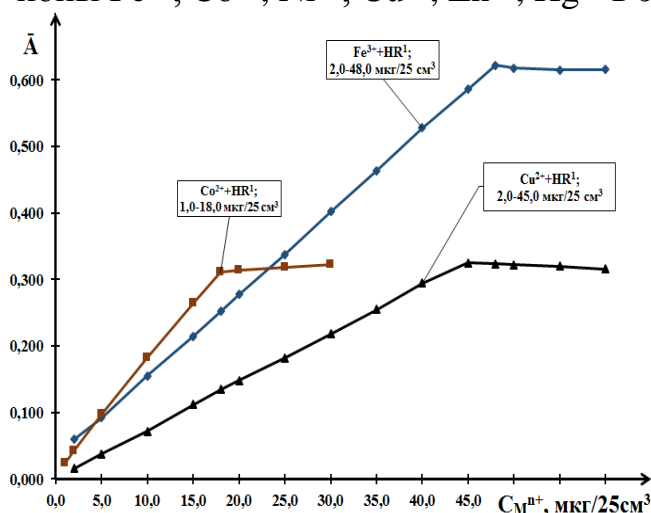


Рис. 5. Подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера комплексов Fe^{3+} , Co^{2+} и Cu^{2+} с HR^1

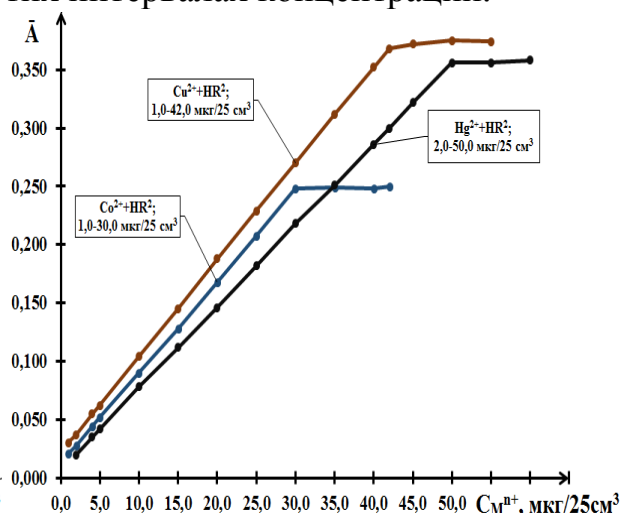


Рис. 6. Подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера комплексов Co^{2+} , Cu^{2+} и Hg^{2+} с HR^2

В оптимальных условиях комплексообразования определены основные спектрофотометрические характеристики разных цветных реакций: максимум спектров поглощения для реагентов HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 и комплексов, разность $\Delta\lambda$, чувствительность метода по Сенделю и др (табл. 1).

В третьей главе диссертации «Общие закономерности спектроскопического определения физико-химических свойств реагентов и спектрофото-

метрических характеристик металлокомплексов» определены мольные соотношения компонентов в окрашенных комплексах, установлены чувствительности и различные константы реагентов HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 и их металлокомплексов с $Fe(III)$, $Co(II)$, $Ni(II)$, $Cu(II)$, Zn , $Hg(II)$ спектрофотометрическими методами, определены заряды комплексов, проведён квантово-химический расчет энергии атомов молекул HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 , исследовано строение HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 и их комплексов ИК, 1H -ЯМР и Раман спектроскопией.

Мольное соотношение окрашенных комплексов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 определяли методами изомольных серий (рис. 7), прямой линии Асмуса, спектрофотометрического титрования и сдвига равновесия (Назаренко) (рис. 8). При определении соотношений реагирующих компонентов смешивали изомольные количества растворов солей металлов и реагентов антибатных соотношениях, сохраняя неизменным общий объем растворов ($V_{M^{n+}} + V_{HR^{1-4}} = const$). При этом суммарное количество грамм-молей обоих компонентов в общем объеме раствора всегда оставалось постоянным. Данные показывают, что составы комплексов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 , установленные четырьмя разными и независимыми методами, оказались одинаковыми и равными $M^{n+}:HR^{1-4}=1:2$ и HR^1 с ионами Fe^{3+} оказался в соотношении $Fe^{3+}:HR^1=1:3$.

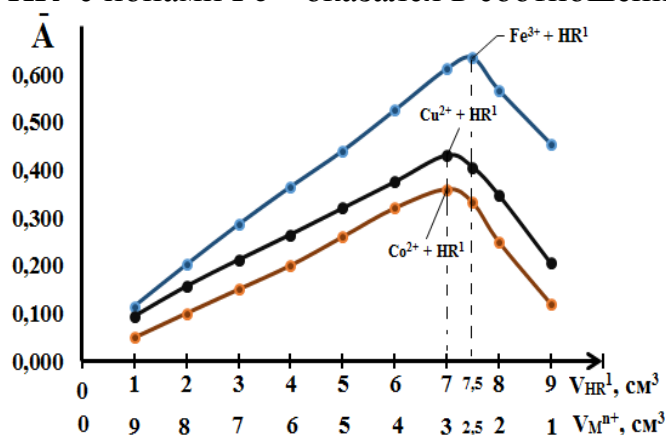


Рис. 7. Определение мольных соотношений комплексов Fe^{3+} , Co^{2+} и Cu^{2+} с HR^1 методом изомольных серий

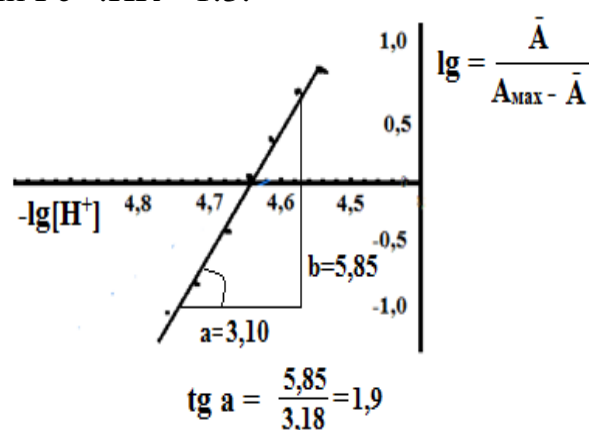


Рис. 8. Определение мольных соотношений комплекса Ni^{2+} с HR^3 методом сдвига равновесия

Молярные коэффициенты светопоглощения (МКСП) и константы диссоциации ($K_{дисс}$) HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 определены методом Комаря. При этом использовали постоянные концентрации водных растворов реагентов и различными значениями pH с универсальным и др. буферными растворами. Концентрация HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 во всех экспериментах составляла $1,5796 \cdot 10^{-4}$; $1,5796 \cdot 10^{-4}$; $1,056 \cdot 10^{-4}$ и $2,172 \cdot 10^{-5}$, соответственно. На основании полученных экспериментальных данных по методу Комаря были определены ϵ_{HR} и $K_{дисс}$ реагента HR^1 равные 695,70 и $3,40 \cdot 10^{-7}$ ($pK=6,47$), для HR^2 934,64 и $3,28 \cdot 10^{-6}$ ($pK=5,48$), для HR^3 549 и $3,38 \cdot 10^{-7}$ ($pK=6,47$) а также для HR^4 3306 и $2,95 \cdot 10^{-8}$ ($pK=7,53$) соответственно. Они относятся по всей вероятности к диссоциации H^+ в -ОН нафтольного ядра молекул реагентов HR^1 , HR^2 , HR , HR^4 . Истинные МКСП ($\epsilon_{ист.}$) и $K_{равн}$ реакции комплексообразования ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 определяли по методу

Толмачева, а также константы устойчивости комплексов рассчитаны методом Бабко с использованием программного обеспечения (табл. 1). Сопоставление значений увеличения ϵ_{MR} и $K_{уст.}$, а также уменьшения $K_{равн.}$ и $K_{нест.}$ показывает (табл. 1 и рис. 9.), что чувствительность и константы устойчивости комплексных соединений ионов Cu^{2+} и Hg^{2+} с исследованными реagenтами почти во всех случаях выше, чем для комплексов с другими ионами металлов, которые возрастают в ряду $Co < Ni < Zn < Cu < Hg$, что соответствует закономерности хелатирования и подтверждено их достаточной устойчивостью.

Таблица 1

Основные аналитические характеристики металлокомплексов FeR^1_3 , CoR^1_2 , CuR^1_2 , CoR^2_2 , CuR^2_2 , HgR^2_2 , NiR^3_2 , CuR^3_2 , ZnR^3_2 , CuR^4_2 , ZnR^4_2 и HgR^4_2

Состав комплекса	$\lambda_{max.}, \text{нм}$		$\Delta\lambda, \text{нм}$	$\epsilon_{ист} MR_m^n$	$\chi_{сэнд.}, \text{мкг/см}^2$	$K_{равн.}$	$K_{нест.}$	$\beta_{уст.}$	$lg\beta_{уст}$
	HR^n	MR_m^n							
FeR^1_3	440	675	235	36765	0,0118	$0,27 \cdot 10^{-2}$	$4,60 \cdot 10^{-18}$	$2,17 \cdot 10^{17}$	17,34
CoR^1_2	440	550	110	40000	0,0019	$4,02 \cdot 10^{-2}$	$8,02 \cdot 10^{-20}$	$1,25 \cdot 10^{19}$	19,10
CuR^1_2	440	505	65	61350	0,0160	$8,19 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-21}$	$1,36 \cdot 10^{20}$	20,13
CoR^2_2	410	540	130	19531	0,0049	$1,90 \cdot 10^{-4}$	$2,41 \cdot 10^{-20}$	$4,15 \cdot 10^{19}$	19,62
CuR^2_2	410	510	100	20000	0,0084	$2,63 \cdot 10^{-5}$	$1,75 \cdot 10^{-21}$	$5,71 \cdot 10^{20}$	20,75
HgR^2_2	410	475	65	23530	0,0168	$3,25 \cdot 10^{-5}$	$1,54 \cdot 10^{-22}$	$6,49 \cdot 10^{21}$	21,81
NiR^3_2	505	575	70	23585	0,0085	$1,62 \cdot 10^{-8}$	$1,13 \cdot 10^{-23}$	$8,85 \cdot 10^{22}$	23,00
CuR^3_2	505	590	85	42608	0,0183	$2,44 \cdot 10^{-7}$	$6,14 \cdot 10^{-25}$	$1,63 \cdot 10^{24}$	24,21
ZnR^3_2	535	438	97	28571	0,0170	$5,75 \cdot 10^{-3}$	$3,50 \cdot 10^{-24}$	$2,86 \cdot 10^{23}$	23,46
CuR^4_2	505	595	90	20000	0,0025	$2,73 \cdot 10^{-5}$	$6,95 \cdot 10^{-22}$	$1,44 \cdot 10^{21}$	21,16
ZnR^4_2	510	565	55	42017	0,0042	$1,26 \cdot 10^{-4}$	$3,37 \cdot 10^{-18}$	$2,97 \cdot 10^{17}$	17,47
HgR^4_2	540	645	105	52632	0,0031	$9,03 \cdot 10^{-7}$	$8,51 \cdot 10^{-23}$	$1,18 \cdot 10^{22}$	22,07

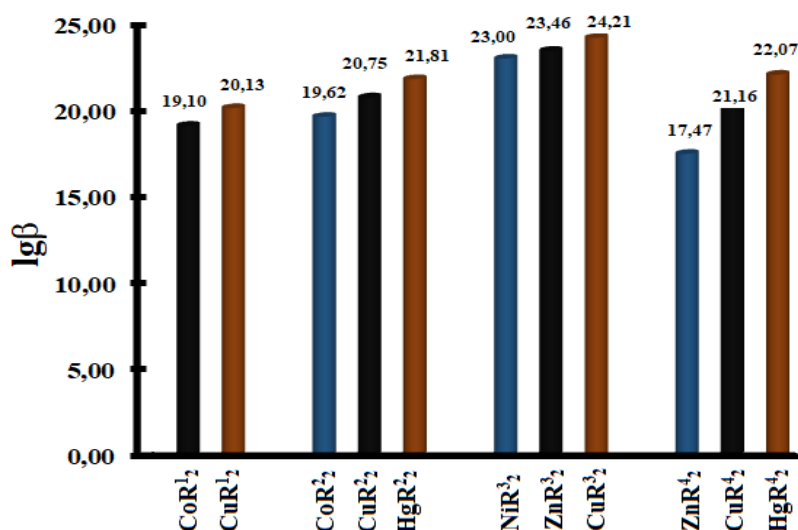


Рис. 9. Константы устойчивости комплексов CoR^1_2 , CuR^1_2 , CoR^2_2 , CuR^2_2 , HgR^2_2 , NiR^3_2 , CuR^3_2 , ZnR^3_2 , CuR^4_2 , ZnR^4_2 и HgR^4_2 , установленные методом разбавления Бабко

Как известно, на сегодняшний день методы вычислительной химии и молекулярной динамики получили широкое распространение в численном моделировании электронной и атомной структуры сложных систем молекулярных, кристаллических и переходных (нано) размеров. При квантово-химическом определении пространственной структуры реагентов HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 входной файл создавался с помощью программы

GaussView 5.0 в рамках программного комплекса Gaussian 09 (рис. 10). Оптимизация геометрии проводилась методом B3LYP/3-21G (атомные заряды по Малликкену).

Результаты квантово-химического расчёта эффективных зарядов верхних занятых атомов в молекулах HR¹, HR², HR³ и HR⁴ методом B3LYP/3-21G (Gaussian 09) показывают, что вероятно образование донорно-акцепторных связей Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺ происходит с атомами азота нитрозогруппы для HR¹, HR², HR³ и азота пиридинового кольца и азота диазогруппы близкого к пиридиновому кольцу для HR⁴, а также ионная связь с гидроксилом нафтольного кольца образуется за счет замещения с ионами водорода.

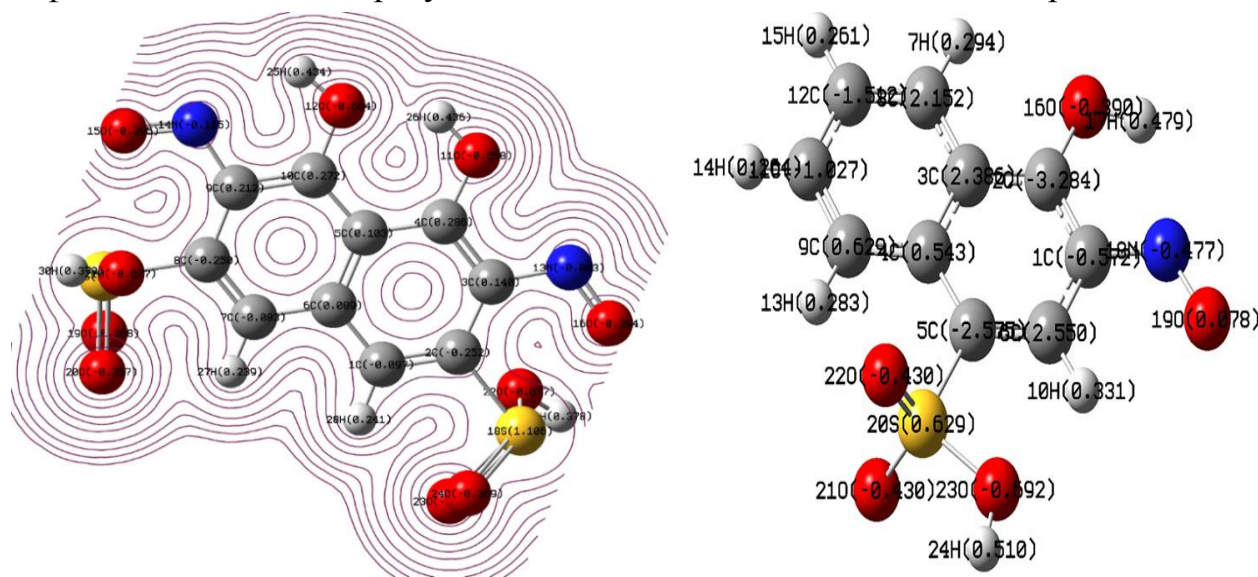


Рис. 10. Распределение зарядов в молекулах HR² и HR², рассчитанное методом B3LYP/3-21G (Gaussian 09). Визуализация сделана с помощью программы GaussView 5.0

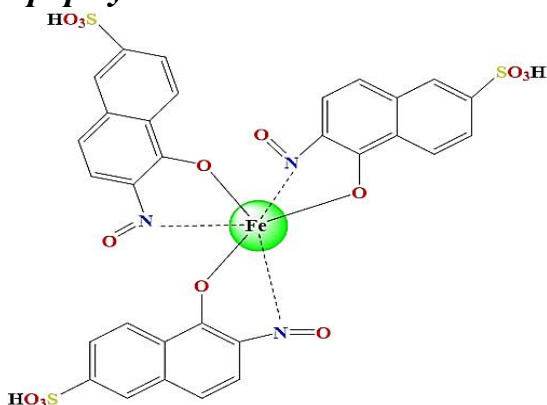
Для идентификации строения соединений были сняты ИК-, Раман- и ¹H-ЯМР спектры поглощения HR¹, HR², HR³, HR⁴ и их комплексов с Fe³⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Hg²⁺. Отсутствие поглощения в области 2800-2500 см⁻¹ свидетельствует о том, что их молекулы мономерны. В ИК спектрах органических реагентов обнаруживаются следующие характеристические частоты: в молекуле HR¹ 3420,66 см⁻¹ (νOH); 1589,63 - 1624,96 см⁻¹ (νC=C); 1055,52-1111,80 см⁻¹ (νC-N=O); 1589,63 см⁻¹ (νC=NO); 1624,96 см⁻¹ (νоксим); 3040-3104 см⁻¹ (νарен); 886, 766 см⁻¹ (νC-H обмен. арена). В молекуле HR² 3473,38 см⁻¹ (νOH); 3040,41-3104,78 см⁻¹ ν(C-O); 1589,63-1624,96 см⁻¹ ν(C=C); 1055,52-1123,75 см⁻¹ ν(C-N); 1430,74-1624,96 см⁻¹ δ(N=O); 1624,89 см⁻¹ ν(оксим); 3040,41-3420,66 см⁻¹ ν(CH) и в молекуле HR⁴ 2868, 2942 см⁻¹ (νCH₃); 3228, 3258 см⁻¹ (νOH); 1542 см⁻¹ (νC=C); 1654 см⁻¹ (νN=N); 1497 см⁻¹ и 3443 см⁻¹ (νNH₂); 792 см⁻¹ (νC-H, нафталин); 3034 см⁻¹ (νC-H аром. кольцо); 1405, 1366 см⁻¹ (νC-H, метил); 673 см⁻¹ (νS-O).

В ¹H ЯМР спектрах органических реагентов имеют следующие сигналы протонов: в молекуле HR¹ (400 МГц, δ, D₂O, м.д. J/Гц): 7,852(H³), 8,242(H⁴), 7,672 (H⁵), 7,878 (H⁷), 8,253 (H⁸), в молекуле HR² (400 МГц, δ, D₂O, м.д. J/Гц) проявляется сигналы от протона 1 12,3 м.д., протона 2 на 6,5 м.д., протона 3 на 2,0 м.д., протона 4 на 7,6 м.д., протона 5 на 7,7 м.д., протона 6 на 7,55 м.д.

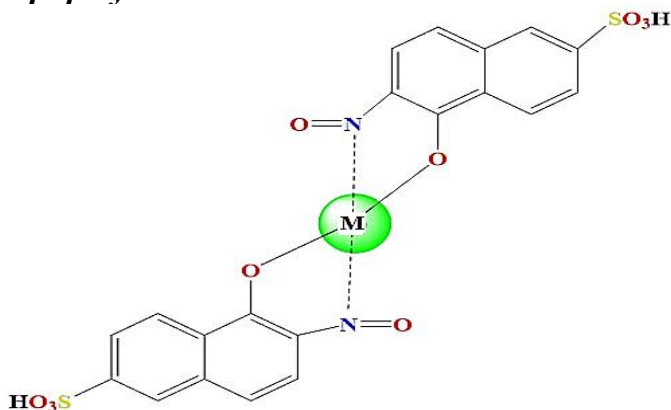
и протона 7 на 7,4 м.д., в молекуле HR^3 (600 МГц, D_2O) δ 8,16 (s, H^1), 8,04 (s, OH), 7,98 (s, H^2), 7,84 (s, H^1), 7,75 (s, H^3), 7,60 (s, H^0), 7,37 (s, H^2), 7,09 (s, H^1), 7,04 (s, H^2), 4,69 (s, H^2), а также в молекуле HR^4 проявляется мультиплетный сигнал от протона ароматического цикла H^3 , H^4 , H^6 при δ 5,85-6,05 м.д., синглетный сигнал от протона метильной группы пиридинового цикла при δ 2,24 м.д. В области слабого поля проявляется синглетный сигнал от протона гидроксильной группы при δ 11,38 м.д. Химические сдвиги дублетных сигналов от протонов другого нафталинового кольца резонируют в области δ 7,08-7,11 м.д.

В ИК– и Раман– спектрах комплексов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} отсутствие отчетливо выраженных полос поглощения валентных колебаний –ОН группы можно объяснить образованием M^{n+} -О связи между ионом металла и атомом кислорода гидроксильной группы нафталинового кольца. Окончательное отнесение частот, которое подтверждает структуру комплексов заключается в следующем: 460-570 cm^{-1} валентных колебаний О- M^{n+} связи; при 2961-2980 cm^{-1} валентное колебание –С-Н связи ароматического кольца; при 1068-1158 cm^{-1} симметричное и ассиметричное валентные колебания SO_3^- группы в положении ароматического кольца; при 1652-1658 cm^{-1} валентные колебания нитрозо– и диазо– групп. В ИК спектрах комплексов основное изменение происходит в области валентного колебания гидроксильной группы, так как в отличие от ИК и Раман спектров реагентов в комплексах наблюдаются дополнительные пики в области 460-570 cm^{-1} , что связано с образованием валентной связи между ионами металлов и гидроксильной группой за счет вытеснения ионов водорода. Частота валентного колебания нитрозо– и диазо– групп обозначена 1654 cm^{-1} которое изменяется незначительно в область 1652-1658 cm^{-1} , что указывает на координационную связь нитрозо – и диазогруппы. Остальные функциональные группы почти одинаковы в ИК – и Раман – спектрах комплексов. По данным ИК – и Раман – спектроскопии определения зарядов в новых комплексах, по составу мольных соотношений и квантово-химических расчётов разных окрашенных комплексных соединений ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 , HR^4 можно сделать следующее предположение о строении исследованных комплексов: $xHR^{n-} + M^{m+} \rightarrow [MR_m]^{xn-} + xH^+$.

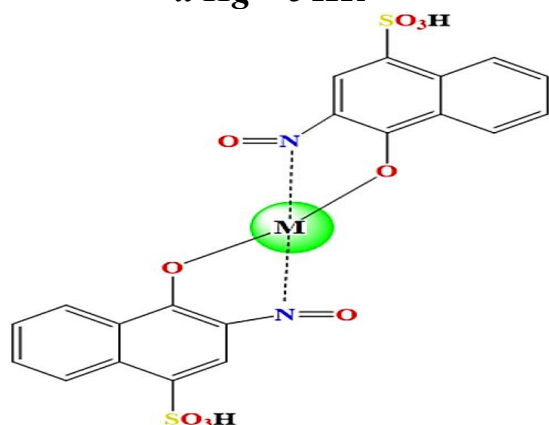
Приблизительная структурная формула комплекса Fe^{3+} с HR^1



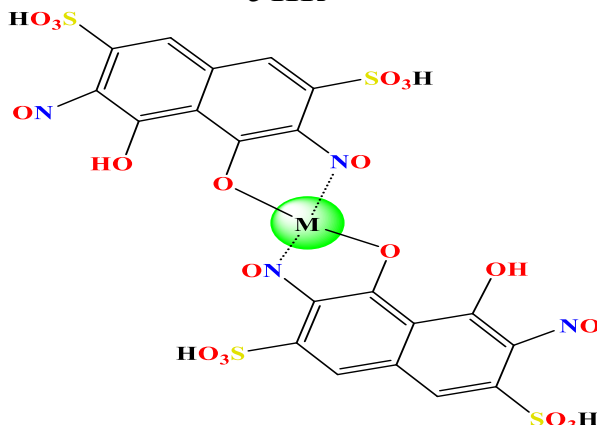
Приблизительная структурная формула комплексов Co^{2+} и Cu^{2+} с HR^1



Приблизительная структурная формула комплексов Co^{2+} , Cu^{2+} и Hg^{2+} с HR^2



Приблизительная структурная формула комплексов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^3



В четвертой главе диссертации «Установление метрологических характеристик разработанных спектрофотометрических методик» проведен расчет уравнения градуировочного графика методом наименьших квадратов, определены правильность и воспроизводимость разработанной методики, нижний предел определяемых содержаний Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) с HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 , а также спектрофотометрически определены Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 в присутствии посторонних ионов.

Для применения в анализе объектов окружающей среды комплексов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4 для нахождения количества металлоиона в спектрофотометрических определениях использовали график, связывающий измеряемую величину «У», оптическую плотность «А» с искомым содержанием определяемого вещества «Хi». Уравнения ГГ для определения ионов металлов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Градуировочные графики для определения ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4

№	Состав	$Y_i=a+bX_i$	№	Состав	$Y_i=a+bX_i$
1	Fe^{3+} с HR^1	$0,0326+0,0123X_i$	7	Ni^{2+} с HR^3	$0,0014+0,0041X_i$
2	Co^{2+} с HR^1	$0,0097+0,0170X_i$	8	Cu^{2+} с HR^3	$0,0068+0,0042X_i$
3	Cu^{2+} с HR^1	$0,0013+0,0073X_i$	9	Zn^{2+} с HR^3	$0,0073+0,0070X_i$
4	Co^{2+} с HR^2	$0,0123+0,0078X_i$	10	Cu^{2+} с HR^4	$0,0036+0,0450X_i$
5	Cu^{2+} с HR^2	$0,0213+0,0083X_i$	11	Zn^{2+} с HR^4	$0,0054+0,0171X_i$
6	Hg^{2+} с HR^2	$0,0050+0,0070X_i$	12	Hg^{2+} с HR^4	$0,0033+0,0055X_i$

В оптимальных условиях на основе уравнений градуировочных графиков рассчитывали (табл. 3.) нижний предел определений (Q_{min}) и строили зависимость оптической плотности от концентрации ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II), а также полученные результаты методом «введено-найдено» подтверждают правильность и воспроизводимость разработанных методик определения ионов металлов, в которых S_r не превышает 0,032 для FeR^1_3 , 0,046 для CoR^1_2 , 0,039 для CuR^1_2 , 0,073 для CoR^2_2 ,

0,129 для CuR_2^2 , 0,042 для HgR_2^2 , 0,057 для NiR_3^3 , 0,050 для CuR_3^3 , 0,115 для ZnR_3^3 , 0,045 для CuR_4^2 , 0,100 для ZnR_4^2 и 0,044 для HgR_4^2

Таблица 3

Определение нижней границы определяемых содержаний Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) реагентами HR^1 , HR^2 , HR^3 и HR^4

№	Состав комплекса	Введено M^{n+} , мкг	Интервал рН среды	рН среды	λ , нм	V_{HR^n} , см^3	S_A^-	$Q_{\text{мин}}$ мкг/25 см^3
1	FeR_3^1	2,0-48,0	4,2-5,0	4,52	675	2,50	0,00177	0,1120
2	CoR_2^1	1,0-18,0	4,0-7,0	5,10	550	1,25	0,00168	0,3094
3	CuR_2^1	2,0-45,0	6,8-7,4	7,10	505	1,50	0,00114	0,0492
4	CoR_2^2	1,0-30,0	5,5-10,0	6,45	540	1,12	0,00178	0,6714
5	CuR_2^2	1,0-42,0	5,5-8,2	6,54	510	1,00	0,00144	0,2860
6	HgR_2^2	2,0-50,0	4,8-6,4	5,80	475	1,60	0,00175	0,6200
7	NiR_3^3	5,0-55,0	9,0-9,4	9,15	575	1,20	0,00193	0,6004
8	CuR_3^3	5,0-40,0	7,2-8,5	8,02	590	1,10	0,00256	0,2390
9	ZnR_3^3	2,0-35,0	6,5-7,0	6,73	438	1,20	0,00128	0,1220
10	CuR_4^2	0,5-6,50	3,5-4,8	3,96	595	0,90	0,00177	0,2338
11	ZnR_4^2	1,0-18,0	5,9-7,0	6,52	565	1,50	0,00271	0,1746
12	HgR_4^2	1,0-40,0	8,0-9,0	8,58	645	1,30	0,00160	0,7618

С целью выяснения одной из важнейших характеристик реагентов с точки зрения возможности их использования в анализе и селективности метода, исследовано влияние различных посторонних ионов на определение ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II). Определение проводили по разработанной методике в оптимальных условиях. Результаты показывают, что с реагентом HR^1 в 25 см^3 объеме определению 15,0 мкг Co^{2+} мешают ионы Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} (1:10), Fe^{2+} (1:100), с реагентом HR^2 определению 30,0 мкг ионов Co^{2+} мешают ионы F^- , Hg^{2+} (1:10), Pb^{2+} (1:8), Fe^{3+} (1:7,5), на определение 40,0 мкг Cu^{2+} мешают ионы ЭТДА, SCN^- , F^- (1:1), на определению 30,0 мкг Hg^{2+} мешают ионы Cd^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} (1:1), ЭДТА, цитрат (1:0,5), Bi^{3+} , Ni^{2+} , Mn^{2+} (1:10), а также с реагентом HR^4 определению 6,0 мкг ионов Cu^{2+} мешают ионы Bi^{3+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Cd^{2+} , $\text{H}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^-$ (1:5), определению 15,0 мкг ионов Zn^{2+} мешают ионы Cu^{2+} (1:7,5), Ni^{2+} , цитрат (1:5), Cd^{2+} , Fe^{2+} , SCN^- , Ti^{3+} , ЭДТА и OH^- (1:3) и определению 30,0 мкг ионов Hg^{2+} мешают ионы Sn^{2+} , Pd^+ (1:33); Fe^{2+} , Fe^{3+} (1:10); Br^- , I^- (1:3); Cl^- (1:1). Повышение избирательного взаимодействия реагентов связано с правильным подбором оптимальных условий комплексообразования, что дало возможность достичь высоких метрологических и аналитических характеристик метода определения тяжелых и токсичных металлов.

Достигнутые результаты по определению влияния различных по характеру и концентрации посторонних катионов, комплексообразующих соединений и мешающих анионов позволили проводить определение ионов Fe^{3+} , Co^{2+} и Cu^{2+} с HR^1 , ионов Co^{2+} , Cu^{2+} и Hg^{2+} с HR^2 , ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^3 , ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Hg^{2+} с HR^4 в их индивидуальных растворах, что послужило основой разработки спектрофотометрических методик определения этих ионов в модельных, бинарных и более сложных смесях,

имитирующих объекты окружающей среды и промышленные материалы, тем самым показана возможность их применения в практике химического анализа различных объектов окружающей среды и промышленных материалов на содержание в них исследованных ионов металлов с высокими метрологическими характеристиками и аналитическими параметрами.

Пятая глава диссертации называется «**Применение методик спектрофотометрического определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) реагентами HR¹, HR², HR³ и HR⁴ в анализе объектов окружающей среды**» посвящена спектрофотометрическому определению ионов Fe³⁺, Co²⁺ и Cu²⁺ с HR¹; Co²⁺, Cu²⁺ и Hg²⁺ с HR², Ni²⁺, Cu²⁺ и Zn²⁺ с HR³ а также Cu²⁺, Zn²⁺ и Hg²⁺ с HR⁴ в водных средах, анализу объектов окружающей среды. Определены ионы Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) с HR¹, HR², HR³ и HR⁴ в составе искусственных смесей, природной родниковой воде “Омонхона” методом добавок, дождевой воды, молочных продуктах, стандартных промышленных образцах и в руде Хандизинского месторождения, а также приведена конкурентоспособность разработанных методик. Разработанные спектрофотометрические методики и полученные при этом экспериментальные данные обработаны правилами и процедурами математической статистики, известными в мировой литературе. Разработанные методики дают возможность их применения к анализу модельных смесей и реальных природных и промышленных объектов (природные воды, сплавы, минералы) и других реальных природных объектов окружающей среды и промышленных материалов.

Разработанные методики определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) с HR¹, HR², HR³ и HR⁴ в оптимальных условиях внедрены при анализе сложных и искусственных смесей с добавлением маскирующих веществ. Полученные экспериментальные данные послужили основой проверки возможности определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn, Hg(II) в присутствии различных по природе и концентрации посторонних ионов, которые в отдельности не мешают определению и довольно часто сопутствуют им в природных объектах и промышленных материалах.

В основу составления модельных смесей были положены результаты по влиянию посторонних мешающих ионов на определение Fe³⁺, Co²⁺ и Cu²⁺ с HR¹, ионов Co²⁺, Cu²⁺ и Hg²⁺ с HR², ионов Ni²⁺, Cu²⁺ и Zn²⁺ с HR³, ионов Cu²⁺, Zn²⁺ и Hg²⁺ с HR⁴. Результаты анализа сложных искусственных смесей приведены в табл. 4, из которых видно, что их спектрофотометрическое определение в сложных модельных смесях, имитирующих реальные объекты, вполне возможно, причём относительное стандартное отклонение (S_r) не превышает 0,004 для FeR¹₃, 0,008 для CoR¹₂, 0,004 для CuR¹₂, 0,013 для CoR²₂, 0,004 для CuR²₂, 0,014 для HgR²₂, 0,024 для NiR³₂, 0,009 для CuR³₂, 0,0087 для ZnR³₂, 0,020 для CuR⁴₂, 0,023 для ZnR⁴₂ и 0,016 для HgR⁴₂, что свидетельствует о хорошей правильности, экспрессности, воспроизводимости и селективности разработанной методики.

На основе проведённых исследований по оптимизации условий спектрофотометрического определения ионов Ni²⁺, Cu²⁺ и Zn²⁺ в индивидуальных и

сложных смесях, а также в реальных объектах, были разработаны экспресс-методы определения данных ионов в природных водах родника Омонхона.

Таблица 4

Определение микроколичеств ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} и Hg^{2+} в искусственных смесях

Состав искусственных смесей (соотн.)	Введено M^{n+} , мкг,	A	Найдено M^{2+} , мкг \bar{X}	S	S_r	$\bar{X} \pm \Delta X$
Ионы Fe^{3+} с HR^1 ($\ell=3,0$ см; $\lambda=675$ нм; $n=3$; $pH=4,52$; $V_{HR^1}=2,5$ см ³ ; $Y_i=0,0326+0,0123X_i$)						
Mg^{2+} , Pb^{2+} , Cl^- (1:10) Co^{2+} , Cu^{2+} (1:2), J^- , SO_4^{2-} , F^- (1:100)	40,0	0,528 0,525 0,524	40,28 40,03 39,95	0,172	0,004	40,09±0,427
Ионы Co^{2+} с HR^1 ($\ell=1,0$ см; $\lambda=550$ нм; $n=3$; $pH=5,10$; $V_{HR^1}=1,25$ см ³ ; $Y_i=0,0097+0,0170X_i$)						
Na^+ , K^+ , NO_3^- (1:100), Cu^{2+} , Fe^{2+} (1:1,0) Mg^{2+} , Al^{3+} (1:10)	15,0	0,268 0,265 0,264	15,19 15,02 14,96	0,119	0,008	15,06±0,296
Ионы Cu^{2+} с HR^1 ($\ell=3,0$ см; $\lambda=505$ нм; $n=3$; $pH=7,10$; $V_{HR^1}=1,50$ см ³ ; $Y_i=0,0013+0,0073X_i$)						
Mg^{2+} , Pb^{2+} , Cl^- (1:10) Co^{2+} , Fe^{3+} (1:2), J^- , SO_4^{2-} , F^- (1:100)	40,0	0,294 0,292 0,294	40,10 39,82 40,10	0,162	0,004	40,01±0,402
Ионы Co^{2+} с HR^2 ($\ell=1,0$ см; $\lambda=540$ нм; $n=3$; $pH=6,42$; $V_{HR^2}=1,1$ см ³ ; $Y_i=0,0123+0,0078X_i$)						
Na^+ , K^+ , NO_3^- (1:100), Cu^{2+} , Fe^{2+} (1:1,0) Mg^{2+} , Al^{3+} (1:10)	20,0	0,166 0,168 0,170	19,71 19,96 20,22	0,255	0,013	19,96±0,634
Ионы Cu^{2+} с HR^2 ($\ell=2,0$ см; $\lambda=510$ нм; $n=3$; $pH=6,54$; $V_{HR^2}=1,0$ см ³ ; $Y_i=0,0213+0,0083X_i$)						
Mg^{2+} , Pb^{2+} , Cl^- (1:10) Co^{2+} , Fe^{3+} (1:2), J^- , SO_4^{2-} , F^- (1:100)	35,0	0,312 0,310 0,312	35,02 34,78 35,02	0,139	0,004	34,94±0,345
Ионы Hg^{2+} с HR^2 ($\ell=3,0$ см; $\lambda=475$ нм; $n=3$; $pH=5,80$; $V_{HR^2}=1,6$ см ³ ; $Y_i=0,0050+0,0070X_i$)						
K^+ , Na^+ , Ba^{2+} , Cr^{3+} , Pb^{2+} (1:100), Fe^{3+} (1:5) Cl^- , F^- , CH_3COO^- (1:100)	30,0	0,218 0,215 0,212	30,43 30,00 29,57	0,430	0,014	30,00±1,07
Ионы Ni^{2+} с HR^3 ($\ell=1,0$ см; $\lambda=575$ нм; $n=5$; $pH=9,15$; $V_{HR^3}=1,2$ см ³ ; $Y_i=0,0014+0,0041X_i$)						
Na^+ , K^+ , I^- (1:1000) Co^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} (1:10) Mn^{2+} , F^- , $S_2O_3^{2-}$, NO_2^- (1:5), Cu^{2+} (1:1)	50,0	0,213 0,208 0,210 0,212 0,204	51,61 50,39 50,88 51,37 49,41	1,20	0,024	50,73±1,49
Ионы Cu^{2+} с HR^3 ($\ell=2,0$ см; $\lambda=590$ нм; $n=3$; $pH=8,00$; $V_{HR^3}=1,2$ см ³ ; $Y_i=0,0068+0,0042X_i$)						
Ba^{2+} , NH_4^+ , Al^{3+} (75), Ni^{2+} , (4); Fe^{2+} (3), F^- , NO_3^- , (150) CH_3COO^- (10,0)	30,0	0,132 0,130 0,132	29,81 29,33 29,81	0,277	0,009	29,65±0,688
Ионы Zn^{2+} с HR^3 ($\ell=1,0$ см; $\lambda=438$ нм; $n=5$; $pH=6,73$; $V_{HR^3}=1,2$ см ³ ; $Y_i=0,0073+0,007X_i$)						
Cu^{2+} (1:1), Cd^{2+} (1:2), Mg^{2+} , Pb^{2+} (1:5), Al^{3+} , NO_3^- (1:10), Cl^- (1:50), SO_4^{2-} (1:150)	30,0	0,219 0,220 0,218 0,217 0,216	29,885 30,049 29,721 29,557 29,393	0,259	0,008 7	29,72±0,322

Методика приготовления проб к анализу для определения ионов Ni^{2+} с HR^3 и Cu^{2+} , Zn^{2+} с HR^4 : взятую из родника “Омонхона” пробу воды 2,0 л (для ионов

Cu^{2+} и Zn^{2+} по 1,0 л) помещали в термостойкий стакан емкостью 2000 см^3 , прибавляли 20 см^3 1,0 н раствора азотной кислоты, нагревали на песочной бане, упаривали до образования влажных солей. Осадок растворяли в 10 см^3 дистиллированной воды, фильтровали в стакане емкостью 50,0 см^3 .

Раствор количественно переносили в мерные колбы емкостью 25,0 см^3 ; добавляли различные количества от 5,0 до 40,0 мкг стандартного раствора $\text{Ni}(\text{II})$; от 0,5 до 2,0 мкг стандартного раствора меди(II); от 1,0 до 7,0 мкг стандартного раствора цинка; добавляли по 5,0 см^3 универсального буферного раствора с рН 9,15; 3,98 и 6,48 для ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} соответственно; по 1,2 см^3 0,05 % ного раствора HR^3 , 0,9 см^3 и 1,5 см^3 0,05 % ного раствора HR^4 для ионов Cu^{2+} и Zn^{2+} соответственно, объем доводили до метки дистиллированной водой и хорошо перемешивали.

Результаты анализа природных вод (табл. 5) показывают, что разработанная спектрофотометрическая методика определения Ni^{2+} с HR^3 и Cu^{2+} , Zn^{2+} с HR^4 в найденных оптимальных условиях характеризуются воспроизводимостью, правильностью, селективностью и низкими границами определяемых концентраций и S_r , не превышающим для: Ni^{2+} 0,0263, Cu^{2+} 0,0159 и Zn^{2+} 0,0195. Исходя из этого проведено спектрофотометрическое определение ионов Zn^{2+} и Hg^{2+} с HR^4 в составе дождевой воды методом “введено-найденно”.

Таблица 5

Результаты определения микроконцентраций ионов Ni^{2+} с HR^3 и Cu^{2+} , Zn^{2+} с HR^4 в воде родника Омонхона «методом добавок»

№	Введено, M^{2+} , мкг	Содерж. M^{2+} в растворе, мкг	\bar{A}	Найдено, M^{2+} , $\bar{X} \pm \Delta X$	Количество M^{2+} , в образце, мкг	S	S_r
Определение Ni^{2+} с HR^3 ($V_{\text{вода}}=2,0$ л; рН=9,15; $\ell=1,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=575$ нм; $Y_i=0,0014+0,0041X_i$)							
1	-	13,80	0,0570	13,56±0,88	13,56	0,356	0,0263
2	5,00	18,80	0,0776	18,60±0,92	13,60	0,371	0,0199
3	10,00	23,80	0,0976	23,48±0,35	13,48	0,139	0,0059
4	15,00	28,80	0,1180	28,44±1,22	13,44	0,490	0,0172
5	20,00	33,80	0,1403	33,90±1,53	13,90	0,615	0,0181
6	25,00	38,80	0,1600	38,68±1,20	13,68	0,485	0,0125
7	30,00	43,80	0,1790	43,32±0,61	13,32	0,246	0,0057
8	35,00	48,80	0,2006	48,60±1,53	13,60	0,614	0,0126
9	40,00	53,80	0,2223	53,88±0,92	13,88	0,372	0,0069
Определение Cu^{2+} с HR^4 ($V_{\text{вода}}=1,0$ л; рН=3,98; $\ell=3,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=595$ нм; $Y_i=0,0036+0,045X_i$)							
1	-	4,00	0,1820	3,96±0,08	3,96	0,063	0,0159
2	0,50	4,50	0,2050	4,48±0,06	3,98	0,050	0,0112
3	1,00	5,00	0,2260	4,95±0,06	3,95	0,052	0,0105
4	2,00	6,00	0,2720	5,96±0,06	3,96	0,045	0,0076
Определение Zn^{2+} с HR^4 ($V_{\text{вода}}=1,0$ л; рН=6,48; $\ell=3,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=565$ нм; $Y_i=0,0054+0,0171X_i$)							
1	-	8,00	0,1410	7,93±0,19	7,93	0,155	0,0195
2	2,00	10,00	0,1740	9,86±0,15	7,86	0,120	0,0122
3	4,00	12,00	0,2090	11,90±0,12	7,90	0,103	0,0086
4	6,00	14,00	0,2450	14,01±0,16	8,01	0,131	0,0093

Из полученных данных таблице 6 видно, что разработанные спектрофотометрические методики и полученные результаты анализа дождевой воды характеризуются достаточной экспрессностью и избирательностью, а также S_r , не превышает для Zn^{2+} 0,018 и Hg^{2+} 0,030.

Разработанный чувствительный и избирательный спектрофотометрический метод определения ионов металлов синтезированными органическими реагентами применен к стандартным промышленным образцам. Результаты определения ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^3 , приведенные в табл. 7, показывают, что S_r не превышает для: Ni^{2+} 0,0187, Cu^{2+} 0,0092 и Zn^{2+} 0,0250 соответственно.

Таблица 6
Результаты определения микроконцентраций ионов Zn^{2+} и Hg^{2+} с HR^4 в дождевой воде методом «введено-найдено»

№	Введено M^{2+} , мкг	\bar{A}	Найдено M^{2+} , мкг, $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Определение Zn^{2+} с HR^4 ($V_{\text{вода}}=0,2$ л; $pH=6,48$; $l=3,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=565$ нм; $Y_i=0,0054+0,0171X_i$)					
1	10	0,175	9,92±0,45	0,180	0,018
2	15	0,262	14,89±0,29	0,115	0,008
Определение Hg^{2+} с HR^4 ($V_{\text{вода}}=0,2$ л; $pH=8,58$; $l=1,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=645$ нм; $Y_i=0,0033+0,0055X_i$)					
1	10	0,056	9,58±0,70	0,280	0,030
2	20	0,112	19,76±0,91	0,365	0,018
3	30	0,166	29,58±0,45	0,18	0,006

Таблица 7
Результаты спектрофотометрического определения ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^3 в стандартных промышленных образцах ($V=25,0$ см³; $P=0,95$)

Наимен. обр., М, %	$V_{\text{обр.}}$, см ³	Содерж. M^{2+} в алик., мкг	A	Найдено M^{2+} , мкг, $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Определение Ni^{2+} с HR^3 ($pH=9,15$; $l=1,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=575$ нм; $Y_i=0,0014+0,0041X_i$)						
АК12МК -203-5, 0,45	3,00	30,00	0,1236	29,82±0,94	0,3764	0,0126
	3,50	35,00	0,1433	34,86±0,92	0,3721	0,0107
	4,00	40,00	0,1633	39,50±1,41	0,5658	0,0143
	4,50	45,00	0,1853	44,86±2,08	0,8368	0,0187
	5,00	50,00	0,2036	49,30±0,93	0,3732	0,0076
Определение Cu^{2+} с HR^3 ($pH=8,0$; $l=2,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=590$ нм; $Y_i=0,00568+0,00435X_i$)						
А-203-1; 3,3	1,30	21,76	0,099	21,45±0,33	0,133	0,0061
	1,80	30,11	0,137	30,19±0,52	0,209	0,0069
	2,30	38,54	0,173	38,46±0,85	0,343	0,0089
А-203-5; 1,5	3,00	22,50	0,102	22,14±0,63	0,133	0,0059
	4,00	30,00	0,138	30,42±0,66	0,266	0,0088
	5,00	37,50	0,172	38,23±0,87	0,351	0,0092
Определение Zn^{2+} с HR^3 ($pH=6,73$; $l=3,0$ см; $\lambda_{\text{max}}=438$ нм; $Y_i=0,0367+0,0061X_i$)						
А-203-5; 1,0	1,0	10,00	0,100	10,377±0,422	0,259	0,0250
	2,0	20,00	0,156	19,557±0,626	0,262	0,0134
	3,0	30,00	0,221	30,213±0,322	0,259	0,0086

В оптимизированных условиях ионы Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^4 были определены в составе стандартных промышленных сплавов. Полученные результаты и их математическая обработка приведены в таблице 8.

Таблица 8

Результаты спектрофотометрического определения ионов Cu^{2+} и Zn^{2+} в стандартных промышленных образцах ($V=25,0 \text{ см}^3$, КФК-3, $P=0,95$)

Наимен. обр., М, %	$V_{\text{обр.}}$, см^3	Содерж. M^{2+} в алик., мкг	\bar{A}	Найдено M^{2+} , мкг, $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Определение Cu^{2+} с HR^4 ($\text{pH}=3,98$; $\ell=3,0 \text{ см}$; $\lambda_{\text{max}}=595 \text{ нм}$; $Y_i=0,0036+0,045X_i$)						
А-203-1, 3,3	1,0	3,30	0,154	$3,34 \pm 0,11$	0,0453	0,0136
	1,5	4,95	0,231	$5,05 \pm 0,10$	0,0406	0,0080
	1,8	5,94	0,279	$6,12 \pm 0,18$	0,0714	0,0117
М 123-1, 81,964	0,1	2,05	0,098	$2,10 \pm 0,11$	0,0453	0,0215
	0,2	4,10	0,183	$3,98 \pm 0,13$	0,0520	0,0131
	0,3	6,15	0,280	$6,14 \pm 0,11$	0,0453	0,0074
М 99-5, 82,14	0,1	2,05	0,098	$2,10 \pm 0,22$	0,0900	0,0428
	0,2	4,11	0,192	$4,19 \pm 0,14$	0,0552	0,0132
	0,3	6,16	0,280	$6,14 \pm 0,11$	0,0453	0,0074
Определение Zn^{2+} с HR^4 ($\text{pH}=6,48$; $\ell=3,0 \text{ см}$; $\lambda_{\text{max}}=565 \text{ нм}$; $Y_i=0,0054+0,0171X_i$)						
А-203-5, 1,0	2,5	5,0	0,090	$4,95 \pm 0,23$	0,185	0,0374
	5,0	10,0	0,179	$10,15 \pm 0,19$	0,154	0,0154
	7,5	15,0	0,258	$14,77 \pm 0,33$	0,262	0,0177
А-202-2с, 0,15	2,0	3,0	0,056	$2,96 \pm 0,24$	0,095	0,0320
	4,0	8,0	0,143	$8,05 \pm 0,45$	0,180	0,0220
	5,0	10,0	0,176	$9,98 \pm 0,24$	0,096	0,0100

Полученные результаты и их математическая обработка приведены в табл. 8, из которых видно, что разработанный спектрофотометрический метод определения ионов Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^4 характеризуется достаточной чувствительностью, низкими границами определяемых концентраций, селективностью и S_r , не превышающим во всех случаях 0,043.

Разработанная методика определения ионов металлов применена к анализу руды Хандизинского месторождения (табл. 9).

Таблица 9

Результаты спектрофотометрического определения ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} в рудах Хандизинского месторождения

№	$V_{\text{обр.}}$, см^3	Содерж. M^{2+} в алик., мкг	\bar{A}	Найдено M^{2+} , мкг $\bar{X} \pm \Delta X$	S	S_r
Определение Ni^{2+} с HR^3 ($m_{\text{обр.}}=0,2000 \text{ г}$; $\ell=1,0 \text{ см}$; $\lambda=575 \text{ нм}$; $n=3$; $\text{pH}=9,15$; $V_{\text{HR}^3}=1,2 \text{ см}^3$)						
1	0,50	12,37	0,0508	$12,05 \pm 0,69$	0,556	0,0461
2	1,00	24,74	0,1006	$24,19 \pm 0,79$	0,634	0,0262
3	1,50	37,11	0,1512	$36,54 \pm 0,81$	0,654	0,0179
4	2,00	49,48	0,2032	$49,22 \pm 0,81$	0,316	0,0064
Определение Cu^{2+} с HR^4 ($m_{\text{обр.}}=0,100 \text{ г}$; $\ell=3,0 \text{ см}$; $\lambda=595 \text{ нм}$; $n=5$; $\text{pH}=3,98$; $V_{\text{HR}^4}=0,9 \text{ см}^3$)						
1	0,5	2,86	0,132	$2,85 \pm 0,05$	0,044	0,0154
2	1,0	5,73	0,262	$5,74 \pm 0,05$	0,044	0,0077
3	1,1	6,30	0,286	$6,28 \pm 0,05$	0,042	0,0067
Определение Zn^{2+} с HR^4 ($m_{\text{обр.}}=0,100 \text{ г}$; $\ell=3,0 \text{ см}$; $\lambda=565 \text{ нм}$; $n=5$; $\text{pH}=6,48$; $V_{\text{HR}^4}=1,4 \text{ см}^3$)						
1	1,0	6,19	0,110	$6,12 \pm 0,23$	0,185	0,0030
2	2,0	12,37	0,214	$12,20 \pm 0,17$	0,137	0,0112
3	2,5	15,46	0,268	$15,36 \pm 0,23$	0,185	0,0120

Полученные результаты анализа руд, приведенные в таблице 9, показывают, что разработанная методика характеризуется достаточной

чувствительностью, а Sr во всех случаях не превышает 0,0461.

Таким образом, в результате проведенных исследований (табл. 3-9 показано, что разработанная спектрофотометрическая методика определения ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} в установленных оптимальных условиях характеризуется S_r , во всех случаях не превышающим 0,0461, и найденные количества ионов Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} не выходят за пределы доверительного интервала, что ещё раз подтверждает достаточную избирательность, надежность, правильность, достоверность, воспроизводимость, селективность и низкие пределы определяемых концентраций данной методики при определении ионов Fe^{3+} , Co^{2+} и Cu^{2+} с HR¹, ионов Co^{2+} , Cu^{2+} и Hg^{2+} с HR², ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR³, ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} и Hg^{2+} с HR⁴, а также она рекомендована для анализа объектов окружающей среды.

Шестая глава диссертации «**Мониторинг ионов некоторых тяжелых и токсичных металлов в объектах окружающей среды**» посвящена мониторингу ионов химических элементов в составе объектов окружающей среды, таких как природные родники и речные воды, а также тяжелые и токсичные ионы металлов в составе почв и поверхностных вод в зависимости от типа промышленных предприятий. Известно, что в настоящее время газы, сточные воды и отходы, выбрасываемые производственными и химическими предприятиями, работающими в нашей республике и мире, приводят к техногенному загрязнению природных вод, растений и почв, а также к нарушению их химического состава. Поэтому внедрение системы переработки отходов позволит снизить вред окружающей среде.

Таким образом, с целью мониторинга химических элементов и ионов металлов в составе объектов окружающей среды выбраны объекты: АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат» (АГМК), АО «Аммофос-Максам» (АС МАК) в Алмалыкском районе, АО «Ангренская тепловая электростанция» (АТЭС), АО «Новая Ангренская тепловая электростанция» (НАТЭС) и АО «Ангренская нефтяная база» (АНБ), расположенные в г. Ангрене, АО «Узбекский металлургический комбинат» (УзМК) и АО «Бекободцемент» (БЦ) в Бекабадском районе Ташкентской области, в которых исследовали химический состав почвы, водных источников и растительных ресурсов.

Таблица 10

Содержание некоторых ионов в орошаемых почвах на выбранных территориях

№	Ионы	Выбранные территории, в мг/кг							ПДК (мг/кг)
		АГМК	АТЭС	УзМК	АСМАК	АНБ	НАТЭС	БЦ	
1	Co^{2+}	13,0	10,40	18,0	12,0	15,0	13,0	10,0	50
2	Cu^{2+}	350	590	38,0	330	47,0	29,0	60,0	55
3	Zn^{2+}	310	200	130	230	120	105,0	97,0	100
4	Ni^{2+}	57,0	112,0	95,0	48,0	88,0	145,0	33,0	85
5	Cd^{2+}	1,10	0,550	0,220	0,880	0,240	0,200	0,160	0,7
6	V^{3+}	84,0	60,0	140,0	91,0	89,0	160,0	85,0	150
7	As^{3+}	59,0	64,0	31,0	63,0	46,0	44,0	41,0	2
8	Pb^{2+}	160	80,0	31,0	220	29,0	34,0	35,0	30
9	Sb^{3+}	8,40	3,90	1,80	21,0	1,90	2,30	1,60	4,5

По результатам (табл. 10) техногенного воздействия на почвенный покров обнаружены различные химические элементы, в том числе ионы ТТМ, некоторые из них превышают ПДК.

Согласно полученным результатам наблюдается превышение содержания различных химических элементов, в том числе ионов металлов, распределённых в почвах по сравнению с ПДК на следующих территориях: АГМК: Zn^{2+} – в 3,10 раза, Cu^{2+} – в 6,36 раза, Pb^{2+} – в 5,30 раза, Sb^{3+} – в 1,87 раза, As^{3+} – в 29,50 раза, Cd^{2+} – в 1,57 раза; АТЭС: Zn^{2+} – в 2,0 раза, Cu^{2+} – в 10,73 раза, Ni^{2+} – в 1,32 раза, Pb^{2+} – в 2,67 раза, As^{3+} – в 32,00 раза, W^{6+} – в 10,00 раза; УзМК: Zn^{2+} – в 1,30 раза, Ni^{2+} – в 1,12 раза, Pb^{2+} – в 1,03 раза, As^{3+} – в 15,50 раза; АСМАК: Cd^{2+} – в 1,25 раза, Zn^{2+} – в 2,30 раза, Cu^{2+} – в 6,00 раза, Pb^{2+} – в 7,30 раза, Sb^{3+} – в 4,67 раза, As^{3+} – в 31,50 раза; АНБ: Zn^{2+} – в 1,20 раза, As^{3+} – в 23,0 раза, Ni^{2+} – в 1,04 раза; НАТЭС: Zn^{2+} – в 1,05 раза, Ni^{2+} – в 1,72 раза, Pb^{2+} – в 1,13 раза, As^{3+} – в 22,00 раза, V^{3+} – в 1,07 раза; На территории завода БЦ: Cu^{2+} – в 1,09 раза, Pb^{2+} – в 1,03 раза, As^{3+} – в 20,05 раза.

В выбранных районах Ташкентской области проведен анализ химических элементов, в том числе ионов тяжелых и легких металлов, содержащихся в источниках воды, расположенных вблизи промышленных предприятий. Результаты анализа, фактические количества элементов и их ПДК представлены в таблице 11. По результатам анализа из полученных данных установлено (табл. 11), что превышены ПДК указанных химических элементов, как, в разных водах: АГМК ионов F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} ; АТЭС ионов F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} ; УзМК ионов F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} ; АСМАК ионов F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} ; АНБ ионов F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} ; НАТЭС ионов F^- , K^+ , Na^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , а также БЦ ионов F^- , K^+ , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} .

Таблица 11

**Содержание химических элементов в водных источниках,
распределенных по выбранным территориям, (мг/л)
(на примере 2021 и 2022 гг.)**

Выбранные территории	Количество, мг/л										
	K^+	F^-	Na^+	Pb^{2+}	Cr^{3+}	Cu^{2+}	Mn^{2+}	As^{3+}	Al^{3+}	Ni^{2+}	Zn^{2+}
по состоянию на октябрь месяц 2021 г.											
АГМК	51,1	0,76	151,00	0,011	0,0007	0,0011	0,003	0,07	<0,006	0,06	0,0054
АТЭС	51,6	0,78	149,00	0,029	0,0015	0,0037	0,023	0,03	0,03	0,04	0,0064
УзМК	51,9	0,79	145,00	0,008	0,0009	0,0035	0,002	0,05	<0,02	0,07	0,0044
АСМАК	52,4	0,81	128,00	0,016	0,0010	0,0054	0,008	0,08	<0,009	0,02	0,0048
АНБ	54,9	0,88	136,00	0,006	0,0004	0,0027	0,005	0,04	<0,001	0,09	0,0045
НАТЭС	53,8	0,85	146,00	0,034	0,0009	0,0014	0,012	0,02	<0,01	0,01	0,0241
БЦ	52,7	0,76	139,00	0,007	0,0008	0,0034	0,004	0,04	<0,01	0,11	0,0046
по состоянию на ноябрь месяц 2022 г.											
АГМК	54,3	0,84	150,00	0,026	0,0006	0,0054	0,01	0,04	<0,004	0,04	0,0065
АТЭС	52,5	0,83	147,00	0,018	0,0007	0,0043	0,014	0,02	-	0,01	0,0086
УзМК	54,4	0,88	141,00	0,009	0,0008	0,0059	0,003	0,03	<0,007	0,09	0,0046
АСМАК	52,4	0,85	128,00	0,029	0,0009	0,0046	0,013	0,03	<0,006	0,02	0,0084
АНБ	53,4	0,81	146,00	0,005	0,0006	0,0028	0,006	0,05	<0,006	0,04	0,0061
НАТЭС	51,9	0,78	139,00	0,011	0,0005	0,0025	0,015	0,04	<0,009	0,07	0,0056
БЦ	55,3	0,81	129,00	0,012	0,0004	0,0064	0,002	0,05	<0,008	0,12	0,0045
ПДК	50,0	0,75	120,00	0,030	0,0010	0,0010	0,100	0,010	0,100	0,05	0,200

Результаты мониторинга, проведенного в выбранных районах Ташкентской области, показали, что воздействие промышленных и химических предприятий на окружающую среду привело к превышению предельно допустимой концентрации (ПДК) ионов K^+ , F^- , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} и Pb^{2+} в составе поверхностных вод данных районов. Мониторинговый анализ влияния сточных вод и отходов промышленных производств на объекты окружающей среды подтверждает, что ветер играет значительную роль в распространении загрязняющих ионов ТТМ на больших территориях, тогда как влияние подземных и поверхностных вод является незначительным.

В настоящее время подвижные источники – автомобили, грузовые машины, автобусы, поезда, самолёты и другие транспортные средства являются основными источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В различных регионах нашей республики был проведён мониторинг данных загрязняющих веществ. Основные металлы, содержащиеся в воздухе, и их характеристики описываются следующим образом. Железо (Fe), цинк (Zn) и вольфрам (W) – распространяются из металлургии, строительной пыли, автомобильных шин, природных источников пыли и промышленных выбросов. Никель (Ni) – в основном попадает в воздух из продуктов сгорания топлива, в частности мазута, а также распространяется через промышленные выбросы. Обладает средней степенью токсичности и может вызывать аллергические реакции. Медь (Cu) – поступает в воздух от автомобильных тормозных систем и промышленных выбросов. При превышении предельно допустимой концентрации (ПДК) оказывает вредное воздействие на дыхательные пути. Свинец (Pb) – образуется в результате сгорания автомобильного топлива, производства аккумуляторов и промышленных выбросов. Обладает высокой токсичностью, негативно влияет на нервную систему и мозговую деятельность. Кадмий (Cd) – поступает из металлургической промышленности, сжигания отходов и промышленных газов. При попадании в организм может вызвать заболевания почек и способствовать хрупкости костей. Хром (Cr) – выделяется при металлургическом и сталелитейном производстве, а также с промышленными выбросами. Имеет высокую токсичность, способствует развитию заболеваний легочных и онкологических заболеваний. Мышьяк (As) – образуется в результате сжигания угля и выбросов химической промышленности. Обладает высокой токсичностью, вызывает заболевания легких и кожи. Ванадий (V) – попадает в атмосферу при сгорании топлива, особенно нефтепродуктов. Марганец (Mn) – выделяется при производстве металлов, сварочных работах и промышленных выбросах.

В воздухе, выбрасываемом в промышленно развитых районах Республики Узбекистан, содержатся различные минеральные вещества, оксиды металлов, силикаты, сажа, фториды, мышьяк, сурьма и оксиды селена. Результаты мониторинга показывают, что в крупных промышленных городах в составе пыли выявлены элементы Fe, Cd, Cu, Pb, Ni и Mn. Например, в выбросах предприятий медной промышленности содержатся такие ценные металлы, как Cu, Fe, Zn, Co и Ni, которые оказывают значительное влияние на экологию. Кроме того, предприятия химической промышленности являются

одними из главных источников загрязнения воды, воздуха и почвы. Металлы, содержащиеся в воздухе, попадают в окружающую среду из транспортных средств, промышленных выбросов, процессов сгорания топлива и природных явлений. Эти частицы могут длительное время оставаться в воздухе, представляя угрозу для здоровья человека и окружающей среды. В результате мониторинга было установлено, что концентрация тяжелых металлов в атмосфере городов Республики с населением более 100 тысяч человек превысила ПДК в городе Андижан. Концентрация тяжелых металлов в атмосфере областей оказалась самой высокой в городе Ташкент и Ташкентской области. Поэтому для снижения загрязнения необходимо использовать экологически чистые транспортные средства, минимизировать промышленные выбросы, а также проводить мониторинг вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, и принимать меры по их сокращению.

Для мониторинга природных родниковых и речных вод Сурхандарьинской области в период с 12 по 16 августа 2022 года были отобраны и проанализированы 11 проб из следующих территорий: «Тупалангское водохранилище» (№1), родниковая вода «Ходжаипок» (№2), «Сурхонское водохранилище» (№3), родниковая вода «Олтингугурт» (№4), родниковая вода «Хандиза» (№5-6) и святыня «Хазрати Ходжа Сиддик Сахоба» (№7-11). Результаты проведенного анализа и мониторинга показали, что в «Тупалангском водохранилище» содержание ионов не превышает ПДК. Однако в составе вод других природных родников и рек содержание ионов железа превышает ПДК в 1,52-14,48 раза, тогда как концентрация остальных ионов не превышает установленные пределы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выбраны оптимальные условия определения спектрофотометрическим методом ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) новыми органическими реагентами на основе нафталина в водной среде: ионов Fe³⁺ и Co²⁺ с HR¹, Co(II), Cu(II) и Hg(II) с HR² в слабокислой; ионов Cu(II) с HR¹, ионов Zn с HR³ в нейтральной; ионов Ni(II) и Cu(II) с HR³ в щелочной средах; установлены батохромные и гипсохромные сдвиги максимумов поглощения до $\Delta\lambda=60-230$ нм, чувствительность по Сенделю в диапазоне 0,0031-0,0170 мкг/см², а также разработаны новые методики определения в оптимизированных условиях.

2. Рекомендованы в качестве новых органических аналитических реагентов 5-гидрокси-6-нитрозонафталин-2-сульфо кислота, 4-гидрокси-3-нитрозонафталин-1-сульфо кислота, 4,5-дигидрокси-3,6-динитрозонафталин-2,7-дисульфокислота и 4-амино-5-гидрокси-6-[(5-метил-2-пиридил)-азо]-3-сульфонафталин-1-сульфо кислотный натрий для спектрофотометрического определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) в объектах окружающей среды.

3. На основе реакций комплексообразования при оптимизированных условиях установлено подчинение закону Бугера-Ламберта-Бера, которое наблюдается в интервале 2,0-48,0 мкг для Fe³⁺, 1,0-18,0 мкг для Co²⁺ и 2,0-45,0

мкг для Cu^{2+} с HR^1 ; 1,0-30,0 мкг для Co^{2+} , 1,0-42,0 мкг для Cu^{2+} и 2,0-50,0 мкг для Hg^{2+} с HR^2 ; 5,0-55,0 мкг для Ni^{2+} , 5,0-40,0 мкг для Cu^{2+} и 2,0-35,0 мкг для Zn^{2+} с HR^3 , 0,50-6,50 мкг для Cu^{2+} ; 1,0-18,0 мкг для Zn^{2+} и 1,0-40,0 мкг для Hg^{2+} с HR^4 , в 25,0 см³ водного раствора и рекомендованы новые методики спектрофотометрического определения ионов Fe^{3+} , Co^{2+} и Cu^{2+} с HR^1 ; Co^{2+} , Cu^{2+} и Hg^{2+} с HR^2 , а для Ni^{2+} , Cu^{2+} и Zn^{2+} с HR^3 , а также Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} с HR^4 в объектах окружающей среды.

4. Установлена закономерность увеличения батохромных сдвигов истинных молярных коэффициентов светопоглощения относительно органических реагентов: $\varepsilon(\text{CoR}^1_2) = 40000 < \varepsilon(\text{CuR}^1_2) = 61350$; $\varepsilon(\text{CoR}^2_2) = 19531 < \varepsilon(\text{CuR}^2_2) = 20000 < \varepsilon(\text{HgR}^2_2) = 23530$; $\varepsilon(\text{NiR}^3_2) = 23585 < \varepsilon(\text{ZnR}^3_2) = 28571 < \varepsilon(\text{CuR}^3_2) = 42608$ и константы устойчивости $\beta(\text{CoR}^1_2) = 1,25 \cdot 10^{19}$ ($\lg\beta=19,10$) $< \beta(\text{CuR}^1_2) < 1,36 \cdot 10^{20}$ ($\lg\beta = 20,13$); $\beta(\text{CoR}^2_2) = 4,15 \cdot 10^{19}$ ($\lg\beta=19,62$) $< \beta(\text{CuR}^2_2) = 5,71 \cdot 10^{20}$ ($\lg\beta=20,75$) $< \beta(\text{HgR}^2_2) = 6,49 \cdot 10^{21}$ ($\lg\beta=21,81$); $\beta(\text{NiR}^3_2) = 8,85 \cdot 10^{22}$ ($\lg\beta= 23,00$) $< \beta(\text{ZnR}^3_2) = 2,86 \cdot 10^{23}$ ($\lg\beta=23,46$) $< \beta(\text{CuR}^3_2) = 1,63 \cdot 10^{24}$ ($\lg\beta=24,21$); $\beta(\text{ZnR}^4_2) = 2,97 \cdot 10^{17}$ ($\lg\beta=17,47$) $< \beta(\text{CuR}^4_2) = 1,44 \cdot 10^{21}$ ($\lg\beta=21,16$) $< \beta(\text{HgR}^4_2) = 1,18 \cdot 10^{22}$ ($\lg\beta=22,07$) комплексобразованных ионов Co(II) , Ni(II) , Cu(II) , Zn и Hg(II) с новыми органическими реагентами на основе нафталина, которое возрастает в ряду $\text{Co} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Hg}$, что доказано соответствует законам хелатирования и подтверждается их достаточной устойчивостью.

5. Методом “введено-найдено” определены правильность и воспроизводимость разработанных методик, установлены нижние границы определяемых содержаний этих ионов в мкг/25,0 см³: 0,1120 для FeR^1_3 ; 0,3094 для CoR^1_2 ; 0,0492 для CuR^1_2 ; 0,6714 для CoR^2_2 ; 0,2860 для CuR^2_2 ; 0,6200 для HgR^2_2 ; 0,6004 для NiR^3_2 ; 0,2390 для CuR^3_2 ; 0,1220 для ZnR^3_2 ; 0,2338 для CuR^4_2 ; 0,1746 для ZnR^4_2 и 0,7618 для HgR^4_2 , сопоставлены результаты методик определения в объектах окружающей среды-природных водах, стандартных пробах, рудах и вещественных доказательств с другими альтернативными ГОСТ методами, относительное стандартное отклонение не превышает $\text{Sr}=0,1150$ и правильность результатов подтверждена отсутствием систематических погрешностей, высокими аналитическими и метрологическими характеристиками по критериям Стьюдента.

6. Определено содержание ионов ТТМ в орошаемых почвах Ташкентской области, мониторинг которых показал, что в районах промышленных предприятий содержание токсичных ионов превышает ПДК в слое почвы до 50 см: на территории АГМК выявлены ионы Li^+ , Cs^+ , Ag^+ , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} , Be^{2+} , Cd^{2+} ; на территории АТЭС – Li^+ , Cs^+ , Ag^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , Sn^{2+} , W^{6+} ; на территории УЗМК – Cs^+ , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} ; на территории АСМАК – Li^+ , Cs^+ , Ag^+ , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{2+} , As^{3+} , Mo^{6+} ; на территории АНБ – Li^+ , Cs^+ , Zn^{2+} , Ni^{2+} , As^{3+} ; на территории НАТЭС – Li^+ , Cs^+ , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , V^{3+} ; на территории БЦ – Cs^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} и экспериментально доказано, что в поверхностных водах этих территорий содержание ионов K^+ , F^- , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} и Pb^{2+} превышает ПДК.

7. В результате мониторинга было установлено, что концентрация тяжелых металлов в атмосфере городов с населением более 100 тысяч человек в городе Республике наиболее превышает ПДК в городе Андижане.

Концентрация тяжелых металлов в атмосфере Республики оказалась самой высокой в городе Ташкенте и Ташкентской области. Результаты анализа и мониторинга природных родниковых и речных вод Сурхандарьинской области показали, что в «Тупалангском водохранилище» концентрация ионов не превышает ПДК. Однако в образцах № 2-11 содержание ионов железа превышает ПДК в 1,52-14,48 раза, тогда как концентрация остальных ионов не превышает предельно допустимые нормы.

8. Спектрофотометрические методики определения ионов Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn и Hg(II) в объектах окружающей среды рекомендованы для анализа реальных объектов и внедрены в практику аналитических лабораторий различных предприятий, таких как АО «Каракалпакское водоснабжение» Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Каракалпакстан, АО «Навоийский горно-металлургический комбинат», ООО «Шуртанский газо-химический комплекс», Узбекско - Китайское совместное предприятие ООО «PENG-SHENG» и «Главный Экспертно - криминалистический Центр» МВД Республики Узбекистан, а также получен патент на полезную модель Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

**ONCE-ONLY SCIENTIFIC COUNCIL BASED ON THE SCIENTIFIC COUNCIL
FOR AWARDED ACADEMIC DEGREES DSc.03/30.12.2019.K.01.03
AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN

TODJIEV JAMOLIDDIN

**DEVELOPMENT OF SPECTROPHOTOMETRIC METHODS FOR
DETERMINATION OF SOME IONS OF HEAVY AND TOXIC METALS
USING NEW ORGANIC REAGENTS BASED ON NAPHTHALENE IN
ENVIRONMENTAL OBJECTS**

02.00.02 – Analytical chemistry

11.00.05 – Environmental protection and rational use of natural resources

**DISSERTATION ABSTRACT
FOR THE DOCTOR OF CHEMICAL SCIENCES (DSc)**

Tashkent – 2025

The title of the doctoral dissertation (DSc) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of higher education, science and innovation of the Republic of Uzbekistan of the numbers of B2025.1. DSc/K141.

The dissertation has been carried out at the National University of Uzbekistan.

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

Scientific advisers:

Smanova Zulayxo
doctor of chemical science, professor

Turayev Xayit
doctor of chemical science, professor

Official opponents:

Yaxshiyeva Zukhra
doctor of chemical sciences, professor

Sottikulov Elyor
doctor of technical sciences, senior researcher

Usmanova Khilola
doctor of chemical sciences, professor

Leading organization:

Institute of general and inorganic chemistry

The defense of the dissertation will take place on «17» 04 2025 in «1⁰⁰» at the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K.01.03 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, University street 4. Ph.: (99871) 246-07-88, fax: (+99824) 246-02-24. E-mail: ilmiy_kengash@nuu.uz).

The dissertation has been registered at the Information Resource Centre of National University of Uzbekistan under № 46 (Address: 100174, Tashkent, University 4. Ph.: (+99871) 246-07-88, 277-12-24; fax: (+99871) 246-53-21; 246-02-24; e-mail: ilmiy_kengash@nuu.uz)

The abstract of the dissertation has been distributed on «04» 04 2025 year

Protocol at the register № 11 dated «03» 04 2025 year



Sh.Sh. Daminova

Chairman of the once-only Scientific council
for awarding of the scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

N.X. Kutlimurotova

Scientific secretary of the once-only Scientific council
for awarding the scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

B.N. Babaev

Chairman of the once-only Scientific seminar
under the once-only Scientific council
for awarding scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

The aim of the research work is the monitoring and elaboration of spectrophotometric methods for determination of Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+} ions via sensitive and selective new organic reagents based on naphthalene in environmental objects.

The objects of the research work are environmental objects, industrial alloys, dairy products, natural, waste waters, sewage waters and ores.

Scientific novelty of the research work is as follows:

establishment of regularities in optimizing the conditions for the spectrophotometric determination of Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn and Hg(II) ions using new naphthalene-based organic reagents in an aqueous medium: Fe^{3+} and Co^{2+} ions were detected with HR^1 in a weakly acidic medium, Co^{2+} , Cu^{2+} and Hg^{2+} ions with HR^2 in a weakly acidic medium, Cu^{2+} ions with HR^1 in a neutral medium, Zn^{2+} ions with HR^3 in a neutral medium, Ni^{2+} and Cu^{2+} ions with HR^3 in a weakly alkaline medium. The method follows Ber's law within a concentration range of 0,5-55,0 μg . The shifts in the absorption maxima (bathochromic and hypsochromic) were observed within the range $\Delta\lambda = 60\text{-}230$ nm. The sensitivity of the method, as determined by Sendel, was found to be in the range of 0,0031-0,0170 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$;

the electronic absorption spectrums of newly developed selective organic reagents were studied at different pH mediums. The absorption maxima for each reagent were observed within the following wavelength ranges: HR^1 (424-495 nm), HR^2 (408-455 nm), HR^3 (440-540 nm) and HR^4 (500-535 nm), with each exhibiting a single, symmetrical peak. The molar extinction coefficients and dissociation constants were determined using the Komar method, yielding the following values: for HR^1 , $\epsilon = 695,70$ and $K_d = 3,40 \cdot 10^{-7}$ ($\text{pK} = 6,47$); for HR^2 , $\epsilon = 934,64$ and $K_d = 3,28 \cdot 10^{-6}$ ($\text{pK} = 5,48$); and for HR^3 , $\epsilon = 549$ and $K_d = 3,38 \cdot 10^{-7}$ ($\text{pK} = 6,47$);

the criteria for bathochromic shifts of the true molar absorption coefficients relative to organic reagents have been formulated: $\epsilon(\text{CoR}^1_2) = 40000 < \epsilon(\text{CuR}^1_2) = 61350$; $\epsilon(\text{CoR}^2_2) = 19531 < \epsilon(\text{CuR}^2_2) = 20000 < \epsilon(\text{HgR}^2_2) = 23530$; $\epsilon(\text{NiR}^3_2) = 23585 < \epsilon(\text{ZnR}^3_2) = 28571 < \epsilon(\text{CuR}^3_2) = 42608$ and the relationship between these criteria and the stability constants of the complexes was established: $\beta(\text{CoR}^1_2) = 1,25 \cdot 10^{19}$ ($\lg\beta = 19,10$) $< \beta(\text{CuR}^1_2) < 1,36 \cdot 10^{20}$ ($\lg\beta = 20,13$); $\beta(\text{CoR}^2_2) = 4,15 \cdot 10^{19}$ ($\lg\beta = 19,62$) $< \beta(\text{CuR}^2_2) = 5,71 \cdot 10^{20}$ ($\lg\beta = 20,75$) $< \beta(\text{HgR}^2_2) = 6,49 \cdot 10^{21}$ ($\lg\beta = 21,81$); $\beta(\text{NiR}^3_2) = 8,85 \cdot 10^{22}$ ($\lg\beta = 23,00$) $< \beta(\text{ZnR}^3_2) = 2,86 \cdot 10^{23}$ ($\lg\beta = 23,46$) $< \beta(\text{CuR}^3_2) = 1,63 \cdot 10^{24}$ ($\lg\beta = 24,21$); $\beta(\text{ZnR}^4_2) = 2,97 \cdot 10^{17}$ ($\lg\beta = 17,47$) $< \beta(\text{CuR}^4_2) = 1,44 \cdot 10^{21}$ ($\lg\beta = 21,16$) $< \beta(\text{HgR}^4_2) = 1,18 \cdot 10^{22}$ ($\lg\beta = 22,07$) of complexed ions of Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn and Hg(II) with new organic reagents based on naphthalene, which increase in the series $\text{Co} < \text{Ni} < \text{Zn} < \text{Cu} < \text{Hg}$, which confirms the chelation regularity;

using the elaborated methods the lower detection limits for Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Hg^{2+} ions were determined in $\mu\text{g}/25.0$ cm^3 as follows: for FeR^1_3 , 0,1120; for CoR^1_2 , 0,3094; for CuR^1_2 , 0,0492; for CoR^2_2 , 0,6714; for CuR^2_2 , 0,2860; for HgR^2_2 , 0,6200; for NiR^3_2 , 0,6004; for CuR^3_2 , 0,2390; for ZnR^3_2 , 0,1220; for CuR^4_2 , 0,2338; for ZnR^4_2 , 0,1746 and for HgR^4_2 , 0,7618. These results confirm that the methods exhibit high sensitivity;

as a novelty in environmental solutions, the scientific foundations of the spectrophotometric determination of heavy metal ions using new organic analytical reagents based on naphthalene have been developed for the analysis of environmental objects, additionally the composition of springs, river waters, soils, and wastewater has been monitored;

the methods used to detection Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Hg^{2+} ions in environmental samples have been applied to analyze natural waters, standard samples, ores and ash residues. The results showed a relative standard deviation (S_r) of no more than 0,1150. At comparison with alternative official standard methods (State standard), the accuracy of the results was confirmed, with no systematic errors present. The analytical and metrological characteristics, assessed using Student's criteria, demonstrate the high reliability of the results;

spectrophotometric methods for determining heavy metal ions (HM) in environmental objects have been developed. The content of HM ions in irrigated soils of the Tashkent region was determined, and monitoring revealed that in industrial areas, the concentration of toxic ions exceeds the MAC in the soil layer up to 50 cm: in the area of the «Almalyk Mining and Metallurgical Complex» Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} , Cd^{2+} ions was identified; in the area of the «Angren Thermal Power Station» Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , W^{6+} ; in the area of the «Uzbekistan Metallurgical Complex» Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} ; in the area of «Ammofos-Maksam» Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Sb^{3+} , As^{3+} ; in the area of the «Angren Oil Base» Zn^{2+} , Ni^{2+} , As^{3+} ; in the area of the «New Angren Thermal Power Station» Zn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} , V^{3+} and in the area of «Bekabad Cement» Cu^{2+} , Pb^{2+} , As^{3+} . It was experimentally proven that in the surface waters of these territories, the concentrations of K^+ , F^- , Na^+ , Cu^{2+} , Ni^{2+} and Pb^{2+} ions exceeding the MAC.

Implementation of the research results. Based on the scientific results obtained from developing spectrophotometric determination methods for Fe^{3+} , Co^{2+} and Cu^{2+} with HR^1 , Co^{2+} , Cu^{2+} and Hg^{2+} with HR^2 , Ni^{2+} , Cu^{2+} and Zn^{2+} with HR^3 , as well as Cu^{2+} , Zn^{2+} and Hg^{2+} with HR^4 from environmental objects:

a patent for a utility model was obtained for the method of obtaining a derivative of naphthol-6-sulfonic acid from the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan (№ 9 (282). FAP 2564, of August 16, 2024). As a results, the 5-hydroxy-6-nitrosophthalene-2- sulfonic- acid allowed the detection of Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} and Fe^{3+} ions in aqueous environments as an OAR;

the spectrophotometric method for determination of Fe(III) and Cu(II) ions was introduced for their determination in sewer waters, natural reservoirs and wastewater in the practice of the JSC «Karakalpak Water Supply» Laboratory of the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Karakalpakstan (reference of the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Karakalpakstan 01/18-2-2885 of September 4, 2024). As a result, the use of HR^1 , HR^2 and HR^3 reagents, which replace imported reagents used in spectrophotometric methods for determination of Fe(III) and Cu(II) ions, was made possible in practice;

the spectrophotometric determination methods for Fe(III), Co(II) and Zn ions with using HR^1 , HR^2 and HR^3 were implemented at the Central Scientific Research

Laboratory of the JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine» for the determination of Fe(III), Co(II), and Zn ions in drinking and wastewater (reference of the JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine» 23/01-01-07/248 of May 28, 2024). As a result, it was emphasized in the laboratory for analyzing drinking and wastewater that determination of Fe(III), Co(II), and Zn ions based on the criteria outlined in the normative-technical documents is crucial in addressing economic and environmental issues, and it enabled increase detection efficiency an 1,0-1,2 times;

the spectrophotometric methods for determination Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Hg^{2+} ions ions were implemented at the Central Factory Laboratory of the JSC «Navoi Mining and Metallurgical Combine» (reference of the JSC “Navoi Mining and Metallurgical Combine” 12.02-01/193 of February 6, 2024). As a result, the developed methods allowed to determinate of Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Hg^{2+} ions ions in a wide range from wastewater using synthesized organic reagents;

the spectrophotometric methods for determination of Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} and Zn^{2+} ions were implemented in the «Chemical-Bacteriological» laboratory of the LLC «Shurtan Gas Chemical Complex», for the analysis of household drinking water and the determination of metall ions (reference of the LLC «Shurtan Gas Chemical Complex» 003/1472 of March 25, 2024). As a result, the developed methods allowed to increase selectivity, sensitivity, rapidity and accuracy in detecting micrometric amounts of Fe^{3+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} and Zn^{2+} ions;

spectrophotometric methods for the determining of trace levels of Fe(III), Ni(II), and Cu(II) ions in industrial wastewater, utilizing the newly developed reagents HR^1 , HR^2 and HR^3 , were validated and implemented at the analytical laboratory of the Uzbek-Chinese joint venture, LLC «PENG-SHENG» (reference of the Uzbek-Chinese joint venture, LLC «PENG-SHENG» 14 from February 02, 2024). These methods are currently used for the analyzing wastewater streams from various production units before discharge to the local wastewater treatment facility. The implementation resulted in a 5–8% enhancement in the efficiency determination of Fe(III), Ni(II) and Cu(II) ions;

validated analytical protocol employing 4-hydroxy-3-nitrosonaphthalene-1-sulfonic acid (HR^2) for the sensitive and selective determination of mercury(II) ions has been successfully implemented at the Special Laboratory of the Department of Physical-Chemical and Technical Expertise within the Main Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan. This protocol is currently employed for analysis of mercury (II) trace in forensic samples (reference of the Expert Forensic Center of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Uzbekistan 21/2-257 of March 26, 2024). As a result, the elaborated method of determination of mercury (II) ions with HR^2 , the sensitivity has been increased and the possibilities of their analysis were improved.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists from introduction, six chapters, conclusions, list of references and applications. The volume of the dissertation is 200 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Тоджиев Ж.Н. Разработка спектрофотометрических методов определения ионов некоторых тяжёлых и токсичных металлов новыми органическими реагентами на основе нафталина // Монография. –Ташкент. “Ma’rifat” nashriyoti. – 2023. – С. 160.

2. Todjiev J.N., Turabov N., Tadjimuxamedov X.S., Turayeva G.S., Xusanov B.M., Razzoqova S.R., Tuliyeв B.A., Smanova Z.A. Naftol-6-sulfokislota hosilasini olish usuli // O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi, Rasmiy axborotnoma. Foydali model patenti. – FAP 2564. – № 9(282). – 26.09.2024. – В. 1-9.

3. Турабов Н.Т., Нурмухаммадов Ж.Ш., Тожимухамедов Х.С., Тоджиев Ж.Н. 4-гидрокси-3-нитроэнафталин-1-сульфокислотанинг синтези ва уни аналитик тавсифлари // Ўзбекистон кимё журнали. –Ташкент. – 2013. – № 5. –8-12 б. (02.00.00. № 6).

4. Todjiev J.N., Turabov N., Turaeva G.S., Xusanov B.M., Yunusov Kh.E., Tuliyeв B.A., Gazieva A.S., Pulatova G.U., Smanova Z.A. Spectrophotometric determination of microconcentrations of zinc(II) and copper(II) in water and industrial alloys using a new chromogenic reagent [4-amino-5-hydroxy-6-[(5-methyl-2-pyridyl)azo]-3-sulfo-1-naphthyl]-sulfonyloxysodium //Chemical Review and Letters. - Iran. - 2024. - № 3. - P. 388-403. IF_{ISC}=0.92. (№ 8. Chemical Abstracts CAS, № 3. Scopus. IF=6,4). https://www.chemrevlett.com/article_198145.html.

5. Todjiev J.N., Turabov N., Xusanov B.M., Turaeva G.S., Lakaev Sh.S., Razzoqova S.R., Sagdillayeva Z.A., Yuldasheva U.A., Muhammedova B.I., Sapaev I.B., Yunusov Kh.E. Determination of Ni(II) ions in natural objects and industrial alloys via a spectrophotometric method with 4,5-dihydroxy-3,6-dinitroso-naphthalene-2,7-disulfoxic acid // Chemical Review and Letters. – Iran. – 2024. – № 10. – P. 895-911. IF_{ISC}=0.92. (№ 8. Chemical Abstracts CAS, № 3. Scopus. IF=6,4). https://www.chemrevlett.com/article_207966.html.

6. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Тураев Х.Х., Сманова З.А., Ташпулатова З.Б. Мониторинг микроколичеств ионов ртути(II) и цинка в составе объектов окружающей среды // “Central asian food engineering and technology” ilmiy jurnali. – Toshkent. – 2024. – Vol. 2. – Iss. 9. –129-137 б. (ОАК Rayosatining 2023-yil 28-fevraldagi 333/5-son qarori bilan kiritilgan).

7. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Тураев Х.Х., Раупова С.С., Усманова М.Д., Сманова З.А. Влияние ионов тяжелых металлов на загрязнение окружающей среды // Композиционные материалы. –Ташкент. –2024. –№ 4. – С.204-206. (02.00.00. № 4).

8. Тоджиев Ж., Турабов Н., Тураев Х., Тураева Г., Раупова С., Ташпулатова З. Мониторинг микроколичеств ионов железа(III) и меди(II) в качестве экологического фактора и разработка спектрофотометрических

методов их обнаружения // Вестник НУУз. – Ташкент. – 2024. – № 3/2/1. – С. 420-423. (02.00.00. № 12).

9. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Газиева А.С., Тошов А.А., Мухамедова Б.И., Пулатова Г.У., Сманова З.А. Разработка спектрофотометрического метода определения ионов цинка в составе лекарственных препаратов, промышленных сплавов и природных водах // Фармацевтический журнал. – Ташкент. – 2023. – № 3. – С. 58–65. (02.00.00. № 2).

10. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Тураева Г.С., Фатхуллаева М., Олимжонова Ш.О., Суюнова С.Р., Сманова З.А. Изучение свойств реагента и разработка на его основе спектрофотометрических методик определения ионов меди(II) // Научный вестник НамГУ. – Наманган. – 2023. – № 2. – С. 49-55. (02.00.00. № 18).

11. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Шарипова К.Н., Хусанов Б.М. Символ(II) ионларини 4-гидрокси-3-нитрозофталин-1-сульфокислота билан спектрофотометрик аниқлаш услубини ишлаб чиқиш // НамДУ илмий ахборотномаси. – Наманган. – 2022. – № 6. – 116-123 б. (02.00.00. № 18).

12. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Назиров Ш.С. 2,7-динитрозо-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфокислота как аналитический реагент для спектрофотометрического определения меди(II) // Композиционные материалы. – Ташкент. – 2022. – №3. – С.13-16. (02.00.00. № 4).

13. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Шарипова К.Н., Тулиев Б.А. Символ(II) ионини янги спектрофотометрик аниқлаш услубида оптимал шароитларини аниқлаш // ҚарДУ хабарлари. Қарши. – 2022. – № 3/1. – Т. 53. – 82-88 б. (ОАК Rayosatining 2022-yil 31-martdagi 314/9.2-son qarori bilan kiritilgan).

14. Turabov N.T., Todjiyev J.N., Sharipova K.N., Khusanov B.M., Kudiyarova A.D. Optimal conditions for the complex compounds of mercury (II) 4-hydroxy-3-nitroso-1-naphthalenesulfonic acid // Science and Education in Karakalpakstan Natural sciences. – Karakalpakstan. – 2022. – №1/2. – P.4-8. (02.00.00. № 16).

15. Turabov N., Todjiyev J., Razzokova S., Nazirov Sh., Tuliyeв B. Development of spectrophotometric methods for the determination of copper (II) ions by new azo reagent based on pyridine // Asian journal of multidimensional research (AJMR) – India. – 2021. – Vol – 10. – Iss. 4. – P. 106-113. (№ 23. IF_{Scopus}=7,699).

16. Тоджиев Ж.Н., Олимжонова Ш.О., Турабов Н.Т. 2,7-динитрозо-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфокислота как аналитический реагент для спектрофотометрического определения никеля(II) // Научный журнал Universum: Химия и биология. – Москва. – 2021. – № 12(90). – Ч.1 – С.48-52. (02.00.00. № 2).

17. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Тураева Г.С., Тураев Х.Х., Сманова З.А., Жобборов Б.Т., Тулиев Б.А., Бекмуродов С.А. Мониторинг воздействия орошаемых почв вокруг промышленных предприятий на объекты окружающей среды // Вестник КГУ им. Бердаха. – Нукус. 2025. – Специальный выпуск. – С.163-167. (ОАК Rayosatining 2022-yil 30-noyabrdagi 327/5-son qarori bilan kiritilgan).

II bo'lim (II часть; II part)

18. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., ХХХ Жалолиддинхон Ш., Тожимухамедов Х.С. 4-гидрокси-3-нитрозо-нафталин-1-сульфо-кислотанинг аналитик тавсифлари // «Кимё фанининг долзарб муаммолари». ЎЗМУ кимё факультети профессор-ўқитувчилари ва ёш олимларининг илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. – Ташкент. – 2013. – 111-114 б.

19. Todjiyev J.N., Turabov N.T., Smanova Z. A., Turayev X.X. Monitoring of microquantities of some heavy toxic metals as an environmental factor and development of new spectrophotometric methods for their detection // «Atrof-muhit muammolarini hal qilishda tabiatga asoslangan yechimlar» mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman to'plami. – Toshkent. – 28-29 noyabr. – 2024. – 157-165 b.

20. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Сманова З.А., Тураев Х.Х., Назиров Ш.С. Определение $\epsilon_{\text{нр}}$ и $K_{\text{дисс}}$ 5-гидрокси-6-нитрозо-нафталин-2-сульфо-кислоты по методу Комаря // The 4th International Conference «Energy-Earth-Environment-Engineering» – Tashkent. – 12 December. – 2024. P.55.

21. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Тошов А.А., Тожибоева Ф.М. Разработка спектрофотометрического метода определения ионов цинка в составе лекарственных препаратов // Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции на тему Абу Али Ибн Сино и инновации в современной фармацевтике. – Ташкент. – 2023. – С.166-167.

22. Turabov N.T., Todjiyev J.N., Nabiyev A.A., Olimjonova Sh.O. Nikel (II) ionlarini spektrofotometrik aniqlash // «Funksional polimerlarning fundamental va amaliy jihatlari» Xalqaro ilmiy-amaliy konferentsiya materiallari to'plami. – Toshkent. – 2023. – 17-18 mart. – 505-508 b.

23. Todjiyev J.N., Turabov N.T., Turayev X.X. Smanova Z.A. Monitoring of microquantities of some heavy toxic metals as an environmental factor and development of new spectrophotometric methods for their detection // Международная научно-техническая конференция «Катализ в промышленности и проблемы экологии» CAT-PROM-2024 Сборник тезисов. – Ташкент. 01-04 ноября 2024 г. – С. 133-136.

24. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Тўраева Г.С., Тошов А.А. Определение $\epsilon_{\text{нр}}$ и $K_{\text{дисс}}$ 2,7-динитрозо-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфо-кислоты по методу Комаря // Uzbekistan-Japan International Conference «Energy-Earth-Environment-Engineering». – Tashkent. – 2022. – November 17-18. – P.134.

25. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Тўраева Г.С., Суюнова С.Р., Инояткулов Г.С. Темир(III) ионининг 6-сульфо-1-нитрозо-2-нафтол реагенти билан спектрофотометрик аниқлаш услубини ишлаб чиқиш // «Координацион бирикмалар кимёсининг ҳозирги замон муаммолари» мавзусида Халқаро илмий-амалий Конф. Матер. тўплами. – Бухоро. – 2022-йил 22-23. – декабр. – 184-186 б.

26. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Назиров Ш.С. Мис(II) ионларини спектрофотометрик аниқлаш услуби // 1st Uzbekistan-Japan International Symposium (UJICY) on Green Chemistry and Sustainable Development. – Tashkent. – 29-30 November. – 2021. – P.99.

27. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Тўраева Д.Ф. Никель(II) ионларини

спектрофотометрик аниқлаш услуги // 1st Uzbekistan-Japan International Symposium (UJICY) on Green Chemistry and Sustainable Development. – Tashkent. – 2021. – 29-30 November. – P.155.

28. Турабов Н.Т., Хусанов Б.М., Тоджиев Ж.Н., Назиров Ш.С., Тошов А.А., Олимжонова Ш.О. 2,7-динитрозо-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфокислотанинг аналитик кимёда қўлланилиши // «Маҳаллий хомашёлар ва иккиламчи ресурслар асосида инновацион технологиялар» мавзусидаги Республика илмий-амалий Конф. Матер. тўплами. – Урганч. – 2021. I жилд. – 352-353 б.

29. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Хусанов Б.М., Инояткулов Ғ.С. Спектрофотометрический метод определения ионов кобальта(II) 5-гидрокси-6-нитрозо-нафталин-2-сульфо-кислотой // Биоорганик кимё долзарб муаммолари. X Республика ёш кимёгарлар конференцияси материаллари. – Наманган. – 2022, – 174-175 б.

30. Тоджиев Ж.Н., Турабов Н.Т., Тулиев Б.А., Тўраева Г.С. 4-гидрокси-3-нитрозо-нафталин-1-сульфо-кислотанинг кобальт(II) ионини аниқлашда қўлланилиши // Биоорганик кимё долзарб муаммолари. X Республика ёш кимёгарлар конференцияси материаллари. – Наманган. – 2022 йил. – 172-174 б.

31. Турабов Н., Тоджиев Ж.Н., Тулиев Б., Ғанибекова М., Омонова Л. Кобальт(II) ионини 4-гидрокси-3-нитрозо-нафталин-1-сульфо-кислота ёрдамида спектрофотометрик аниқлаш // «Комплекс бирикмалар кимёси ва аналитик кимё фанларининг долзарб муаммолари» Республика илмий-амалий конф. материал. тўплами. – 2-қисм. – Термез. 19-21 май. – 2020. – 66-67 б.

32. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Бозоров Л.У. Мис(II) ионини 2,7-динитрозо-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфокислота билан янги аниқлаш услубини ишлаб чиқиш // «Кимёнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. – Тошкент. 4-5 февраль. – 2021. – С. 243-244.

33. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Олимжонова Ш.О., Эшмурзаев Й.Ш. Никел ионини 2,7-динитрозо-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфокислота билан спектрофотометрик аниқлаш услуги // «Комплекс бирикмалар кимёсининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Ташкент. – 2021 йил, 14-15 сентябрь. – 279-280 б.

34. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Тошов А.А., Ибрагимов Т.Э. Рух ионини 2,7-динитрозо-1,8-диоксинафталин-3,6-дисульфокислота билан спектрофотометрик аниқлаш услуги // «Комплекс бирикмалар кимёсининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. – Ташкент. – 2021 йил. – 14-15 сентябрь. – 281-283 б.

35. Турабов Н.Т., Тоджиев Ж.Н., Назиров Ш.С., Хусанов Б.М. Мис(II) ионларини янги спектрофотометрик аниқлаш услуги // «Комплекс бирикмалар кимёсининг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий конф. материал. тўплами. – Ташкент. – 2021 йил. – 14-15 сентябрь. 288 б.

Avtoreferat “Kimyo va kimyoviy texnologiyasi” jurnali
tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi.



№ 10-3279

Bosishga ruxsat etildi: 02.04.2025.
Bichimi: 60x84^{1/16} “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 4,3. Adadi 100. Buyurtma: № 66
Tel: (99) 832 99 79; (77) 300 99 09
Guvohnoma reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” MChJ bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: Toshkent sh., Yakkasaroy tumani, Qushbegi ko‘chasi, 6-uy.