

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.04.2022.K.78.05
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI

MAJIDOV SARDOR ABDIJALIL O'G'LI

**INDIGO ASOSIDA TEMIR(III), KADMIY(II) VA MARGANES(II)
IONLARINI ANIQASHNING SPEKTROFOTOMETRIK USULINI
ISHLAB CHIQISH**

02.00.02 – Analitik kimyo

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

Termiz – 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)

Majidov Sardor Abdijalil o'g'li

Indigo asosida temir (III), kadmiy (II) va marganets(II) ionlarini aniqlashning spektrofotometrik usulini ishlab chiqish.....3

Мажидов Сардор Абдижалил угли

Разработка спектрофотометрических методов определения ионов железа (III), кадмия (II) и марганца (II) на основе индиго21

Majidov Sardor Abdijalil ogli

Development of spectrophotometric methods for the determination of iron (III), cadmium (II) and manganese (II) ions based on indigo.....41

Эълон қилинган нашрлар рўйхати

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

**TERMIZ DAVLAT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.04.2022.K.78.05
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

GULISTON DAVLAT UNIVERSITETI

MAJIDOV SARDOR ABDIJALIL O'G'LI

**INDIGO ASOSIDA TEMIR(III), KADMIY(II) VA MARGANES(II)
IONLARINI ANIQASHNING SPEKTROFOTOMETRIK USULINI
ISHLAB CHIQISH**

02.00.02 – Analitik kimyo

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

Termiz – 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/K662 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Guliston davlat universitetida bajarilgan
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.tersu.uz) va «Ziyonet» axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: Abduraxmanova Ugilay Koxxorovna
biologiya fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: Abduraxmanov Ergashboy
kimyo fanlari doktori, professor
Todjiyev Jamoliddin Nasiriddinovich
kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot: Toshkent farmatsevtika instituti

Dissertatsiya himoyasi Termiz davlat universiteti huzuridagi PhD.03/30.04.2022.K.78.05 raqamli ilmiy kengashning «9» XI 2024 yil soat 15⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43 uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Dissertatsiya bilan Termiz davlat universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№260 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 190111, Termiz shahri, Barkamol avlod ko'chasi, 43 uy. Tel.: (+99876) 221-74-55, faks: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «24» X kuni tarqatildi.
(2024 yil «24» 10 dagi 2- raqamli reestr bayonnomasi).



Z.Z.Yaxshiyeva
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash a'zosi, k.f.d., professor.

Y.A.Geldiyev
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash kotibi, k.f.d., dotsent.

I.E.Abduraxmanov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy
kengash qoshidagi ilmiy seminar
raisi, k.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda zamonaviy analitik kimyo fanining muhim tadqiqot sohalaridan biri og‘ir va zaharli metall ionlarini sifat hamda miqdoriy jihatdan tezkor, tanlovchan, samarali aniqlash usullarini ishlab chiqish hisoblanadi. Shunga ko‘ra, indigo kabi tabiiy bo‘yoq moddalarning o‘ziga xos barqarorligi, yuqori darajadagi rang intensivligiga ega ekanligi, atrof-muhit, tirik organizmlarga nisbatan zararsizligini hisobga olib, og‘ir va zaharli metall ionlarini tanlab ta’sir etuvchan tabiiy reagentlar yordamida miqdoriy aniqlashda o‘ziga xos selektivlikka ega bo‘lgan maxsus ekologik zararsiz tabiiy reagentlardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

Bugungi kunda jahonda indigofera o‘simligidan ajratib olinadigan indigo reagenti va uning sintez qilingan turli hosilalari yordamida og‘ir hamda zaharli metall ionlarini miqdoriy aniqlash usullarini ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, indigo va uning hosilalarini og‘ir metall ionlari bilan metallkomplekslarini hosil qilish yordamida analitik kimyoda organik reagent sifatida qo‘llash, olingan kompleks birikmalarning fizik-kimyoviy xossalari aniqlash, indigo yordamida tabiiy obyektlar tarkibidagi og‘ir va zaharli metall ionlarini miqdoriy aniqlashning tanlovchan, tezkor spektrofotometrik usullarini ishlab chiqishga alohida e’tibor berilmoqda.

Respublikamizda kimyo sanoatining yangi turdagi materiallarini ishlab chiqarish yo‘nalishida qator natijalarga erishilmoqda. Shu jumladan mahalliy bozorni import o‘rni bosuvchi reagentlar bilan ta’minlashda keng ko‘lamli ishlar amalga oshirilmoqda. Mamlakatimizda innovatsion texnologiyalarni tadbiq etish orqali sanoat obyektlarini yuritishning ilmiy asoslangan tizimi hamda atrof-muhitni muhofaza qilishning chora-tadbirlarini amalga oshirishga katta e’tibor berilmoqda. Yangi O‘zbekistonning 2022-2026-yillardagi taraqqiyot strategiyasida¹ iqtisodiyotni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlari belgilangan va “mahalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida yuqori qo‘shimcha qiymatli tayyor mahsulot ishlab chiqarishni yanada jadallashtirish, sifat jihatdan yangi mahsulot va texnologiya turlarini o‘zlashtirish...” bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, iqtisodiyotimizning yetakchi tarmoqlaridan biri bo‘lgan kimyo sanoatini rivojlantirishda tabiiy organik reagentlar yordamida atrof-muhit obyektlari tarkibidagi og‘ir va zaharli metal ionlarini miqdoriy aniqlashning samarali usullarini ishlab chiqish dolzarb hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni va 2020-yil 12-avgustdagi PQ-4805-son “Kimyo va biologiya yo‘nalishlarida uzluksiz ta’lim sifatini va ilm-fan natijadorligini oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi, 2021-yil 13-fevraldagi PQ-4992-son “Kimyo sanoati korxonalarini yanada isloh qilish va moliyaviy sog‘lomlashtirish, yuqori qo‘shilgan qiymatli kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarishni rivojlantirish chora-

¹ O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni

tadbirlari to‘g‘risida”gi Qarorlari 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. «Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar» ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Xorijda birinchi bo‘lib Myunxenda Adolf fon Bayer XIX asrning 2-yarmida indigoning sintezi va kimyoviy xossalari o‘g‘irishga oid ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirgan. Indigoning fizik xossalari Luttker tomonidan va uning birikmalari sintezi bilan Klessinger shug‘llangan. Indigoning metallokomplekslari sintezini A.Binz, W.Kunz, T.Kuhn hamda P.Machemer kabi olimlar o‘rgangan. Bundan tashqari M.Seefelder, A.N.Padden, P.Jon, M.D.Kollinz, R.Xutson, A.R.Xoll, V.M. Dillon va boshqalar tomonidan indigoning kimyoviy xossalari atroflicha o‘rganilgan.

Mamlakatimizda esa indigoning tabiiy manbalari va uning sanoatda bo‘yoq namunasi sifatida foydalanish bo‘yicha ilmiy izlanishlar XXI asrning dastlabki yillarida amalga oshirilgan. 2005-2007-yillarda Yuneskonning O‘zbekistondagi vakolatxonasi ilmiy bo‘limi tashabbusi bilan UzIndigo loyihasi tashkil etilgan. Ushbu loyihada Indigofera o‘simligini Qoraqalpog‘iston Respublikasi, Xorazm, Sirdaryo va Toshkent viloyatlarida ekish va o‘stirish tajribalari o‘tkazilgan. 2005-2018 yillarda professor A.Ergashov boshchiligida bir gurux olimlar Yunesko/SEF Bonn/UrDU UzIndigo loyihasi bo‘yicha Indigoferani o‘stirishning agrotexnik texnologiyasini, undan pigmentli bo‘yoq olish texnologiyasini, urug‘larni yetishtirish va marketing masalalarini o‘rgangan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlarini rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Guliston davlat universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining S-PF-85/2021 “Isatis tinctoria L (o‘sma o‘simligi tarkibidan bo‘yoq ajratib olish texnologiyasi” (2021-2022 yy) mavzusidagi startap-tijorat loyihasi doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi “Indigofera tinctoria L” o‘simligidan ajratib olingan indigo yordamida temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini aniqlashning tezkor, tanlab tasir etuvchan, sezgir spektrofotometrik uslublarni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

“Indigofera tinctoria L” o‘simligidan indigoni ekstraksiya usulida ajratib olish, tozalash va olingan indigo reagentini IQ, UB spektroskopiyasi usullari yordamida identifikatsiya qilish;

Indigoning temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlari bilan suvli eritmalarda kompleks birikmalar hosil qilishiga muhit pHi va reagent konsentratsiyasining ta‘sirini spektrofotometrik usulda aniqlash;

Indigo reagenti yordamida temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini modell va real eritmalar tarkibidan miqdoriy aniqlashning spektrofotometrik usulini ishlab chiqish;

Indigo reagenti yordamida temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini aniqlashning ishlab chiqilgan spektrofotometrik usulining tanlovchanligi, sezgirligi va qayta takrorlanuvchanligini aniqlash;

Ishlab chiqilgan usulni ichimlik, yer usti va ishlab chiqarish korxonalarida oqova suvlaridan temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini miqdoriy aniqlashda qo'llash.

Tadqiqotning obyekti sifatida "Indigofera tinctoria L" o'simliklari, indigo va uning temir (III), kadmiy (II), marganes (II) ionlari bilan kompleks birikmalari, atrof-muhit obyektlari (ichimlik suvi, ochiq suv havzalari) namunalari olingan.

Tadqiqotning predmetini "Indigofera tinctoria L" o'simligidan ajratib olingan indigo reagenti yordamida temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarining metallokomplekslarini olishning maqbul sharoitlarini aniqlash, ushbu metall ionlarini miqdoriy aniqlashning spektrofotometrik usulini ishlab chiqish hamda qo'llash tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiyada "Indigofera tinctoria L" o'simligidan ajratib olingan indigo reagenti va uning temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmalarini identifikatsiyalashda ekstraksiya, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX), yupqa qatlamli xromatografiyasi (YuQX), kolonkali xromatografiya, ultrabinafsha (UB), infraqizil (IQ) spektroskopiya, kvant-kimyoviy hisoblash usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi:

"Indigofera tinctoria L" o'simligidan ajratib olingan indigo reagenti yordamida temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini suvli eritmalaridan miqdoriy spektrofotometrik aniqlashning maqbul sharoitlari aniqlangan;

indigo reagenti yordamida spektrofotometrik aniqlashda eritma muhiti (pH) temir(III)-5.6, kadmiy(II)-4.8 va marganets(II)-3.5 da Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunish sohasi temir(III)=1-35 mkg/ml, kadmiy(II)=5-45 mkg/ml va marganets(II)=5-40 mkg/ml bo'lishi isbotlangan;

temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarining indigo bilan hosil qilgan kompleks birikmalarining tarkibi, tuzilishi, suvli eritmalaridagi molyar so'ndirish koeffitsiyenti va muvozanat doimiyliklari aniqlangan;

temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini indigo yordamida aniqlashning spektrofotometrik usuli ishlab chiqilgan hamda usulning qayta takrorlanuvchanligi "kiritildi-topildi" uslubi yordamida aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

"Indigofera tinctoria L" o'simligidan ajratib olingan indigo reagenti yordamida temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarining metallokomplekslarini olishning maqbul sharoitlari aniqlangan;

olingan indigo reagenti yordamida temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini suvli eritmalaridan aniqlashning spektrofotometrik usuli ishlab chiqilgan

va ichimlik, yer usti va ishlab chiqarish korxonalari oqova suvlari tarkibidan ushbu metal ionlarini miqdoriy aniqlashda qo'llanilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi olingan birikmalarni identifikatsiyalashda ekstraksiya, yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi (YuSSX), yupqa qatlamli xromatografiyasi (YuQX), kolonkali xromatografiya, ultrabinafsha (UB), infraqizil (IQ) spektroskopiya usullaridan foydalanilganligi, ishlab chiqilgan usulning analitik tavsiflari qo'shimchalar qo'shish, "kiritildi-topildi" usullari yordamida aniqlanganligi va tabiiy suv namunalari tahlili natijalari standart namunalar bilan taqqoslanganligi hamda xulosalar tajriba natijalarining tahlili bilan asoslanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarining "Indigofera tinctoria L" o'simligidan ekstraksiya usuli yordamida ajratib olingan indigo reagenti bilan metallokomplekslari sintez qilinganligi, olingan indigo reagenti va metallokomplekslarning tarkibi va tuzilishi zamonaviy tadqiqot usullari yordamida identifikatsiyalanganligi, shuningdek, temir(III), kadmiy(II), marganets(II) ionlarini spektrofotometrik miqdoriy aniqlash usuli ishlab chiqilganligi hamda ishlab chiqilgan usulning analitik tavsiflari qo'shimchalar qo'shish, "kiritildi-topildi" usullari yordamida aniqlanganligi bilan izohlanadi

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati olingan tabiiy bo'yoq modda - indigo reagenti yordamida modell va real eritmalar tarkibidan temir(III), kadmiy(II), marganes(II) ionlarini aniqlashning ishlab chiqilgan ekologik xavfsiz, iqtisodiy samarali, tanlovchan yangi spektrofotometrik usuli ichimlik, yer usti, ishlab chiqarish korxonalari oqova suvlari tarkibidan og'ir, zaharli metall ionlarini miqdoriy aniqlashga hamda atrof-muhit obyektlari tarkibidagi ushbu metall ionlarining konsentratsiyasini nazorat qilishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. "Indigofera tinctoria L" o'simligidan ajratib olingan indigo reagenti yordamida temir (III), kadmiy (II) va marganets (II) ionlarini aniqlashning spektrofotometrik usulini ishlab chiqish bo'yicha olingan natijalar asosida:

Indigo reagenti yordamida sanoat oqova suv namunalari tarkibidan og'ir metall ionlari miqdorini aniqlashning spektrofotometriya usuli "PENG-SHENG" O'zbekiston-Xitoy qo'shma korxonasining LTI laboratoriyasida jo'mrak kranlari ishlab chiqarish bo'limi va charm sexlaridan oqib chiqadigan oqova suvlar tarkibidagi og'ir metallar miqdorini aniqlashda amaliyotga joriy qilingan ("PENG-SHENG" O'zbekiston-Xitoy qo'shma korxonasining 2023 yil 28-sentyabrdagi №1-28-23-sonli ma'lumotnomasi). Natijada oqova suvlari tarkibidagi temir (III), kadmiy (II) va marganets (II) ionlarini aniqlash samaradorligini 10-15% ga oshirish imkonini bergan;

oqova suvlar tarkibidagi temir (III), kadmiy (II) ionlarini tuproq tarkibidan marganes (II) ionini spektrofotometrik aniqlash usuli O'zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi vazirligi Sirdaryo viloyati boshqarmasining atrof-muhit monitoring, iqlim o'zgarishi va cho'llanishga qarshi kurashish bo'limida oqova suv va tuproq namunalari tarkibidagi og'ir va

zaxarli metallarni tahlil qilish amaliyotiga joriy qilingan. (O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligining 2023 yil 29-noyabrdagi №03-03/3-7524-sonli ma’lumotnomasi). Natijada temir (III), kadmiy (II) va marganes (II) ionlarini spektrofotometrik aniqlash usullarida qo‘llanilayotgan chetdan keltiriladigan reagentlar o‘rnini bosuvchi indigo reagentini amaliyotda qo‘llash imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 13 ta, jumladan 4 ta xalqaro va 9 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida maruza qilingan va muhokamadan o‘tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e’lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 20 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, jumladan 4 tasi Respublika va 3 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiya tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 95 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning “Kirish” qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va muhimligi asoslab berilgan, tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilangan, uning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvoryo‘nalishlariga muvofiqligi ko‘rsatilgan, 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 ettirilgan ishlar va dissertatsiyaning tarkibi to‘g‘risida ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Temir (III), kadmiy (II) va marganes (II) ionlarini aniqlashning spektrofotometrik, fotometrik va boshqa fizik-kimyoviy usullari”** deb nomlangan birinchi bobida ushbu metall ionlarining inson organizmidagi roli va ularni spektrofotometrik aniqlash uchun ishlatiladigan organik-analitik reagentlar va ularning manbaalari, xususan indigoning tabiiy manbalaridan biri bo‘lgan indigofera o‘simligi va uning tabiatda tarqalishi hamda kimyoviy tarkibi, indigoning tuzilishi va xossalari hamda uning hosilalari sintezi, indigoning metallokomplekslar va og‘ir metall ionlari: temir (III), kadmiy (II), marganes (II) larni spektrofotometrik aniqlash usullari qiyosiy tahlil qilishga bag‘ishlangan adabiyotlardagi ma’lumotlarni tanqidiy tahlil qilish asosida dissertatsiyaning maqsadi va vazifalari aniqlangan. Indigoning analitik reagentlik xossasini ochish maqsadida uning kimyoviy tuzilishi o‘rganilib, metallokomplekslarini hosil qilish imkoniyatlari tahlil qilingan. Bu esa tadqiqot ob’ektini belgilab berishga yordam beradi.

Dissertatsiyaning **“Indigofera tinctoria L o‘simligidan indigoni ajratib olish va tozalash usuli”** deb nomlangan ikkinchi bobida reaktivlar, asboblari va tadqiqot o‘tkazish usullari, standart va ishchi eritmalarini tayyorlash usullari, ishda

qo‘llanilgan uslubiyotlari keltirilgan. Indigofera tinctoria L o‘simligidan indigoni ekstraksiya usulida ajratib olish va xromotografiya usullari yordamida aniqlash va tozalash ishlari batafsil bayon etilgan.

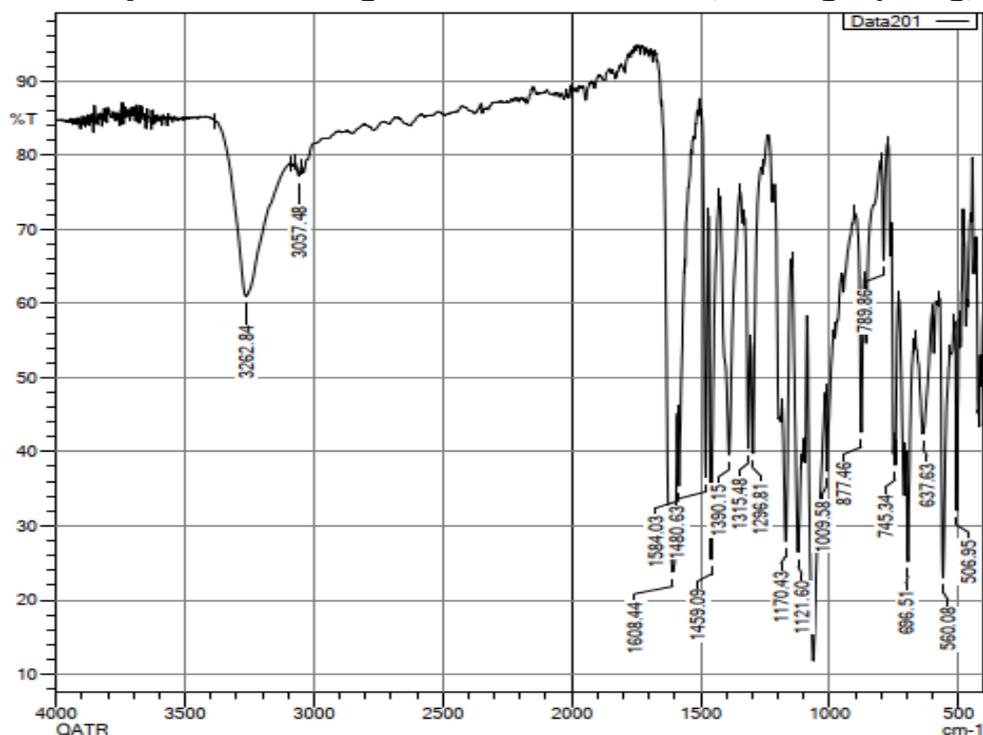
Tadqiqot natijasida ajratib olingan indigo moddasini tabiiy indigo bilan ayrim fizik xossalari taqqoslanganda, ularning deyarli farq qilmasligi aniqlandi (1-jadvalga qarang).

1-jadval.

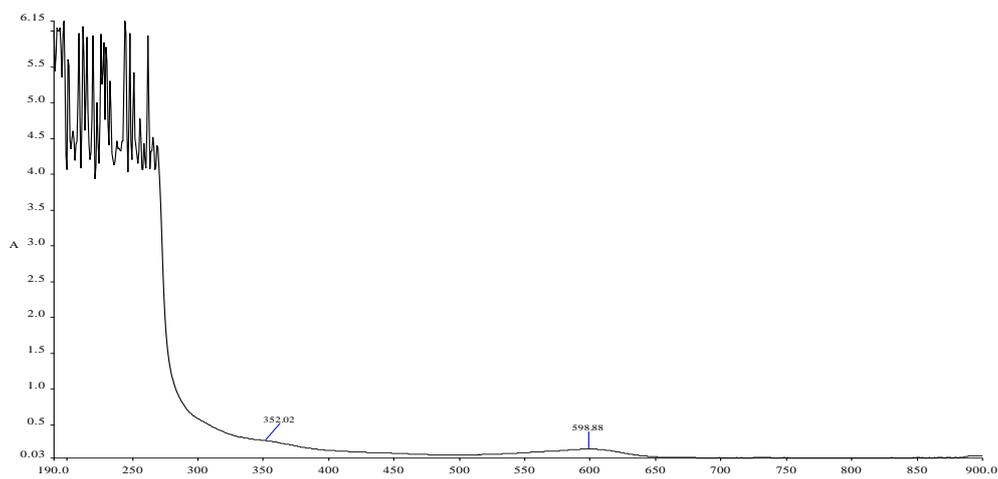
Toza indigo bilan “Indigofera tinctoria L” o‘simligidan ajratib olingan indigoning ayrim fizik xossalari

№	Modda nomi	Kimyoviy formulasi	Rangi	T _{suyuq} , °C	R _f	Eruvchanlik
1	Toza indigo	C ₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	Siyohrang, kristal modda	390-391	0,88	Suvda va organik erituvchilarda kam eriydi
2	“Indigofera tinctoria L” dan ajratib olingan indigo		Siyohrang, kristal modda	391-392	0,88	Suvda va organik erituvchilarda kam eriydi

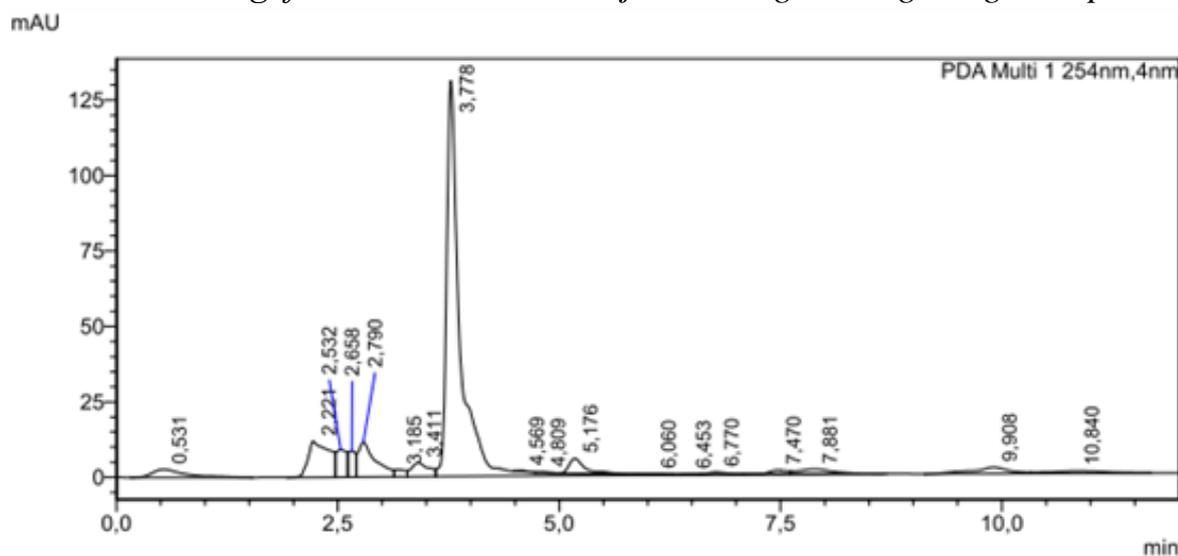
IQ-spektroskopik tahlil natijalari ko‘rsatishicha “Indigofera tinctoria L” o‘simligidan ajratib olingan indigo moddasining fizik-kimyoviy xossalari va tuzilishi adabiyotlardagi ma’lumotlarga to‘liq mos keladi. Olingan natijalarni tasdiqlash uchun o‘simlikdan ajratib olingan indigoning UF-spektri olindi. UF spektroskopiyasi natijalari ko‘rsatishicha indigo moddasi siyohrangda bo‘lganligi uchun 610 nm da yutilish sodir etganini ko‘rish mumkin (2-rasmga qarang).



1-rasm. Tajribada “Indigofera tinctoria L” dan ajratib olingan indigoning IQ-spektri



2-rasm. “*Indigofera tinctoria L*”dan ajratib olingan indigoning UF-spektri



3-rasm. Indigoning YuSSX tahlili spektri

3-rasmda ajratib olingan indigoning yuqori samarali suyuqlik xromotografida olingan spektri keltirilgan bo’lib, bu uning tozalik darajasini ifodalaydi.

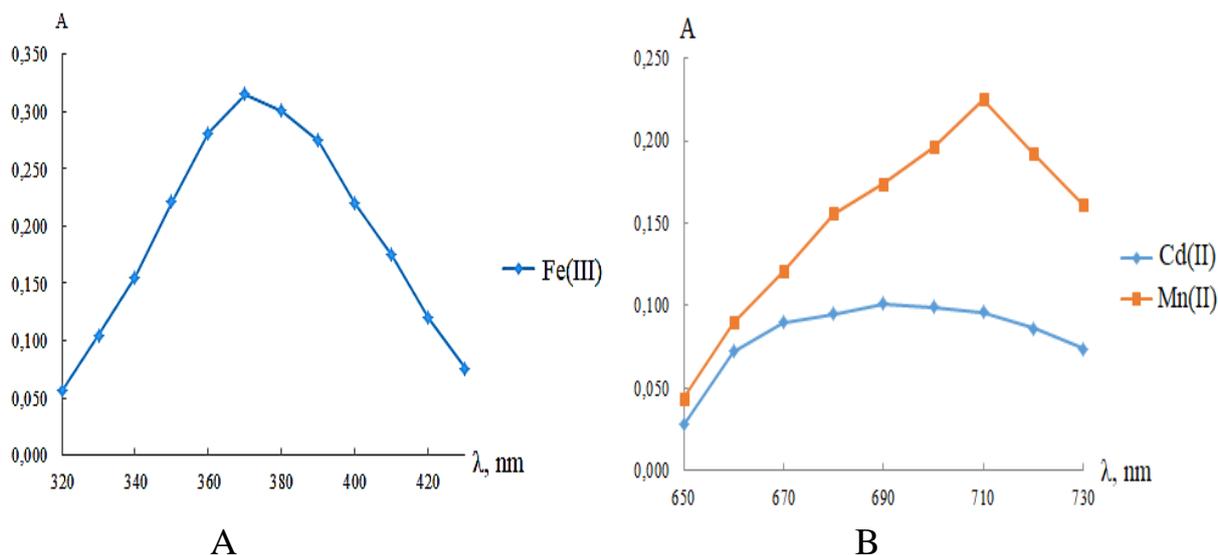
Arzon va mahalliy xomashyodan tayyorlangan indigo asosidagi organik reagentning (OR) fizik-kimyoviy xususiyatlari o’rganilgan.

Temir (III), kadmiy (II) va marganes (II) ionlarini indigo yordamida spektrofotometrik aniqlashning optimal sharoitlari” deb nomlangan dissertatsiyaning uchinchi bobida indigoning og‘ir metal ionlari (temir (III), kadmiy (II) va marganes (II)) bilan komplekslari holida aniqlashning optimal sharoitlari aniqlanganligi va ma’lum optimal sharoitlarda kompleks eritmasi optik zichligi va metall ionlari aniq konsentratsiyalarining to‘g‘ri chiziqli bog‘lanishga ega ekanligini isbotlovchi graduivokali grafigi tuzilganligi bayon qilingan. OR yordamida og‘ir metal ionlarini spektrofotometrik aniqlash metodikalari keltirilgan.

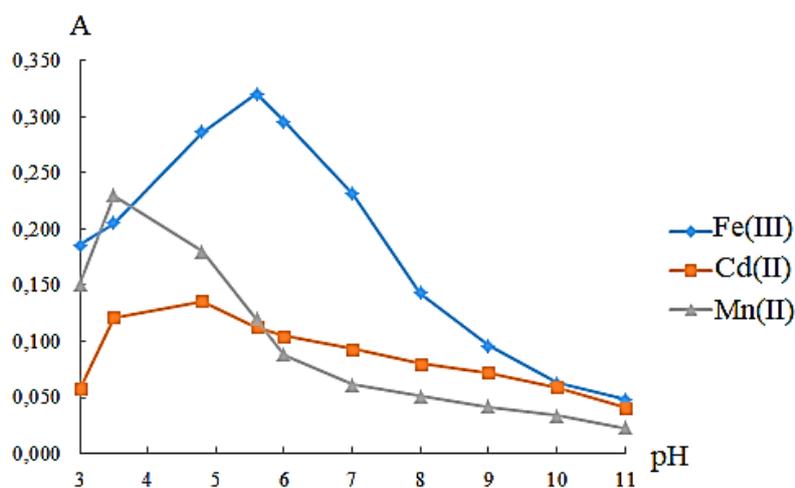
Optimal sharoit tanlashda indigo va uning yangi temir (III), kadmiy (II) va marganes (II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmalari uchun, analitik (fotometrik) reaksiyaning tanlovchanligi va nur yutilishi uchun eng qulay sharoitlari (eritma muhiti, reagent va metall ionlari eritmasi konsentratsiyalari,

reagentlarni quyish tartibi, analitik shakl eritmasini chayqatish vaqti kabilar) tanlandi. Buning uchun dastlab, metall ionlarining reagent bilan kompleksining eng yuqori nur yutish sohasi aniqlandi (4-5-rasmga qarang).

Spektrofotometrik aniqlashda ma'lum to'liq uzunliklarga ega bo'lgan (taxminan monoxromatik) nurdan foydalanilib, eritmada analitik shakl to'la hosil bo'lishini va Buger-Lambert-Ber qonunidan chetlanmaslikni yoki minimal chetlanishni ta'minlaydigan optimal sharoitlarda bajarildi.



4-rasm. Indigoning temir(A) kadmiy va marganes(B) ionlari bilan hosil qilgan kompleksning optik zichligining to'liq uzunligiga bog'liqlik grafiqi

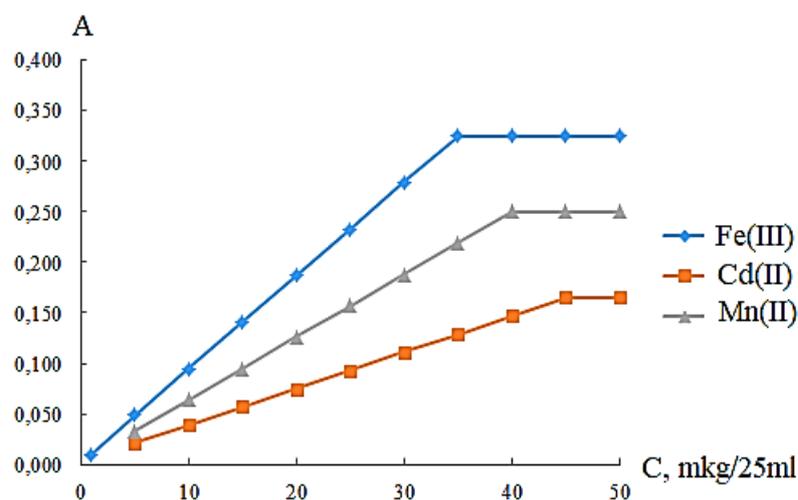


5-rasm. Temir, kadmiy va marganes ionlarining indigo reagenti bilan kompleks birikmasi optik zichligi qiymatining eritma muhiti (pH) ga bog'liqlik grafiqi

Tanlangan qulay sharoitlar, o'rganilgan metall ionlarining har biri uchun o'ziga xos ekanligi aniqlandi. Buning asosiy sababi reagentlar va metall ionlarining tabiatidir. Kompleks eritmasi optik zichligi va metall ionlari konsentratsiyalari orasidagi bog'lanishdan iborat bo'lgan darajalangan grafiqi asosida komplekslar eritmasi optik zichliklarining

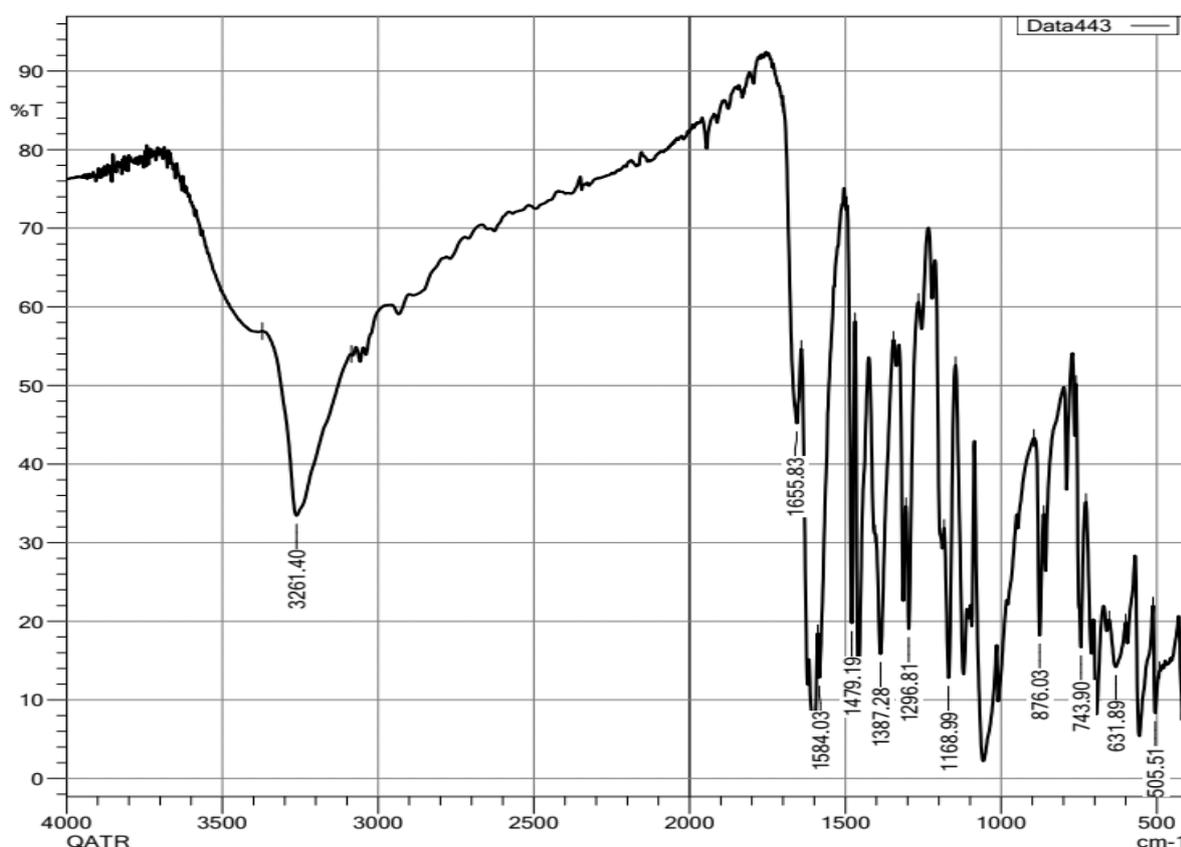
Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysunish sohasi o'rganilib, quyidagi natijalar qayd qilindi (6-rasmga qarang):

Dissertatsiyaning «Indigoning temir (III), kadmiy (II) va marganes (II) ionlari bilan hosil qilgan komplekslarining analitik, spektral va metrologik tavsiflarini aniqlash» deb nomlangan to'rtinchi bobidan olingan metallokomplekslarning tuzilishini kvant-kimyoviy, xromotografik va spektral usullarda o'rganishdan iborat tadqiqotlar olib borilgan bo'lib, bunda asosiy etibor indigoning og'ir metal ionlari bilan kompleks hosil qilishida o'rganilgan optimal sharoitlarning analitik tahliliga qaratilgan.



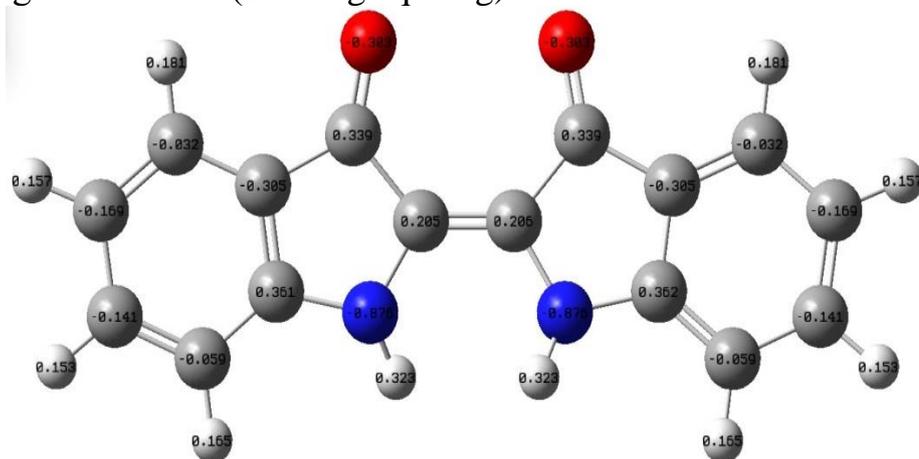
6-rasm. Kompleksning element miqdoriga bog'likligi (Buger-Lambert-Ber) qonuniga bo'ysinish grafigi

Indigoning og'ir metallar bilan hosil qilgan komplekslari IQ- tahlili o'tkazilganda indigoning marganes(II) ionlari bilan hosil qilgan birikmasining IQ



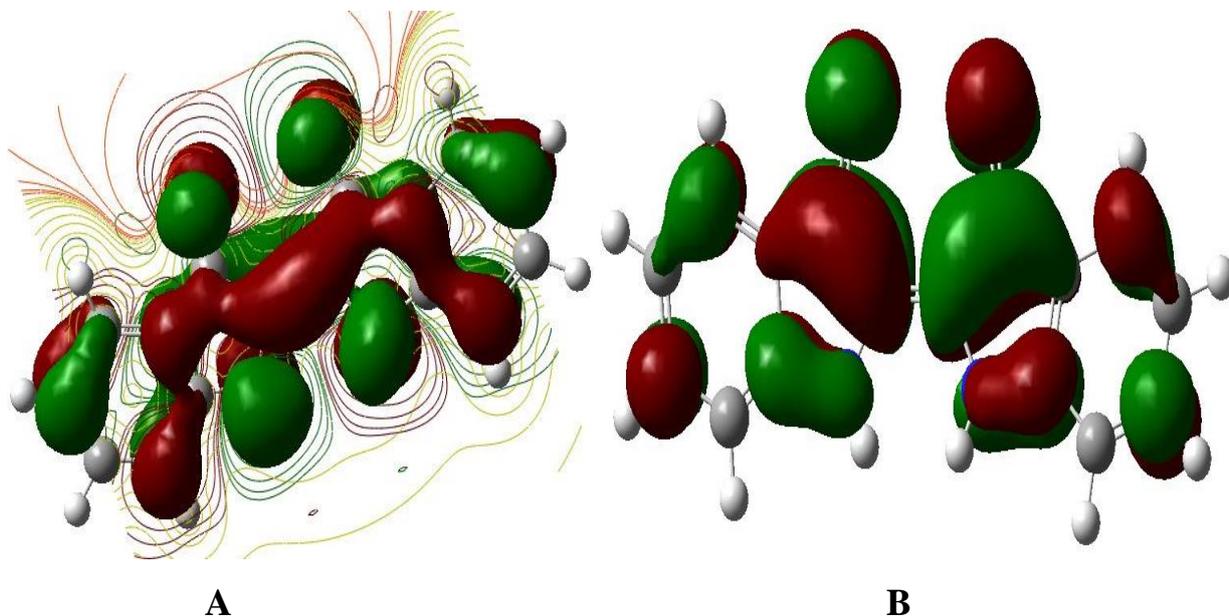
7-rasm. Indigoning marganets bilan hosil qilgan komplekslari IQ spektrida 3264 cm^{-1} sohada N-H bog'iga va $1000-1300 \text{ cm}^{-1}$ dagi C-N-H bog'iga tegishli yutilish cho'qqilari intensivligining nisbatan kamaygani hamda cho'qqi kengligining ortgani marganes(II) ionlari va azot atomi orasida donor-akseptor bog' hosil bo'lganidan darak beradi. Shuningdek marganes(II) ionlari va kislorod atomi orasidagi bog'ga tegishli yutilish cho'qqilari $400-750 \text{ cm}^{-1}$ soha oralig'ida namoyon bo'lgan (7-rasm).

Indigo molekulasi atomlari zaryadi energiyasini kvant-kimyoviy hisoblashda Gaussian 09W programma paketida Ground state, DFT, Undestructed va B3LYP usuli asosidagi (6-311g(d,p)) bazis oʻrnatmasidan foydalanilganda molekula tarkibidagi C=O guruhidagi kislorod atomining zaryad qiymati eng kichik ekani yaʼni -0,386 boʻlib, metal ionlarini biriktira olishi va N-H guruhidagi N atomi esa 0,870 qiymatga ega boʻlib, metall ionlari bilan DAB hosil qilishi mumkinligini koʻrsatadi(8-rasmga qarang).



8-rasm. Indigo molekulasi tarkibidagi atomlarning electron zaryadi qiymatini kvant-kimyoviy hisoblashlari boʻyicha tasviri

Bundan tashqari Indigo molekulasining YuBMO- va QBMO-Yuqori band molekulyar orbitallardagi elektronlar taqsimoti tekshirilganda quyidagi tasvirlar hosil boʻldi:



9-rasm. Indigo molekulasining YuBMO-(A) va QBMO-(B) yuqori band qilingan molekulyar orbitallardagi elektronlar taqsimoti

9-rasmda indigo molekulasi orbitallarining elektron taqsimoti ifodalangan boʻlib, molekulaning yuqori qismi (C=O guruhidagi kislorod atomi) akseptorlik

xossasiga ega ekanligini va shu sababli metall ionlari bilan kovalent bog‘ hosil qila olishini, pastki qismi (N-H) donorlik xususiyatiga ega ekanligi hamda metall ionlari bilan DAB hosil qila olishi mumkinligini ko‘rsatadi.

Komplekslarni yupqa qatlamdagi xromatografiyasi usulida tekshirishda avval indigo uchun erituvchilar sistemasi (elyuent) tanlab olindi. Adabiyotlardan ma‘lumki indigo uchun xos bo‘lgan sistema bu xloroform-geksan va metanollarning 7:4:1 nisbatdagi aralashmasi hisoblanadi ($R_f=0.88$).

Tajriba natijasini nazorat qilish uchun yupqa qatlamli xromatografiya (YuQX) usuli qo‘llanildi, buning uchun Silufol (Chexiya) plastinkalaridan foydalanildi. Indigo va komplekslarni eritish uchun dimetilformamid erituvchi sifatida ishlatildi (2-jadvalga qarang).

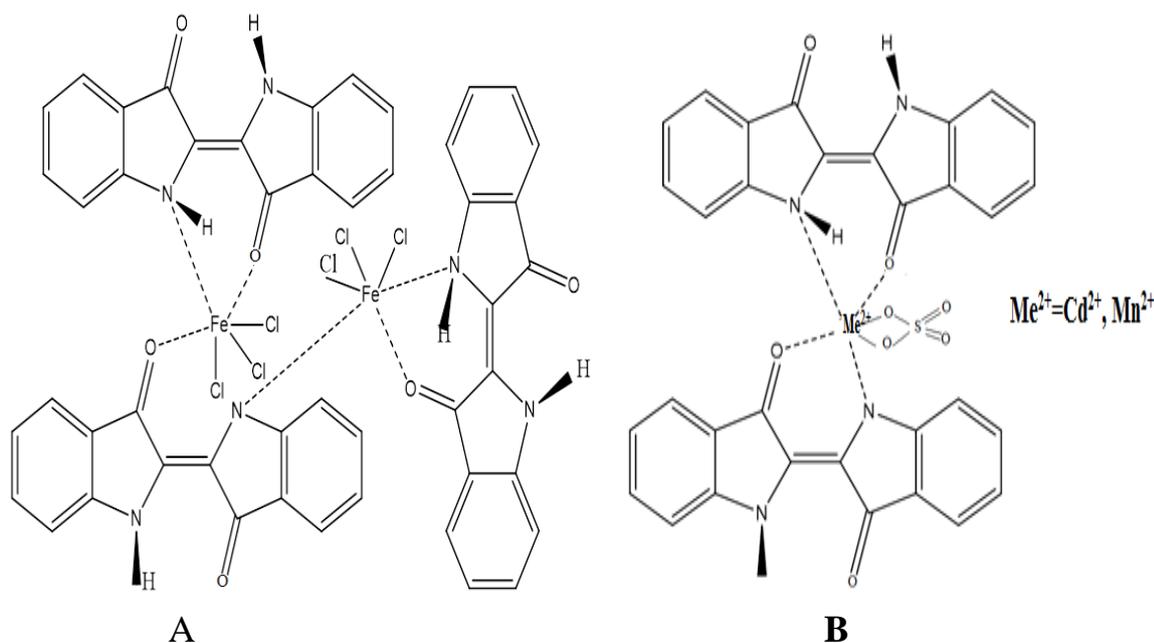
2-jadval

Indigoning komplekslari YuQX si natijalari (Sistema: xloroform-geksan-metanol 7:4:1)

No	Modda nomi	Dog‘ rangi	Erituvchi	Rf qiymati
1	Indigo	jigarrang	DMFA	0,88
2	Indigo+Fe(III)	siyohrang	DMFA	0,72
3	Indigo+Cd(II)	siyohrang	DMFA	0,67
4	Indigo+Mn(II)	siyohrang	DMFA	0,78

Tadqiqot natijalariga ko‘ra har uchala og‘ir metall yani temir(III), kadmiy(II) va marganes (II) ionlari ham indigo bilan kompleks hosil qilish reaksiyasiga kirishishini, larning R_f qiymatlari indigoga nisbatan farq qilishi bilan tasdiqladi va yuqoridagi xulosalarimizni asoslashga yordam beradi.

Olingan komplekslarning strukturalari



10-rasm. Indigoning temir(III)(A), kadmiy(II) va marganes(II)(B) ionlari bilan hosil qilgan kompleksining taxminiy strukturaviy formulasi.

Indigo og'ir metal ionlari bilan donor –akseptor bog'lar hosil qilib komplekslar hosil qiladi. Bunga sabab, uning tarkibidagi donor guruhlar(-NH- va =CO) larning mavjudligi bo'lib, ular orqali metal ionlari indigoga bog'lanadi.(9-rasmga qarang).

Reagent bilan metallar komplekslari nur yutish spektrlarini tahlili natijasida nur yutish maksimumini batoxrom siljishi kuzatilgan va bu siljishga sabab metallarning turlichaligi va muhitlarning farqi bilan tushuntirish mumkin.

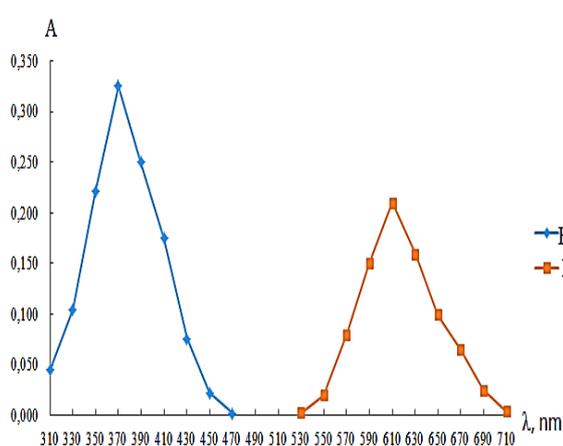
Indigoning maxsimal yorug'lik nur nutish sohasi $\lambda_R = 610$ nm, temir(III) bilan hosil qilgan kompleksi esa $\lambda = 370$ nm($\Delta\lambda=240$ nm), kadmiy(II) bilan hosil qilgan kompleksi esa $\lambda = 370$ nm($\Delta\lambda=80$ nm), marganes(II) bilan hosil qilgan kompleksi esa $\lambda = 710$ nm($\Delta\lambda=100$ nm) ekanligi aniqlandi. Komplekslar va reagent o'rtasidagi nur yutish sohalari farqi, ya'ni kontrastligi yuqori ekanligi bu usulning sezgirligiga ishora qiladi.

3-jadval.

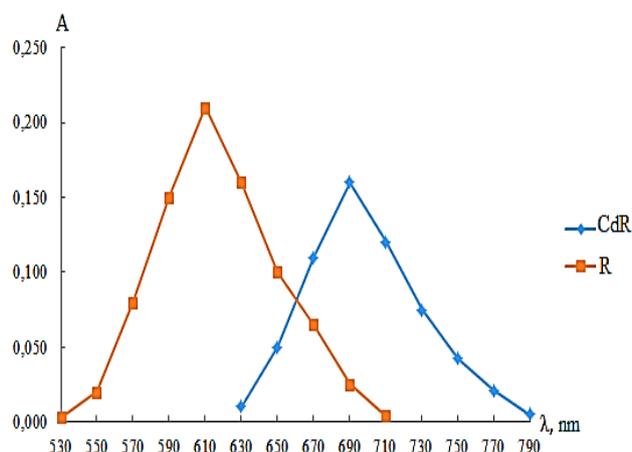
Metall ionlarining indigo bilan hosil qilgan komplekslari to'g'risidagi ayrim ma'lumotlar

Metll ionlari	Reagent	pH	MeR	HR	$\Delta\lambda$	$C_{Me^{n+}}$, mkg	$C_{Me^{n+}}$, mol/l	A	Sendel bo'yicha sezgirlik mkg/sm ²
temir (III)	Indigo	5,6	370	610	240	20	$4,72 \cdot 10^{-4}$	0,325	0,00246
kadmiy (II)		4,8	690	610	80	20	$7,67 \cdot 10^{-7}$	0,160	0,0050
marganes (II)		3,5	710	610	100	20	$4,75 \cdot 10^{-5}$	0,250	0,0032

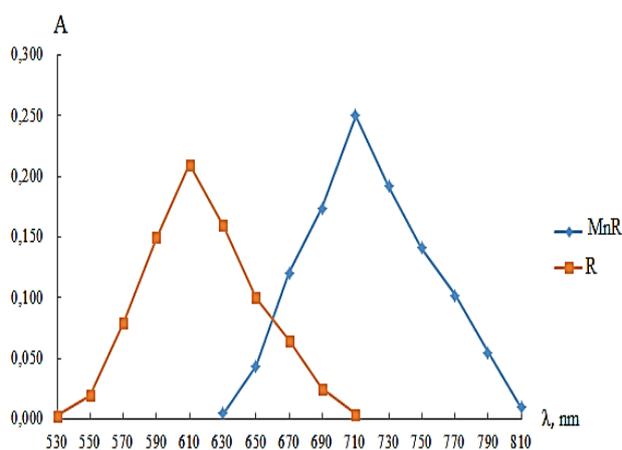
3-jadvaldan ko'rinib turibdiki metall komplekslari va indigo reagentining spektrlari bir biriga keskin farq qiladi. Usulning Sendel bo'yicha sezgirligiga ko'ra, metallarni aniqlash usuli sezgirligi ancha yuqori ekanligini anglatadi.



A



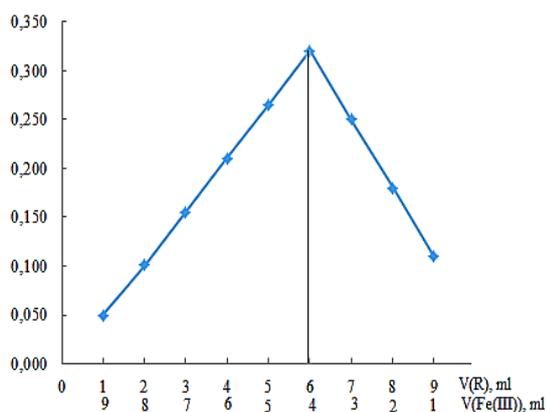
B



C

11-rasm. Indigo va uning temir (A), kadmiy (B) va marganets (C) bilan hosil qilgan kompleksining nur yutish spektrlari

(Me:R)=1:2ga teng ekanligi aniqlandi.

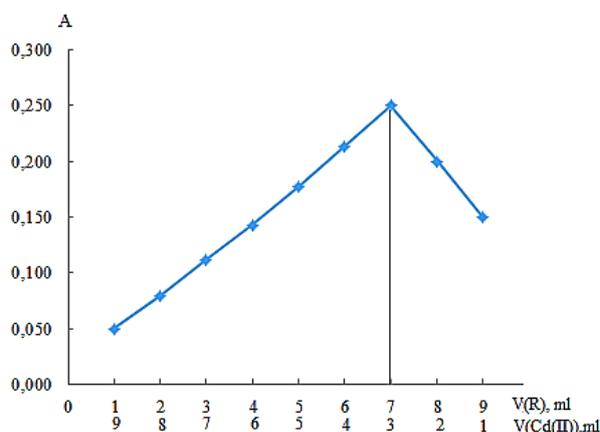


A

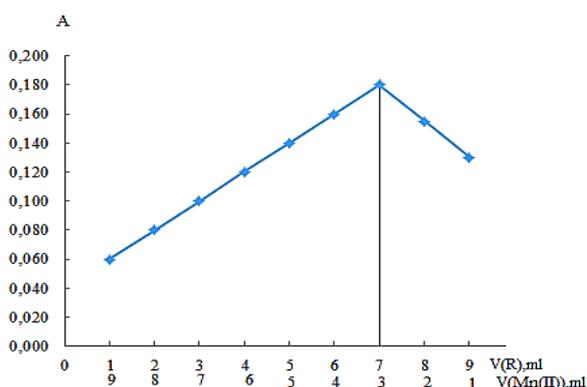
Temir(III), kadmiy (II) va marganes (II) ionlarini indigo reagenti yordamida begona ionlar ishtirokida aniqlashda temir(III)-ionini indigo bilan pH=5,6 bo'lganda barqaror kompleks birikma hosil qilishi inobatga olinadi. Bunday muhitda bir necha ionlar temir(III) ionini aniqlashga xalaqit berishi mumkin. Shuning uchun ishlab chiqilgan usulning tanlab ta'sir etuvchanligini aniqlashda begona ionlar ta'siri o'rganildi. Tahlil jarayonida $Y_i = 0,00193 + 0,00924X_i$ formuladan foydalanib Fe^{3+} miqdori hisoblandi. Natijalarga ko'ra 25 mkg/ml Fe(III)

So'ngra Ostromislenskiy-Job usuli yordamida indigo bilan og'ir metal ionlari komplekslarida molyar nisbatlar aniqlandi (12-rasmga qarang).

Izomolyor seriyalar usuli yordamida indigo reagenti va og'ir metallarni mol miqdori aniqlandi. Tajriba natijalari shuni ko'rsatadiki, temir(III) bilan indigo kompleksi tarkibining mollyar nisbati (Me:R)=2:3, kadmiy(II) bilan indigo kompleksi tarkibining mollyar nisbati (Me:R)=1:2, marganes(II) bilan indigo kompleksi tarkibining mollyar nisbati:



B



C

12-rasm. Ostromislenskiy-Job usuli yordamida indigoning temir(A) kadmiy (B) va marganets (C) kompleksida molyar nisbatlarni aniqlash grafigi

ionini aniqlashga kationlarning Ni^{2+} (1:0,5), Co^{2+} (1:0,5), Co^{3+} (1:0,5), Cr^{3+} (1:10); Cu^{2+} (1:0,5) Zn^{2+} (1:1), Cd^{2+} (1:0,5), Mn^{2+} (1:0,5) nisbatlari va anionlarning SCN^- (1:1), OH^- (1:5), PO_4^{3-} (1:5) nisbatlari xalaqit beradi.

Kadmiy(II) ioni indigo bilan $\text{pH}=4,8$ bo'lganda barqaror kompleks birikma hosil qiladi. Bunday muhitda bir necha ionlar kadmiy (II) ionini aniqlashga xalaqit berishi mumkin. Shuning uchun ishlab chiqilgan usulning tanlab ta'sir etuvchanligini aniqlashda begona ionlar ta'siri o'rganildi. Tahlil jarayonida $Y_i=0,0036X_i$ formuladan foydalanib kadmiy(II) ioni miqdori hisoblandi.

25 mkg/ml Cd(II) ionini aniqlashga kationlarning Ni^{2+} (1:1), Pb^{2+} (1:5), Fe^{2+} va Fe^{3+} (1:0,5), Zn^{2+} (1:1), Mn^{2+} (1:0,5) Mo^{2+} (1:0,5) Co^{3+} (1:0,5) nisbatlari va anionlarning SCN^- (1:1), S^{2-} (1:1) va CH_3COO^- (1:5) nisbatlari xalaqit beradi.

Marganes (II) ioni indigo bilan $\text{pH}=3,5$ bo'lganda barqaror kompleks birikma hosil qiladi. Bunday muhitda bir necha ionlar marganes (II) ionini aniqlashga xalaqit berishi mumkin. Shuning uchun ishlab chiqilgan usulning tanlab ta'sir etuvchanligini aniqlashda begona ionlar ta'siri o'rganildi. Talil davomida $Y_i=0,012+0,006X_i$ formuladan foydalanib marganets(II) ioni miqdori hisoblandi.

Natijalarga ko'ra, 25 mkg/ml marganets (II) ionini aniqlashga kationlarning Pb^{2+} (1:1), Cd^{2+} (1:2) Fe^{2+} va Fe^{3+} (1:2), Zn^{2+} (1:1); Cu^{2+} , Mo^{2+} va Co^{3+} (1:0,5) nisbatlari va anionlarning $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ (1:1), PO_4^{3-} (1:1), OH^- (1:1) nisbatlari xalaqit beradi.

Temir (III) ionini suniy aralashma tarkibida aniqlash uchun 25 ml hajmli o'lchov kolbalariga 0,01 % li 0,8 ml indigo eritmasi, 1,0 ml 25 mkg/ml li temir(III) ioni bo'lgan eritmasi solinib, ustiga $\text{pH}=5,6$ bo'lgan atsetatli bufer eritmasidan 5 ml va begona ion tegishli nisbatda niqoblovchi eritmalar bilan birga qo'shib kolba belgisigacha DMFA bilan suyultirildi. Eritmalarning optik zichligi SP-UV 1100 spektrofotometrida, $l=1,0$ sm, 370 nm da o'lchanadi. Tahlil jarayonida $Y_i=0,00193+0,00924X_i$ formuladan foydalanib temir(III) ioni miqdori hisoblandi. (Niqoblovchi sifatida Ni^{2+} ga TA eritmasi, Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} larga $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ ionlari eritmaları, PO_4^{3-} uchun $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ eritmalaridan qo'shildi)(4-jadvalga qarang).

4-jadval

Temir (III) ionini suniy aralashma tarkibida aniqlash
($\lambda=370$, $\text{pH}=5,6$, $l=1$, $n=5$, $p=0,95$)

Begona ionlarning nisbati	Kiritilgan Fe^{3+} mkg	A	Topilgan Fe^{3+} mkg X_i	$\bar{X}_i \pm \Delta X$	S	S_r
Al^{3+} (1:100), Cr^{3+} (1:10), Zn^{2+} (1:1), Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Co^{3+} (1:0,5), Cl^- , SO_4^{2-} (1:100), PO_4^{3-} (1:5)	25,0	0,231 0,229 0,228 0,230 0,228	24,79 24,57 24,46 24,68 24,46	$24,59 \pm 0,91$	0,1434	0,0058

Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, Fe(III) ni sun'iy aralashmalar tarkibidan fotometrik aniqlashda nisbiy standart chetlanish 0,0058 ni tashkil etdi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ushbu ishlab chiqilgan usul bilan temir (III) ionini

sun'iy aralashmalar va shunga yaqin tarkibli tabiiy ob'ektlardan aniqlash mumkinligini ko'rsatadi.

Kadmiy (II) ionini suniy aralashma tarkibida aniqlash uchun 25 ml hajmli o'lchov kolbalariga 1,0 ml 25 mkg/ml li kadmiy (II) ion bo'lgan eritmasi solinib, ustiga 0,01 % li 1,0 ml indigo eritmasi hamda pH=4,8 bo'lgan universal bufer eritmasidan 5,0 ml va begona ion tegishli nisbatda niqoblovi eritmalar bilan birga solindi hamda aralashtirilib kolba belgisigacha DMFA bilan suyultirildi. Eritmalarning optik zichligi SP-UV 1100 spektrofotometrda, l=1,0 sm o'lchanadi. Tahlil jarayonida $Y_i=0,0036X_i$ formuladan foydalanib kadmiy(II) ion miqdori hisoblandi. (Niqoblochi sifatida Mn^{2+} , Fe^{2+} va Fe^{3+} larga F^- eritmasi, Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} larga $C_2O_4^{2-}$ eritmalaridan qo'shildi) (5-jadvalga qarang).

5-jadval

Kadmiy (II)-ionini suniy aralashma tarkibida aniqlash
($\lambda=690$, pH=4,8, l=1, n=5, p=0,95)

Begona ionlarning nisbati	Kiritilgan Cd^{2+} mkg	A	Topilgan Cd^{2+} mkg X_i	$\bar{X}_i \pm \Delta X$	S	S_r
$Pb^{2+}(1:5)$, Fe^{2+} , Fe^{3+} Mn^{2+} , Zn^{2+} , Mo^{2+} , Co^{3+} (1: 0,5), NO_3^- , SO_4^{2-} Cl^- , $PO_4^{3-}(1:100)$	25,0	0,089 0,088 0,089 0,087 0,088	24,72 24,44 24,72 24,16 24,44	$24,56 \pm 0,82$	0,17	0,0069

Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, Cd(II)ni sun'iy aralashmalar tarkibidan fotometrik aniqlashda nisbiy standart chetlanish 0,0069 ni tashkil etdi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ushbu ishlab chiqilgan usul bilan kadmiy(II)-ionini sun'iy aralashmalar va shunga yaqin tarkibli tabiiy ob'ektlardan aniqlash mumkinligini ko'rsatadi.

Marganes (II) ionini suniy aralashma tarkibida aniqlash uchun 25 ml hajmli o'lchov kolbalariga 0,01 % li 1,2 ml indigo eritmasi 1,0 ml 25 mkg/ml li marganes (II) ion bo'lgan eritmasi solinib, hamda pH=3,5 bo'lgan atsetatli bufer eritmasidan 5,0 ml va begona ion tegishli nisbatda niqoblovchi eritmalar bilan solindi hamda aralashtirilib kolba belgisigacha DMFA bilan suyultirildi. Eritmalarning optik zichligi SP-UV 1100 spektrofotometrda, l=1,0 sm o'lchanadi. Talil davomida $Y_i=0,012+0,006X_i$ formuladan foydalanib marganes(II) ion miqdori hisoblandi. (Niqoblochi sifatida Ni^{2+} ga TA eritmasi, Co^{2+} , Cd^{2+} larga $C_2O_4^{2-}$ ionlari eritmaları, OH^- uchun As^{3+} eritmasi, $C_2O_4^{2-}$ uchun Al^{3+} , PO_4^{3-} uchun $(NH_4)_2 MoO_4$ eritmalaridan qo'shildi) (6-jadvalga qarang).

6-jadval

Marganes (II) ionini suniy aralashma tarkibida aniqlash
($\lambda=710$, pH=3,5, l=1, n=5, p=0,95)

Begona ionlarning nisbati	Kiritilgan Mn^{2+} mkg	A	Topilgan Mn^{2+} , mkg X_i	$\bar{X}_i \pm \Delta X$	S	S_r
$Pb^{2+}(1:5)$, $Cd^{2+}(1:2)$, Ni^{2+} , Zn^{2+} (1:1), Mo^{2+} , Co^{3+} (1:0,5), $Cl^-(1:5000)$, NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} (1:50),	25,0	0,159 0,160 0,161 0,161 0,061	24,50 24,66 24,83 24,83 24,83	$24,73 \pm 0,48$	0,148	0,0059

Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, Mn(II) ni sun'iy aralashmalar tarkibidan fotometrik aniqlashda nisbiy standart chetlanish 0,0059 ni tashkil etdi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ushbu ishlab chiqilgan usul bilan marganes (II) ionini sun'iy aralashmalar va shunga yaqin tarkibli tabiiy ob'ektlardan aniqlash mumkinligini ko'rsatadi.

Ishlab chiqilgan usulni (7-jadval) tabiiy obektlarga (ichimlik suv, ochiq suv havzalaridagi namunalarga) qo'llanilishi spektrofotometrik usulda aniqlangan optimal sharoitlarga asoslanib, indigo reagenti yordamida tabiiy obektlar, ichimlik, oqar va oqava suv hamda tuproq namunalari qo'shimchalar qo'shish usuli bilan O'zR DST namunalarni o'rganib, tahlil qilindi va tasdiqlandi.

7-jadval

Ishlab chiqilgan usul bilan og'ir metall ionlarini suv namunalari tarkibidan aniqlash va standart bo'yicha taqqoslash

Standart usullar	Metall ioni	Reagent	Topildi, mg/dm ³	Sr	UzDSt 950:2000 bo'yicha metall ionlarini miqdori, mg/dm ³
O'zO'U 0706:2016	Fe ³⁺	Indigo	0,02491	0,0058	0,20
O'zO'U 0503:2010	Mn ²⁺		0,02481	0,0059	0,12

XULOSALAR

1. Indigoni og'ir metall ionlari uchun reagentlik xususiyatini o'rganish uchun "Indigofera tinctoria L" osimligi barglaridan ekstraksiya usulida ajratib olindi va tozash usullari ishlab chiqildi, shuningdek, ekstarkt tarkibida uch xil komponent saqlagani aniqlandi. Ularning rangi kolonkada ajralish tartibi bo'yicha 1-qizg'ish-jigarrang, 2-siyohrang, 3-havorang indigo bo'lib, ularning unumi bo'yicha 10%, 25% va 65% ga teng ekanligi isbotlandi.

2. Indigo yordamida Fe³⁺, Cd²⁺, Mn²⁺ ionlarini spektrofotometrik aniqlash usullari ishlab chiqilib, usullarning to'g'riligi va qayta tiklanuvchanligi "kiritildi-topildi" usuli yordamida isbotlandi hamda metallokomplekslarning tuzilishi UB, IQ-spektroskopiya va YuQX usullarida tahlil qilindi.

3. Ishlab chiqilgan usullarning nisbiy standart chetlanish $S_{r(Fe^{3+})}=0,0058$, $S_{r(Cd^{2+})}=0,0069$ va $S_{r(Mn^{2+})}=0,0059$ dan oshmaganligi va nisbiy xatolik mos ravishda 2,2%, 2,0% hamda 1,6% dan oshmaganligi aniqlandi.

4. Indigo yordamida Fe³⁺, Cd²⁺, Mn²⁺ ionlarini spektrofotometrik aniqlash usullari Sirdaryo viloyatida joylashgan "PENG-SHENG" QK/MCHJ ning LTI ga jo'mrak kranlari ishlab chiqarish va charm sexlaridan oqib chiqayotgan oqova suvlar tarkibidagi Fe³⁺, Cd²⁺ va Mn²⁺ ionlarini tahlil qilishda samaradorlikni oshirish maqsadida joriy qilindi va amaliyotga qo'llashga tavsiya etildi.

5. Atrof-muhit ob'ektlaridan Fe³⁺, Cd²⁺, Mn²⁺ ionlarini spektrofotometrik aniqlash usullarida qo'llanilayotgan chetdan keltiriladigan reagentlar o'rnini bosuvchi va o'rnatilgan talablarga javob beradigan indigo reagentini amaliyotga qo'llash va kelajakda lokalizatsiyaga yo'l ochish mumkinligi isbotlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ PhD.03/30.04.2022.К.78.05 ПРИ
ТЕРМЕЗСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

ГУЛИСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МАДЖИДОВ САРДОР АБДИДЖАЛИЛ УГЛИ

**РАЗРАБОТКА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III), КАДМИЯ(II) И
МАРГАНЦА(II) НА ОСНОВЕ ИНДИГО**

02.00.02 – Аналитическая химия

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

Термез - 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве Высшего образования, науки и инновации Республики Узбекистана за номером B2024.2.PhD/K662.

Докторская диссертация выполнена в Гулистанском государственном университете
Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайте по адресу Научного совета www.letsu.uz и на Информационно-образовательном портале «Zionet» по адресу www.zionet.uz.

Научный руководитель : Абдурахманова Угилай Коххорова
доктор биологических наук, профессор

Официальные оппоненты: Абдурахманов Эргашбой
доктор химических наук, профессор
Тоджиев Жамолиддин Насириддинович
доктор философии по химическим наукам, доцент

Ведущая организация : Ташкентский фармацевтический институт

Защита диссертации состоится « 9 » XI 2024 г. в « 15⁰⁰ » часов на заседании Научного совета PhD.03/30.04.2022.K.78.05 при Термезском государственном университете по адресу: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Термезского государственного университета (зарегистрирована за № 260). (Адрес: 190111, Сурхандарьинская область, г. Термез, ул. Баркамол авлод, 43. Тел.: (+99876) 221-74-55, факс: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

Автореферат диссертации разослан « 24 » X 2024 года.
(реестр протокол рассылки № 2 от « 24 » X 2024 г.)



З.З.Яхшиева
Председатель Научного совета
по присуждению учёных
степеней, д.х.н., профессор.

Ю.А.Гелдиев
Заместитель секретарь Научного совета
по присуждению учёных
степеней, д.ф.х.н., доцент.

И.Э.Абдурахманов
Председатель Научного семинара
при Научном совете по присуждению учёных
степеней, д.х.н., профессор.

. ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии PhD)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире одним из важных областей исследования современной аналитической химии является разработка качественных и количественных методов быстрого, селективного и эффективного определения ионов тяжелых и токсичных металлов. Соответственно, учитывая, что природные красители, такие как индиго, стабильны, имеют высокий уровень интенсивности окраски, безвредны для окружающей среды и живых организмов, являются природными реагентами, избирательно воздействующими на ионы тяжелых и токсичных металлов, использование их в качестве специальных экологически чистых природных реагентов, обладающих особой селективностью, при количественном определении имеет важное значение.

Сегодня в мире ведутся научно-исследовательские работы по разработке методов количественного определения ионов тяжелых и токсичных металлов с использованием реагента индиго, который выделяется из растения *Indigofera*, а также различных его синтезированных производных. В связи с этим особое внимание уделяется использованию индиго и его производных в качестве органических реагентов в аналитической химии из-за их способности образовывать комплексы с ионами тяжелых металлов, определению физико-химических свойств полученных комплексных соединений, разработке селективного, экспресс-спектрофотометрического метода количественного определения ионов тяжелых и токсичных металлов в природных объектах с использованием индиго.

В нашей республике достигнут ряд результатов в направлении производства новых видов материалов химической промышленности. В том числе ведется масштабная работа по обеспечению отечественного рынка импортзамещающими реагентами. Большое внимание в нашей стране уделяется научно обоснованной системе управления промышленными объектами, а также реализации мероприятий по охране окружающей среды посредством внедрения инновационных технологий. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы¹ определены приоритетные направления экономического развития и дальнейшее ускорение «производства готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов, изменение ассортимента качественно новой продукции и технологий». В этом направлении при развитии химической промышленности, которая является одной из ведущих отраслей нашей экономики, большое внимание уделяется разработке эффективных методов количественного определения ионов тяжелых и токсичных металлов в объектах окружающей среды с использованием природных органических реагентов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит для реализации задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового

¹ Указ Президента Республики Узбекистан, от 28 января 2022 года УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы»

Узбекистана на 2022-2026 годы», в Постановлении Президента №ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и эффективности науки в области химии и биологии», № ПП-4992 от 13 февраля 2021 года «О мерах по дальнейшему реформированию и финансовому оздоровлению предприятий химической промышленности, развитию производства химической продукции с высокой добавленной стоимостью» и других нормативных правовых документах, связанных с данной деятельностью.

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

Степень изученности проблемы. Во второй половине XIX века Адольф фон Байер первым провел в Мюнхене научные исследования по синтезу и химическим свойствам индиго. Физические свойства индиго изучал Luttkе А, а синтезом его соединений занимался Klessinger. Синтез металлокомплексов индиго изучали такие учёные, как Binz А., Kunz W., Kuhn T. и Machemer P.. Кроме того, химические свойства индиго были подробно изучены M.Seefelder, Padden A.N., Jon P., Kollinz M.D., Xutson R., Xoll A.R., Dillon V.M. и др.

В нашей стране научные исследования природных источников индиго и использования его в качестве красителя в промышленности проводились в начале XXI века. В 2005-2007 годах по инициативе научного отдела представительства ЮНЕСКО в Узбекистане был создан проект «Уз-Индиго». На основе данного проекта проведены мероприятия по посадке и выращиванию растения *Indigofera* в Республике Каракалпакстан, Хорезмской, Сырдарьинской и Ташкентской областях. В 2005-2018 годах группа ученых под руководством профессора Эргашева А. определила агротехническую технологию выращивания *Indigofera* в рамках проекта ЮНЕСКО/SEF Bonn/УрГУ УзИндиго, создала технологию получения из него пигментированной краски, изучили вопросы семеноводства и сбыта.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационные исследования выполнены в рамках стартап-коммерческого проекта S-PF-85/2021 «*Isatis tinctoria L* (технология извлечения красителя из состава растения усма)» (2021- 2022гг) и плана научно исследовательских работ Гулистанского государственного университета.

Целью исследования является разработка экспрессных, селективных, чувствительных спектрофотометрических методов определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) с использованием индиго, выделенного из растения «*Indigofera tinctoria L*».

Задачи исследования:

экстрагирование индиго из растения «*Indigofera tinctoria L*», очистка и идентификация полученного индиго-реагента методами ИК- и УФ-спектроскопии;

спектрофотометрическое определение влияния рН окружающей среды и концентрации реагентов на образование комплексных соединений индиго с ионами железа(III), кадмия(II), марганца(II) в водных растворах;

разработка спектрофотометрического метода количественного определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) в составе модельных и реальных растворов с использованием реактива Индиго;

определение селективности, чувствительности и воспроизводимости разработанного спектрофотометрического метода определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) с использованием реактива Индиго;

применение разработанного метода при количественном определении ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) в питьевых, поверхностных и промышленных сточных водах.

В качестве **объекта исследования** были взяты образцы растений «*Indigofera tinctoria L*», индиго и его комплексные соединения с ионами железа (III), кадмия (II), марганца (II), объекты окружающей среды (питьевая вода, открытые водоемы).

Предметом исследования является определение оптимальных условий получения металлокомплексов ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) с использованием реагента индиго, выделенного из растения “*Indigofera tinctoria L*”, разработка и применение спектрофотометрического метода количественного определения этих металлов.

Методы исследования. При идентификации реагента индиго, выделенного из растения “*Indigofera tinctoria L*”, и его комплексных соединений, образованных ионами железа(III), кадмия(II), марганца(II), в диссертации используются методы экстракции, высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), тонкослойной хроматографии (ТСХ), колончатой хроматографии, ультрафиолетовой (УФ), инфракрасной (ИК) спектроскопии, методы квантово-химических вычислений.

Научная новизна результатов исследования:

определены оптимальные условия количественного спектрофотометрического определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) из водных растворов с использованием реагента индиго, выделенного из растения «*Indigofera tinctoria L*»;

доказано, что при спектрофотометрическом определении ионов металлов с использованием реагента индиго в среде раствора (рН) железа(III)-5.6, кадмия(II)-4.8 и марганца(II)-3.5, область подчинения закону Бугера-Ламберта-Бера, лежит в пределах: железо(III)=1-35 мкг/мл, кадмий(II)=5-45 и марганец(II)=5-40 мкг/мл;

определены состав, строение, молярный коэффициент экстинкции и константы равновесия комплексных соединений, образованных ионами железа(III), кадмия(II), марганца(II) с индиго;

разработан спектрофотометрический метод определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) с использованием индиго и методом «введено-найдено» определена воспроизводимость метода.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Определены оптимальные условия получения металлокомплексов ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) с использованием реагента индиго, выделенного из растения «*Indigofera tinctoria L*»;

с использованием полученного реагента индиго разработан спектрофотометрический метод определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) из водных растворов и использован при количественном определении ионов этих металлов из питьевых, поверхностных и промышленных сточных вод.

Достоверность результатов исследований определяется использованием методов экстракционной, высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ), тонкослойной хроматографии (ТСХ), колончатой хроматографии, ультрафиолетовой (УФ), инфракрасной (ИК) спектроскопии, аналитические характеристики разработанного метода определены методами «введение добавок», «введено-найдено», результаты анализа проб природной воды сравнивались со стандартными пробами, выводы обоснованы результатами анализа экспериментальных данных.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в синтезе металлокомплексов ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) с индиго-реагентом, выделенным из растения «*Indigofera tinctoria L*», экстракционным методом, состав и строение полученного индиго-реагента и металлокомплексов идентифицированы современными методами исследования, разработан метод спектрофотометрического количественного определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II), и аналитические характеристики разработанного метода определены с помощью методов «введение добавок», «введено-найдено».

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что был разработан новый экологически безопасный, экономически эффективный, селективный спектрофотометрический метод определения ионов железа(III), кадмия(II), марганца(II) из состава модельных и реальных растворов с использованием полученного природного красящего вещества - реагента индиго, который служит для количественного определения ионов тяжелых и токсичных металлов из состава питьевых, надземных вод, сточных вод производственных предприятий и объектов окружающей среды.

Спектрофотометрический метод определения количества ионов тяжелых металлов из проб промышленных сточных вод с помощью реагента индиго внедрен в практику узбекско-китайского совместного предприятия ООО «PENG-SHENG» при определении содержания тяжелых металлов в сточных водах, поступающих из цехов по производству кранов и кожевенных цехов (Справка №1-28-23 Узбекско-Китайского совместного

предприятия ООО “PENG-SHENG” от 28 сентября 2023 года). Результат позволил повысить эффективность обнаружения ионов железа (III), кадмия (II) и марганца (II) в сточных водах на 10-15% ;

Спектрофотометрический метод определения ионов железа (III), кадмия (II) в сточных водах и ионов марганца (II) в составе почвы был внедрен в практику Отдела мониторинга окружающей среды, изменения климата и борьбы с опустыниванием при Сырдарьинском областном управлении Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, для анализа тяжелых и токсичных металлов в сточных водах и образцах почвы (Справка №03-03/3-7524 Министерства экологии, охраны окружающей среды и изменения климата Республики Узбекистан, от 29 ноября 2023 года). В результате появилась возможность применения на практике реагента индиго, заменяющего импортные реагенты, применяемые в спектрофотометрических методах определения ионов железа (III), кадмия (II) и марганца (II).

Апробация результатов исследования. Результаты исследований были представлены и обсуждены на 13, в том числе 4 международных и 9 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 7 статей, в том числе 4 в республиканских и 3 в зарубежных научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD).

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, списка использованных литератур, приложений. Основной печатный текст диссертации изложен на 100 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во «**Введении**» в диссертации обоснована актуальность и значимость темы диссертации, определены цели и задачи исследования, указано его соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан, изложены научные новшества и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыта научная и практическая значимость результатов исследования, сделаны выводы о перспективах внедрения в практику, а также приводятся сведения о опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной «**Спектрофотометрические, фотометрические и другие физико-химические методы обнаружения ионов железа(III), кадмия(II) и марганца(II)**», рассматривается роль ионов этих металлов в организме человека и органическо-аналитические реагенты, используемые для их спектрофотометрического обнаружения, и источники $u\alpha r$, в частности, растение индигофера, один из природных источников индиго. и его распространение в природе, а также химический состав, строение и свойства индиго и синтез его производных,

методы спектрофотометрического определения индиго в металлокомплексах и ионов тяжелых металлов: железа (III), кадмия (II), марганца (II) на основе критического анализа литературы, определены цели и задачи диссертации. С целью раскрытия аналитического реагентного свойства индиго было изучено его химическое строение и проанализирована возможность образования металлокомплексов.

Во второй главе диссертации, озаглавленной "метод извлечения и очистки индиго из растения *Indigofera tinctoria* L", представлены реагенты, приборы и методы проведения исследований, способы приготовления стандартных и рабочих растворов, методики, использованные в работе. Подробно описано извлечение индиго из растения *Indigofera tinctoria* L методом экстракции и идентификации и методы очистки с использованием методов хроматографии.

Таблица 1.

Некоторые физические свойства индиго, выделенного из растения "*Indigofera tinctoria* L" в сравнении с чистым индиго

№	Наименование вещества	Химическая формула	цвет	T _{плав.} °C	R _f	растворимость
1	чистый индиго	$C_6H_{10}N_2O_2$	фиолетовый, кристаллическое вещество	390-391	0,88	плохо растворим в воде и органических растворителях
2	выделенный из <i>Indigofera tinctoria</i> L		фиолетовый, кристаллическое вещество	391-392	0,88	плохо растворим в воде и органических растворителях

Исследование показало, что при сравнении выделенного вещества индиго с природным Индиго по некоторым физическим свойствам они практически не отличаются (см. табл.1).

Результаты ИК-спектроскопического анализа показывают, что физико-химические свойства и структура вещества индиго, выделенного из растения "*Indigofera tinctoria* L", полностью соответствуют данным, содержащимся в литературе. Для подтверждения полученных результатов был получен УФ-спектр индиго, выделенного из растения. Результаты УФ-спектроскопии показывают, что вещество Индиго вызывает поглощение при 610 Нм, поскольку оно имеет фиолетовый цвет (рис. 2)

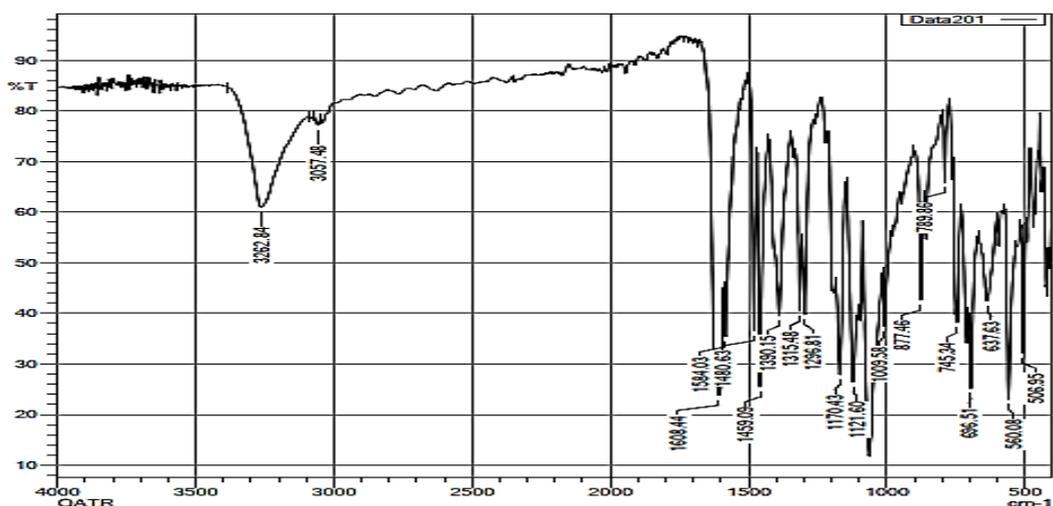


Рис. 1. ИК-спектр индиго, выделенного из “*Indigofera tinctoria* L”
 На рисунке 3 показан спектр выделенного индиго, полученный высокоэффективной жидкостной хроматографией, который демонстрирует степень его чистоты.

Изучены физико-химические свойства органического реагента на основе индиго (или), полученного из дешевого местного сырья.

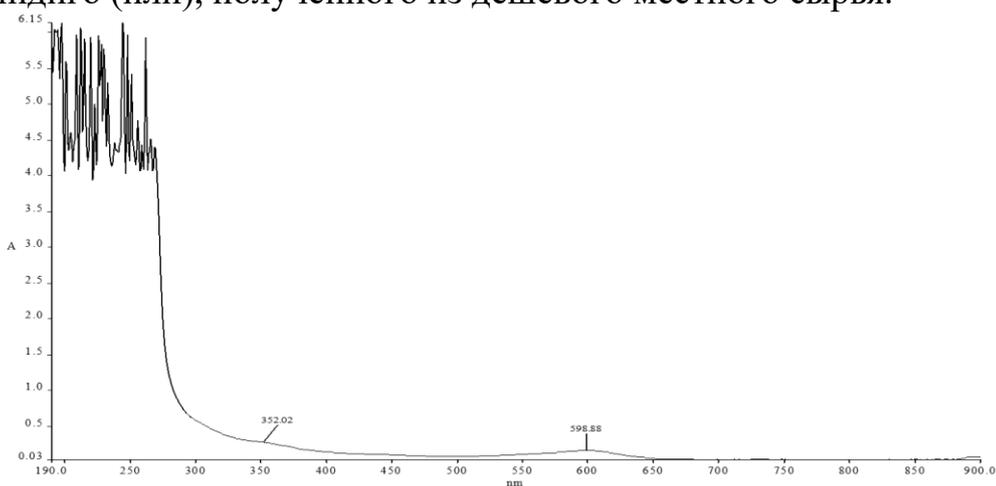


Рис. 2. УФ-спектр индиго, выделенного из “*Indigofera tinctoria* L”

mAU

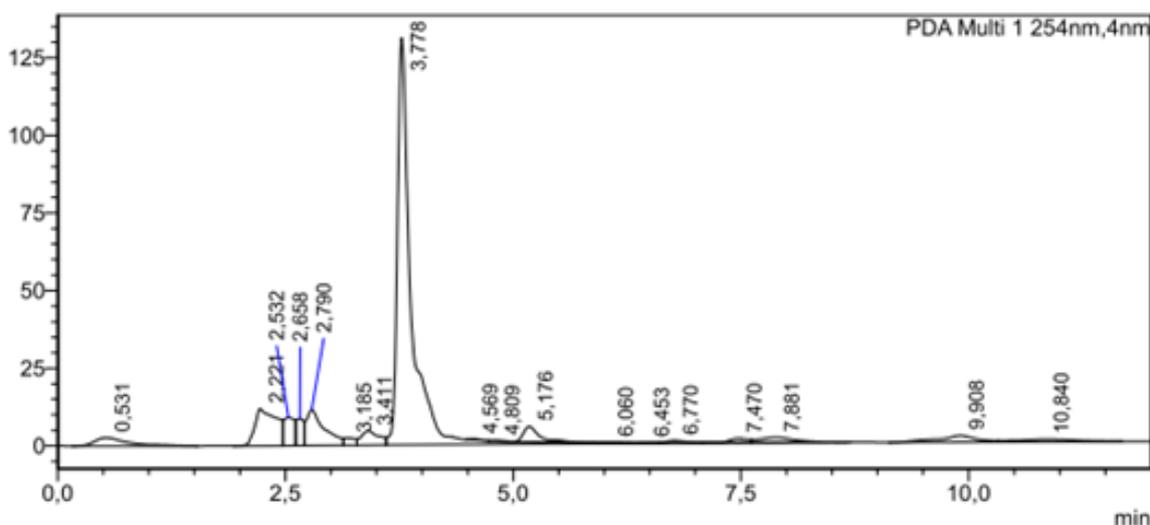


Рис. 3. Спектр анализа ВЕЖХ индиго

Третья глава под названием «**Оптимальные условия спектрофотометрического определения ионов железа (III), кадмия (II) и марганца (II) с помощью индиго**» посвящена определению оптимальных условий обнаружения индиго в случае его комплексов с ионами тяжелых металлов (железа (III), кадмия (II) и марганца (II)), а при определенных оптимальных условиях комплексный раствор было заявлено, что был построен градуированный график оптической плотности и точных концентраций ионов металлов, доказывающий, что они имеют прямолинейную связь. Приведены методики спектрофотометрического обнаружения ионов тяжелых металлов с помощью ОР.

При выборе оптимальных условий для индиго и его комплексных соединений, образованных ионами железа (III), кадмия (II) и марганца (II), следует учитывать селективность аналитической (фотометрической) реакции и наиболее благоприятные условия поглощения света (среда растворов, концентрации реагента и раствора ионов металла, порядок заливки реагента, раствор аналитической формы, время встряхивания). Для этого первоначально определялась область наибольшего поглощения света комплексов ионов металлов с реагентом (рис.4-5).

При спектрофотометрическом обнаружении использовали свет с определенной длиной волны (примерно монохроматический), что было выполнено в оптимальных условиях, обеспечивающих полное формирование аналитической формы в растворе и не отклоняющихся от закона Бугера-Ламберта-Бера или отклоняющиеся минимальными отклонениями.

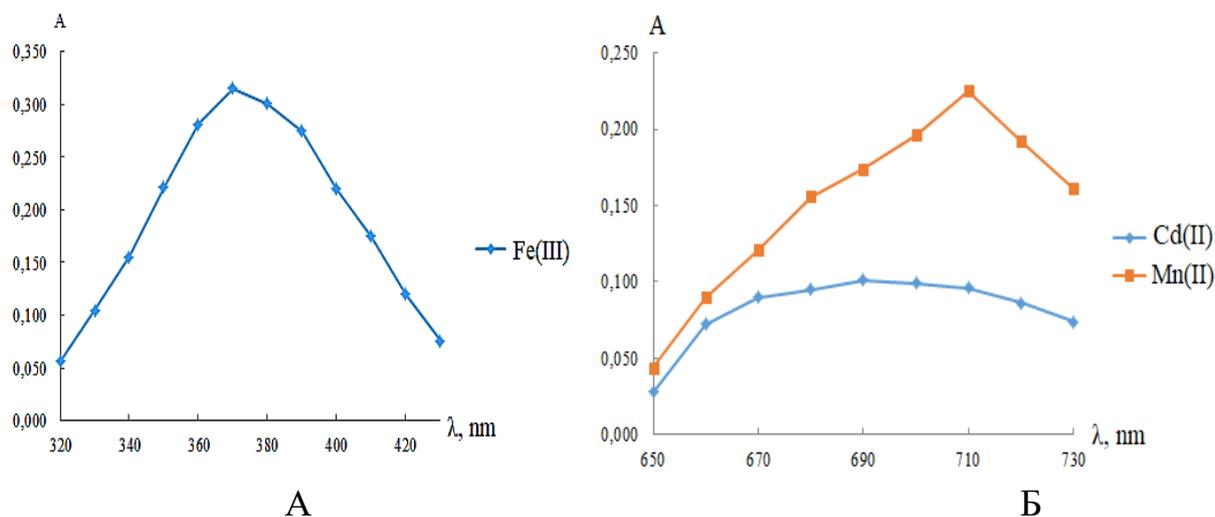


Рис. 4. Зависимость оптической плотности комплексов индиго с ионами железа (А) кадмия и марганца (Б) от длины волны

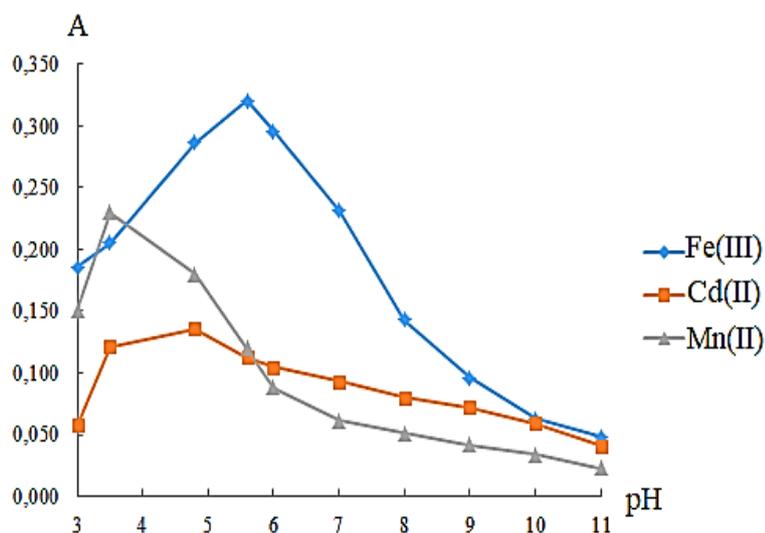


Рис. 5. Зависимость значения оптической плотности комплексной комбинации ионов железа, кадмия и марганца с реагентом индиго от pH среды

Было установлено, что выбранные благоприятные условия уникальны для каждого из изученных ионов металлов. Основная причина этого – природа реагента и ионов металлов. На основе градуировочного графика, показывающего связь между оптической плотностью раствора комплекса и концентрациями ионов металлов, была исследована – область

подчинения оптических плотностей растворов комплексов закону Бугера-Ламберта-Бера и получены следующие результаты (рис. 6).

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «**Определение аналитических, спектральных и метрологических характеристик комплексов, образованных индиго с ионами железа (III), кадмия (II) и марганца (II)**», были проведены исследования, направленные на изучение структуры металлокомплексов квантово-химическими, хроматографическими и спектральными методами, при этом основное внимание уделялось взаимодействию индиго с ионами тяжелых металлов.

ИК-анализ комплексов индиго с тяжелыми металлами В ИК-спектре соединения индиго, образованного с Mn^{2+} , наблюдалось относительное снижение интенсивности пиков поглощения, относящихся связи N-H в области 3264 см^{-1} и связи N-H в области $1000-1300\text{ см}^{-1}$, а также увеличение их ширины, что

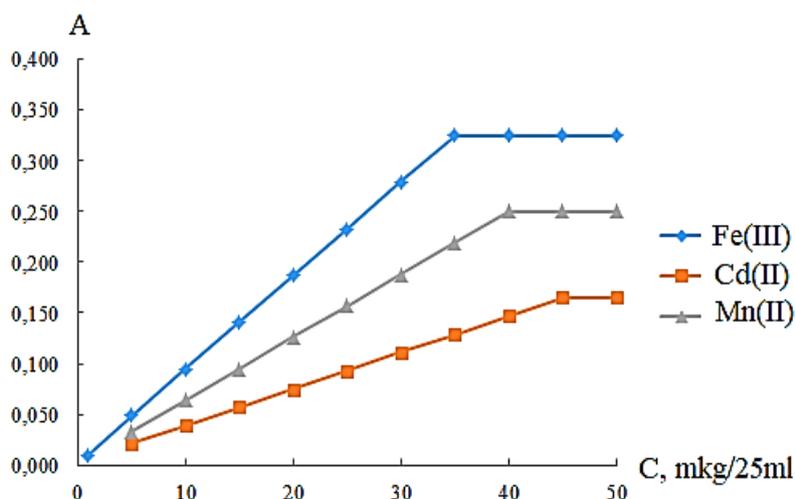


Рис. 6. График подчиненности комплекса закону зависимости количества элемента (Бугера-Ламберта-Бера)

указывает на образование донорно-акцепторной связи между Mn^{2+} и N. Также пики поглощения, относящиеся к связи между Mn-O, проявлялись в диапазоне $400-750\text{ см}^{-1}$ (рис.7).

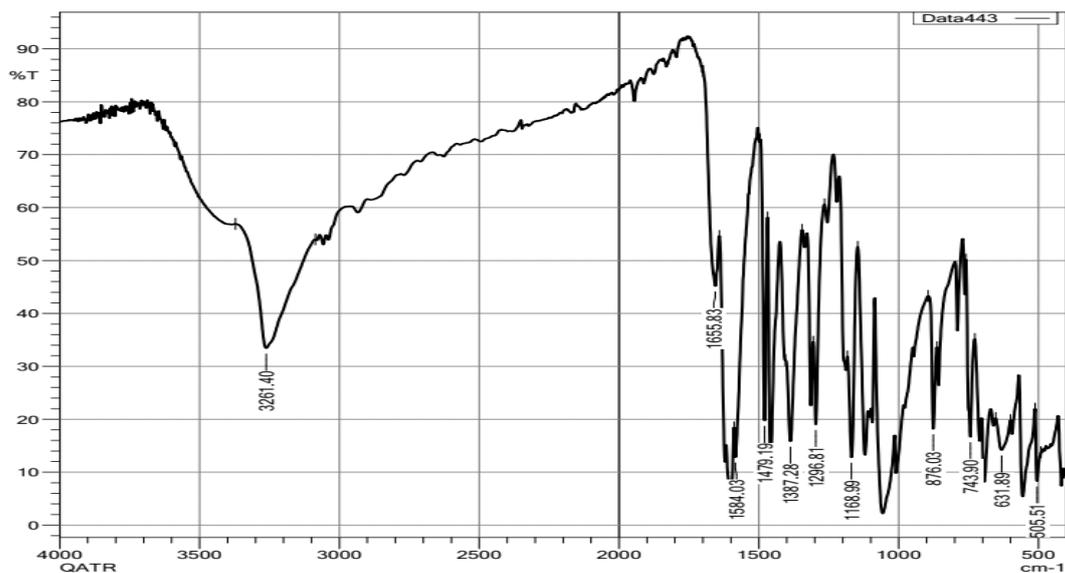


Рис. 7. ИК-спектр комплекса индиго с марганцем

Квантово-химический расчет энергии заряда атомов молекулы индиго использование базисного набора (6-311g(d,p)) на основе основного состояния, ДПФ, неограниченного метода и метода B3LYP в программном пакете Gaussian 09W тот факт, что атом кислорода в группе $C=O$ в молекуле имеет наименьшее значение заряда, то есть $-0,386$, что указывает на то, что он может присоединять ионы металлов, а атом N в группе N-H имеет значение $0,870$, что указывает на то, что он может образовывать DAB с ионами металлов (рис. 8).

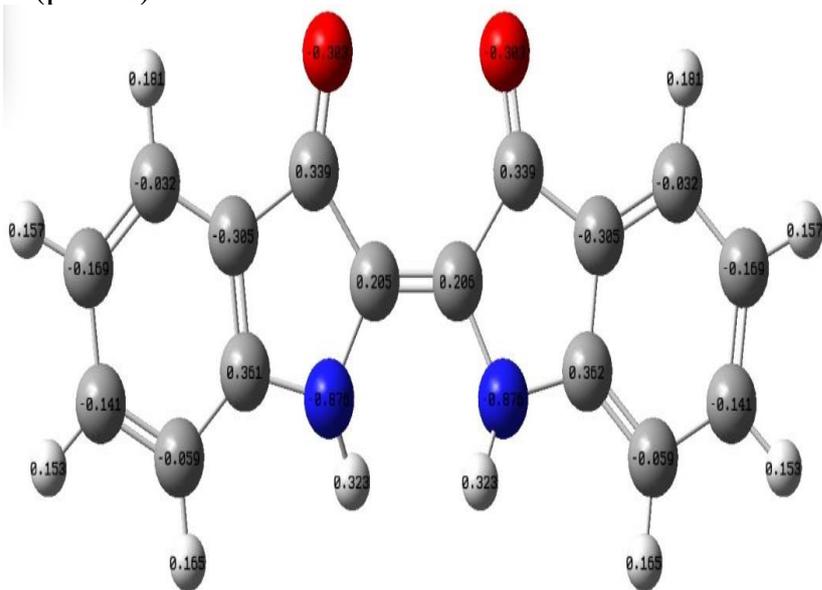


Рис. 8. Иллюстрация величины электронного заряда атомов в молекуле индиго на основе квантово-химических расчетов

Кроме того, следующие изображения были получены при исследовании распределения электронов молекулы индиго на гомо - и люмо-высокозарядных молекулярных орбиталях:

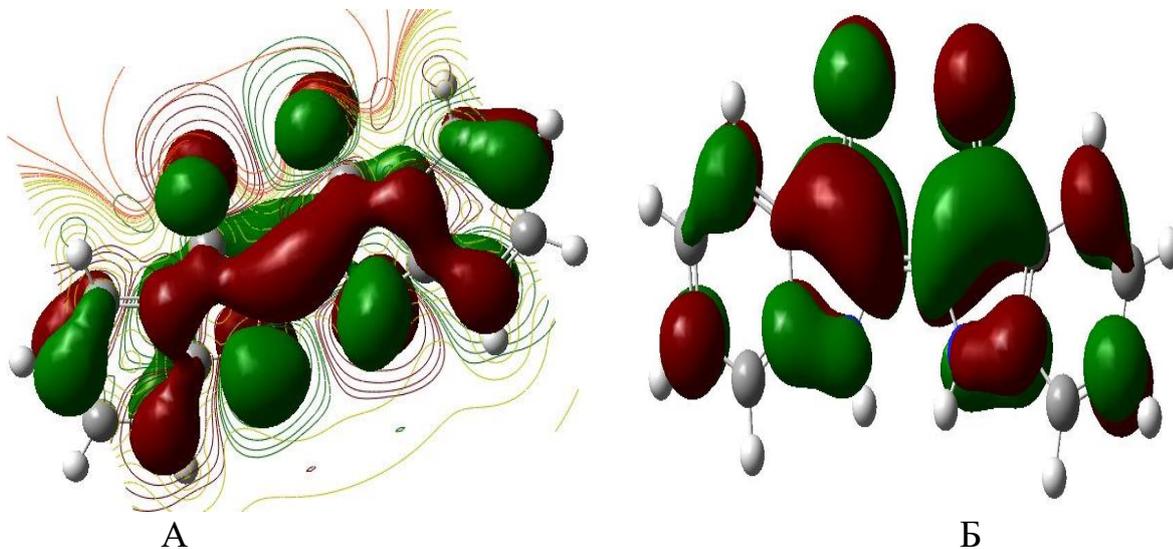


Рис. 9. Распределение электронов на гомо-(А) и люмо-(Б)молекулярных орбиталях высокой плотности молекулы индиго

На рис 9 показано электронное распределение орбиталей молекулы индиго, показывающее, что верхняя часть молекулы (атом кислорода в группе С=О) обладает акцепторным свойством и, следовательно, может образовывать ковалентную связь с ионами металлов, в то время как нижняя часть (N-H) обладает донорным свойством, и циклом металлы могут образовывать bian DAB.

Структуры полученных комплексов

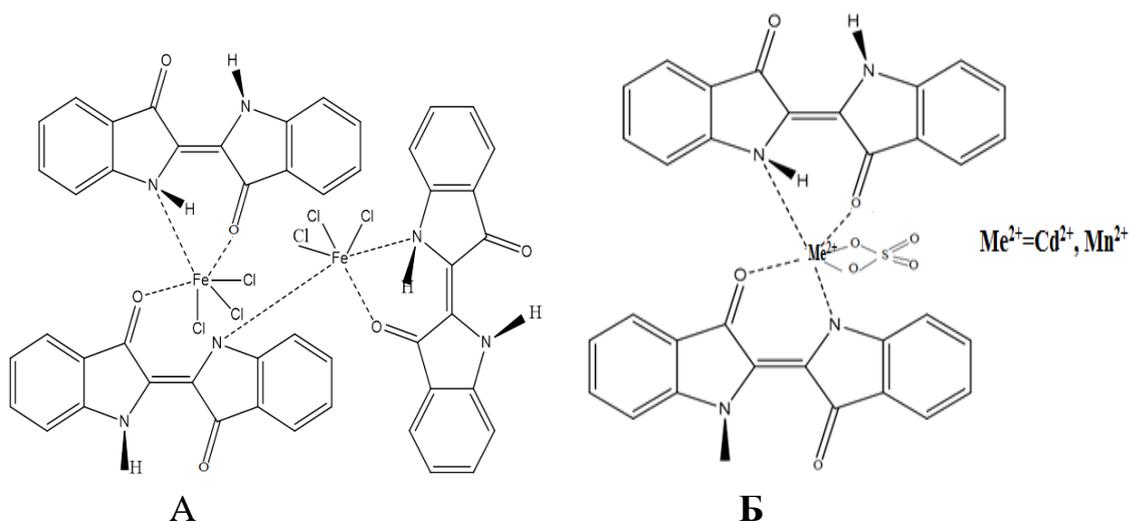


Рис. 10. Примерные структурные формулы комплексов индиго с железом(II)(А), кадмием(II) и марганцем(II)(Б).

Тонкослойная хроматография комплексов для этого сначала была выбрана система растворителей (элюент) для индиго. Из литературы известно, что типичной системой для индиго является смесь хлороформ-гексан-метанол в соотношении 7:4:1 ($R_f=0,88$).

Таблица 2

Результаты заражения комплексов индиго
(Система: хлороформ-гексан-метанол 7:4:1)

№	Название вещества	Цвет пятна	Растворитель	Значение R_f
1	Индиго	Коричневый	ДМФА	0,88
2	Индиго+Fe(III)	Чернильный	ДМФА	0,72
3	Индиго+Cd(II)	Чернильный	ДМФА	0,67
4	Индиго+Mn(II)	Чернильный	ДМФА	0,78

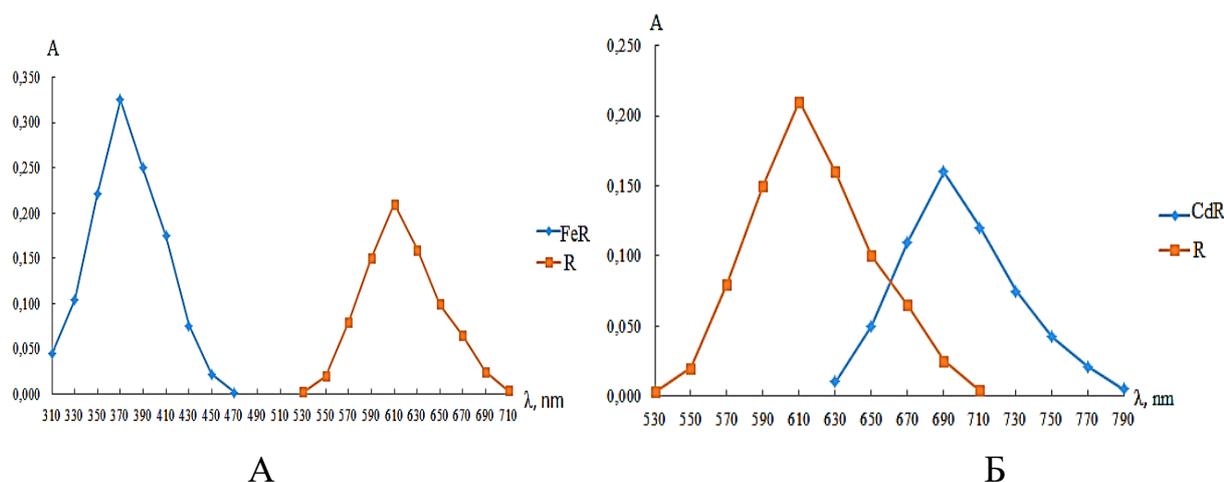
Для контроля результатов эксперимента применялся метод тонкослойной хроматографии (ТСХ), для чего использовались пластины Силуфола (чеш. Диметилформамид использовался в качестве растворителя для растворения индиго и комплексов (см. таблицу 2).

По результатам исследований подтверждено, что все три тяжелых металла, то есть ионы железа(III), кадмия(II) и марганца(II), реагируют с индиго с образованием комплексов, их значения R_f различны по сравнению с индиго, и это помогает обосновать приведенные выше выводы.

Индиго образует комплексы с ионами тяжелых металлов, за счет донорно –акцепторных связей. Это связано с наличием в нем донорных групп(-NH - и =co), через которые ионы металлов связываются с индиго. (Рис9).

в результате анализа В спектрах поглощения света комплексы металлов с реагентом наблюдалось батохромное смещение максимума поглощения света, и причина этого смещения может быть объяснена различием металлов и сред.

Максимальное световое поле индиго составляет $\lambda_R = 610$ нм, в то время как комплексы, образованные железом(III), кадмием(II) и марганцем(II) составля $\lambda = 370$ нм($\Delta\lambda=240$ нм), $\lambda = 370$ нм($\Delta\lambda=80$ нм), $\lambda = 710$ нм($\Delta\lambda=100$ нм).



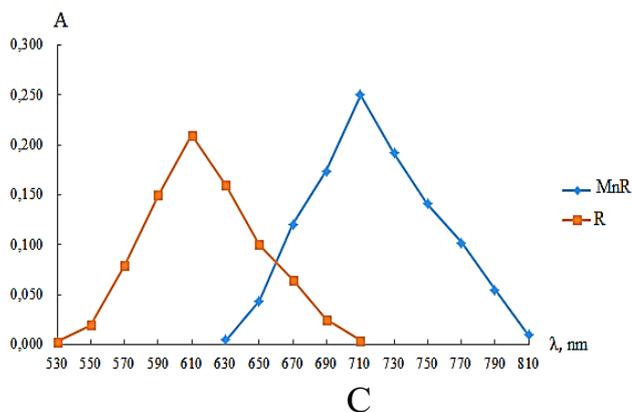


Рис.11.Спектры поглощения света индиго и его комплексов с железом(III) (А), кадмием(II) (Б) и марганцем(II) (С)

Разница в областях поглощения света между комплексами и реагентом, то есть высокая контрастность, указывает на чувствительность этого метода.

Как видно из табл 3, спектры маталлокомплекса и реагента индиго противоположны друг другу. Согласно чувствительности по Сенделю, метод обнаружения металлов характеризуется высокой чувствительностью.

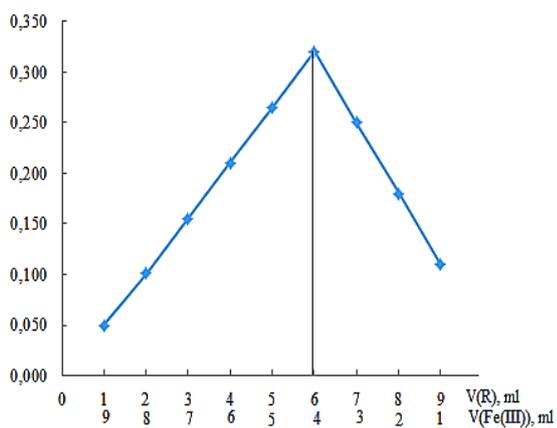
Затем методом Остромис-

ленского-Джоба определени молярные соотношения компонентов в комплексах ионов тяжелых металлов с индиго (рис.12).

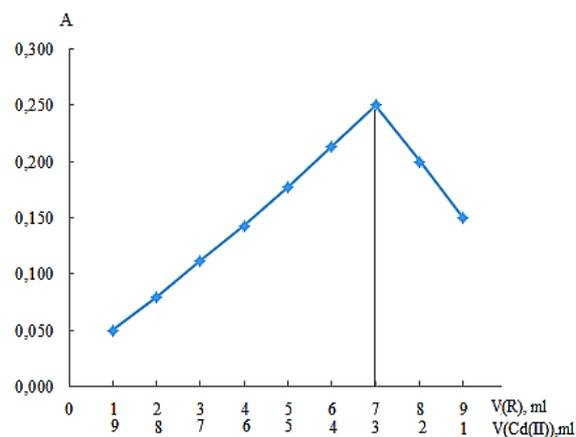
Таблица 3.

Некоторые сведения о комплексах, образуемых ионами металлов с индиго.

Ионы металлов	Реагент	pH	MeR	HR	$\Delta\lambda$	$C_{Me^{n+}}$, мкг	$C_{Me^{n+}}$, мол/л	A	По Сендалю, мкг/см ²
Железо(III)	Индиго	5,6	370	610	240	20	$4,72 \cdot 10^{-4}$	0,325	0,00246
Кадмий (II)		4,8	690	610	80	20	$7,67 \cdot 10^{-7}$	0,160	0,005
Марганец (II)		3,5	710	610	100	20	$4,75 \cdot 10^{-5}$	0,250	0,0032

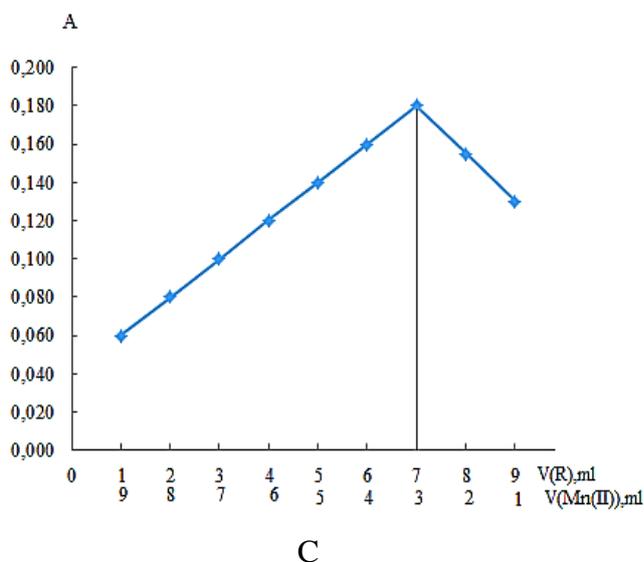


А



Б

Метода изомолярных рядов определяли молярное содержание реагента индиго и тяжелых металлов. Результаты эксперимента показали, что молярное соотношение состава комплекса индиго с железом (Me:R)=2:3, молярное соотношение состава комплекса индиго с кадмием (Me: R)=1:2, молярное соотношение состава комплекса индиго с марганцем (Me: R)=1:2.



Обнаружение ионов железа (III), кадмия (II) и марганца (II) в присутствии посторонних ионов реагентом индиго. Ион железа (III) образует стабильное комплексное соединение с индиго при pH=5,6. В такой среде несколько ионов могут мешать обнаружению ионов железа (III). Поэтому при определении селективности разработанного метода изучалось влияние чужеродных ионов. В ходе анализа по формуле $Y_i = 0,00193 + 0,00924X_i$ было рассчитано количество Fe^{3+} .

Рис. 12. Определение молярных соотношений в комплексах железа(III)(А) кадмия(II) (Б) и марганца(II) (С) индиго методом Остромис-ленского-Джуба

По результатам 25 мкг / мл Иона $Fe(III)$ можно отнести к определению катионов Ni^{2+} (1:0,5), Co^{2+} (1:0,5), Co^{3+} (1:0,5), Cr^{3+} (1:10); Cu^{2+} (1:0,5) Zn^{2+} (1:1), Cd^{2+} (1:0,5), Mn^{2+} (1:0,5) Мешают соотношениях SCN^- (1:1), OH^- (1:5), PO_4^{3-} (1:5).

Ионы кадмий (II) образует стабильные комплексные соединения с индиго при pH=4,2. В такой среде несколько ионов могут мешать обнаружению Ионов кадмия (II). Поэтому при определении селективности разработанного метода изучалось влияние чужеродных ионов. В ходе анализа по формуле $Y_i = 0,0036X_i$ вычислялось количество ионов кадмия(II).

Обнаружение 25 мкг / мл Иона $Cd(II)$ позволяет определить, что катионы Ni^{2+} (1:1), Pb^{2+} (1:5), Fe^{2+} va Fe^{3+} (1:0,5), Zn^{2+} (1:1), Mn^{2+} (1:0,5) Mo^{2+} (1:0,5) Co^{3+} (1:0,5) Мешают анионы соотношение ионы SCN^- (1:1) , S^{2-} (1:1) и CH_3COO^- (1;5).

Ионы марганца (II) образует стабильное комплексное соединение с индиго при pH=3,5. В такой среде некоторые ионы могут мешать обнаружению ионов марганца (II) -. Поэтому при определении селективности разработанного метода изучалось влияние чужеродных ионов. Количество марганца (II) иона в талиле рассчитывали по формуле $Y_i = 0,012 + 0,006X_i$.

Ионы марганца (II) образует стабильное комплексное соединение с индиго при pH=3,5. В такой среде некоторые ионы могут мешать обнаружению ионов марганца (II) -. Поэтому при определении селективности разработанного метода изучалось влияние чужеродных ионов. Количество марганца (II) иона в талиле рассчитывали по формуле $Y_i = 0,012 + 0,006X_i$.

Согласно результатам, для обнаружения 25 мкг / мл ионов марганца (II) необходимо определить соотношение катионов Pb^{2+} (1:1), Cd^{2+} (1:2) Fe^{2+} vs Fe^{3+} (1:2), Zn^{2+} (1:1); Cu^{2+} , Mo^{2+} vs Co^{3+} (1:0,5) и соотношения ионов $C_2O_4^{2-}$ (1:1), PO_4^{3-} (1:1), OH^- (1:1)

Для обнаружения иона железа(III) в искусственной смеси в мерные колбы объемом 25 мл помещают 0,8 мл 0,01% раствора индиго, 1,0 мл 25 мкг/мл раствора ионов железа (III), поверх которого помещают 5 мл ацетатного буферного раствора с $pH=5,6$ и с мешающие ионы вместе с маскирующими растворами в соответствующей пропорции. его разбавляли ДМФА до метки. Оптическая плотность растворов измеряется на спектрофотометре SP-UV 1100, $L=1,0$ см, 370 Нм. В ходе анализа по формуле $Y_i = 0,00193 + 0,00924 X_i$ вычислялось количество ионов железа(III). (В качестве маскирующего средства к Ni^{2+} добавляли раствор ТА, растворы ионов CO^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} $S_2O_3^{2-}$, для PO_4^{3-} (NH_4) $_2MoO_4$ из растворов) (см. табл.4).

Из полученных результатов видно, что относительное стандартное отклонение при фотометрическом определении Fe(III) от состава искусственных примесей составило 0,0058. Результаты показывают, что с разработанного метода ионы железа (III) могут быть обнаружены из искусственных соединений и природных объектов близкого состава.

Таблица 4

Обнаружение ионов железа (III) в искусственной смеси
($\lambda=370$, $pH=5,6$, $l=1$, $n=5$, $p=0,95$)

Соотношение других ионов	Введено Fe^{3+} , мкг	A	Определено Fe^{3+} , мкг	$\bar{X}_i \pm \Delta X$	S	S _r
Al^{3+} (1:100), Cr^{3+} (1:10), Zn^{2+} (1:1), Ni^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Mn^{2+} , Co^{3+} (1:0,5), Cl^- , SO_4^{2-} (1:100), PO_4^{3-} (1:5)	25,0	0,231 0,229 0,228 0,230 0,228	24,79 24,57 24,46 24,68 24,46	24,59±0,91	0,1434	0,0058

Для определения ионы кадмия (II) в искусственной смеси в мерные колбы объемом 25 мл помещали 1,0 мл раствора с Ионом кадмия (II) 25 мкг/мл, содержащего 1,0 мл 0,01% раствора индиго, а также 5,0 мл универсального буферного раствора с $pH=4,8$ и инородный Ион вместе с маскирующими растворами в соответствующей пропорции, и смешать и разбавить ДМФА до отметки в пробирке. Оптическая плотность растворов измеряется на спектрофотометре SP-UV 1100, $L=1,0$ см. В ходе анализа по формуле $Y_i = 0 + 0,0036 X_i$ рассчитывалось количество Иона кадмия(II). (В качестве маскирующего средства добавляли F - раствор Mn^{2+} , Fe^{2+} и Fe^{3+} , Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} та из $S_2O_3^{2-}$ растворов) (табл.5).

Таблица 5

Обнаружение ионов кадмия (II) в искусственной смеси
($\lambda=690$, pH=4,8, l=1, n=5, p=0,95)

Соотношение ионов	Введено Cd ²⁺ , мкг	A	Определено Cd ²⁺ , мкг	$\bar{X}_i \pm \Delta X$	S	S _r
Pb ²⁺ (1:5), Fe ²⁺ , Fe ³⁺ Mn ²⁺ , Zn ²⁺ , Mo ²⁺ , Co ³⁺ (1: 0,5), NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ Cl ⁻ , PO ₄ ³⁻ (1:100)	25,0	0,089 0,088 0,089 0,087 0,088	24,72 24,44 24,72 24,16 24,44	24,5±0,82	0,17	0,0069

Из полученных результатов видно, что относительное стандартное отклонение при фотометрическом определении Cd(II) от состава искусственных примесей составило 0,0069. Результаты показывают, что с помощью этого разработанного метода можно обнаружить Ион кадмия(II)-из искусственных смесей и природных объектов с близким составом.

Для определения ионов марганца (II) в искусственной смеси в мерные колбы объемом 25 мл помещали 0,01% раствор 1,2 мл индиго, содержащий 1,0 мл 25 мкг/мл ионов марганца (II), а из буферного раствора ацетата с pH=3,5 помещали 5,0 мл и инородный Ион с маскирующими растворами в соответствующей пропорции, смешивали и помещали в колбу. его разбавляли ДМФА до отметки. Оптическая плотность растворов измеряется на спектрофотометре SP-UV 1100, L=1,0 см. Количество Иона марганца (II) в талиле рассчитывали по формуле $Y_i = 0,012 + 0,006 X_i$. (В качестве маскирующего средства к Ni²⁺ добавляли раствор ТА, к Co²⁺, к Cd²⁺ - растворы ионов S₂O₃²⁻, KOH - раствор As³⁺, к C₂O₄²⁻ Al³⁺, к PO₄³⁻(NH₄)₂MoO₄ из растворов) (см. табл.6).

Таблица 6

Обнаружение ионов марганца (II) в искусственной смеси
($\lambda=710$, pH=3,5, l=1, n=5, p=0,95)

Соотношение ионов	Введено Mn ²⁺ , мкг	A	Определено Mn ²⁺ , мкг	$\bar{X}_i \pm \Delta X$	S	S _r
Pb ²⁺ (1:5), Cd ²⁺ (1:2), Ni ²⁺ , Zn ²⁺ (1:1), Mo ²⁺ , Co ³⁺ (1:0,5), Cl(1:5000), NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ (1:50),	25,0	0,159 0,160 0,161 0,161 0,061	24,50 24,66 24,83 24,83 24,83	24,73±0,48	0,148	0,0059

Из полученных результатов видно, что относительное стандартное отклонение при фотометрическом определении Mn (II) от состава искусственных примесей составило 0,0059. Результаты показывают, что с помощью этого разработанного метода Ион марганца (II) может быть

обнаружен из искусственных соединений и природных объектов с близким составом.

Применение разработанного метода к природным объектам (питьевая вода, образцы открытых водоемов)

Таблица 8

Определение ионов тяжелых металлов в составе проб воды с использованием разработанного метода и сравнение со стандартом

Стандартные методы	Ион металла	Реагент	Определено, мг/дм ³	Sr	Количество ионов металлов согласно УзГосСт 950:2000, мг/дм ³
O'zO'U 0706:2016	Fe ³⁺	Индиго	0,02491	0,0058	0,20
O'zO'U 0503:2010	Mn ²⁺	Индиго	0,02481	0,0059	0,12

На основании оптимальных условий, определенных спектрофотометрическим методом, были изучены, проанализированы и подтверждены образцы ГосСт РУз, опираясь на метод добавления добавок к природным объектам, питьевой воде, проточным и сточным водам, а также образцы почвы с использованием реагента Индиго (Табл.11).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С целью изучения реагентных свойств индиго к ионам тяжелых металлов его экстрагировали из листьев *Indigofera tinctoria L* и разработали методы очистки, а также что в экстракте присутствуют три различных компонента. Их цвет в соответствии с порядком разделения в колонке: 1-красно-коричневый, 2-черный, 3-светлый индиго, а их выходы составляют 10, 25 и 65% соответственно.

2. Разработан метод спектрофотометрического определения ионов Fe³⁺, Cd²⁺, Mn²⁺ с помощью Индиго. Правильность и воспроизводимость метода была доказана с использованием метода «введено-найден» и структура металлокомплексов индиго изучена методами УФ-, ИК-спектроскопии и ТСХ.

3. Относительное стандартное отклонение разработанных методов не превышает $Sr_{(Fe^{3+})} = 0,0058$, $Sr_{(Cd^{2+})} = 0,0069$, $Sr_{(Mn^{2+})} = 0,0059$, относительная ошибка не превышает 2,2; 2,0 и 1,6%.

4. Метод спектрофотометрического определения ионов Fe³⁺, Cd²⁺, Mn²⁺ с использованием Индиго было рекомендовано использовать для производства смесителей LTI в СП/ООО «PENG-SHENG», расположенном в Сырдарьинской области и для повышения эффективности анализа ионов Fe³⁺, Cd²⁺ и Mn²⁺ в сточных водах кожевенных цехов.

5. Осуществлено внедрение реагента Индиго, который применяется в методах спектрофотометрического определения ионов железа(III), кадмия(II) и марганца(II) в объектах окружающей среды и было доказано, что он монсет заменит импортные реагенты .

SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
PhD.03/30.04.2022.K.78.05 AT TERMEZ STATE UNIVERSITY
GULISTON STATE UNIVERSITY

MAJIDOV SARDOR ABDIJALIL UGLI

**DEVELOPMENT OF SPECTROPHOTOMETRIC METHODS FOR THE
DETERMINATION OF IRON (III), CADMIUM (II) AND MANGANESE
(II) IONS BASED ON INDIGO**

02.00.02 – Analytical chemistry

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

Termez – 2024

The title of the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD) has been registered by the Supreme Attestation Commission at the High education, science and innovations Ministry of the Republic of Uzbekistan with registration number of B2024.2.PhD/K662.

The Dissertation has been carried on in the Gulistan State University.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online of Scientific council www.tersu.uz and on the website of «ZiyoNET» information-educational portal www.ziynet.uz.

Scientific supervisor: **Abdurakhmznova Uglay Kokhorovna**
Doctor of Biological Sciences, Professor

Official opponents: **Abdurakhmanov Ergashboy**
doctor of chemical sciences, professor

Todjiev Jamoliddin Nasiriddinovich
doctor of philosophy in chemical sciences, docent

Leading organization: **Tashkent Pharmaceutical Institute**

The defense of the dissertation will take place on «9» XI 2024 at 15⁰⁰ o'clock at a meeting of the Scientific council PhD 03/30 04 2022 K 78 05 at Termez State University (Address: 190111, Termez, district, pos. Barkamol Avlod, 43 tel. (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of the Termez State University (registration number 260). (Address: 190111, Termez, district, pos. Barkamol Avlod, 43 tel. (+99876) 221-74-55, fax: (+99876) 221-71-17, e-mail: termizdu@umail.uz).

The abstract of the dissertation has been distributed on «24» X 2024 year.

Protocol at the register № 2 dated «24» X 2024 year.




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

Y.A. Geldiyev
Scientific Secretary of Scientific
Council on awarding of scientific degrees,
Doctor of Philosophy in Chemical Sciences, Docent


I.E. Abduraxmanov
Deputy Chairman of Scientific Seminar
Council for awarding the Scientific degrees,
Doctor of Chemical Sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the study is to develop rapid, selective, sensitive spectrophotometric methods for the determination of iron(III), cadmium(II), manganese(II) ions using indigo isolated from the plant "Indigofera tinctoria L".

The objects of the study were samples of the plant "Indigofera tinctoria L", indigo and its complex compounds with ions of iron (III), cadmium (II), manganese (II), and environmental objects (drinking water, open water bodies).

Scientific novelty of the research results:

optimal conditions for quantitative spectrophotometric determination of iron(III), cadmium(II), manganese(II) ions from aqueous solutions using indigo reagent isolated from the plant "Indigofera tinctoria L" were determined;

in spectrophotometric determination using indigo reagent, the solution medium (pH) of iron(III) - 5.6, cadmium(II) - 4.8 and manganese(II) - 3.5 obeys the Bouguer-Lambert-Beer law, iron(III) = 1-35 µg/ml, cadmium(II) = 5-45 µg/ml and manganese(II) = 5-40 µg/ml;

the composition, structure, molar extinction coefficient and equilibrium constants of complex compounds formed by iron(III), cadmium(II), manganese(II) ions with indigo were determined;

a spectrophotometric method for determining iron(III), cadmium(II), manganese(II) ions using indigo was developed and the reproducibility of the method by the "inserted-found" method was determined.

Implementation of research results. Based on the results of the development of a spectrophotometric method for determining iron (III), cadmium (II) and manganese (II) ions using indigo reagent isolated from the Indigofera tinctoria L plant:

A spectrophotometric method for determining the amount of heavy metal ions in industrial wastewater samples using indigo reagent has been put into practice when determining the amount of metals (Reference No. SP No. 1-28-23 "PENG-SHENG" Uzbek-Chinese dated September 28, 2023). As a result, this made it possible to increase the efficiency of determining iron (III), cadmium (II) and manganese (II) ions in wastewater by 10-15%;

method for spectrophotometric determination of iron (III), cadmium (II) ions in wastewater and manganese (II) ions from soil, the Department for Combating Climate Change and Combating Climate Change has introduced analysis of heavy and toxic metals in wastewater and soil samples. Desertification. (Reference No. 03-03 / 3-7524 of the Ministry of Ecology, Environmental Protection and Climate Change of the Republic of Uzbekistan dated November 29, 2023). As a result, it became possible to use the indigo reagent in practice as a replacement for imported reagents used in the spectrophotometric determination of iron (III), cadmium (II) and manganese (II) ions.

Structure and volume of the dissertation. The composition of the dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of used literature and an appendix. The volume of the dissertation is 100 pages.

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

I bo'lim (I часть; part I)

1. Majidov S.A., Egamqulova H.A., Gapparov S.O', Abdurahmanova U.K. Indigoni olinish usullari va spektroskopik tahlili// Qo'qon DPI Ilmiy xabarnomasi. – 2021. –№ 4. 25-30-b. OAK Rayosatining 2021 yil 31 martdagi 295/6-son qarori.

2. Majidov S.A., Maxamadiyev Sh.J., Abdurahmanova O'.Q. Indigoning umumiy xossalari tahlili va ikki asosli karbon kislotalari bilan ta'siri// O'zbekiston Kompozitsion Materiallari Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali. –2023. – № 1. 29-31 b. (02.00.00. №4).

3. Majidov S.A., Abdurxmanova O'.Q., Xalmuratova Z.T. Indigoning reagentlik xossalari va gossipolsirka kislotasi bilan ta'siri// Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universitetining Axborotnomasi. –2023. –№ 01. 39-43 b. OAK Rayosatining 2022 yil 30 noyabrdagi 327/5-son qarori.

4. Мажидов С. А., Абдурахманова У. К. Свойства и спектральные характеристики индиго, выделенного из растения “Indigofera tinctoria L”//Научный журнал Издается ежемесячно с ноября 2013 года Является печатной версией сетевого журнала Universum: химия и биология. – 2023. –№ 8(110). – С.37-42 (02.00.00; №2).

5. Abdurahmanova U.K., Kushiev H.K., Jumabaeva I.M., Shopo'latov M.O', Majidov S.A., Tuliyeu B.A. Adsorption properties of monoammonium salt of glycyrrhizic acid// International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. – 2021 .Vol. 10 –№ 4. –P.47-52. №23. SJIF, IF- 2021: 6.019

6. Majidov S.A., Abdurahmanova U.K., Qushiev H.H., Xudoynazarov M.Sh. Temir(III)ionlarining biosorbsiyasida fiziologik faol moddalarning qo'llanilishi// GulDU axborotnomasi. –2021. –№ 1. 30-36 b. OAK Rayosatining 2021 yil 30 apreldagi 296/5-son qarori.

7. Majidov S.A., Abdurahmanova U.K. Studying the reagent properties of indigo// International Scientific Journal "Science and Innovation". -2024. Series A. -V.3. –I.1, - p.67-73. №23. SJIF, IF- 2024: 6.73.

II bo'lim (II часть; part II)

8. Majidov S.A., Egamqulova H.A., Abdurahmanova O'.Q. Indigoning metall ionlari bilan ta'siri//“Tabiiy birikmalar asosida resurs tejamkor usullar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Guliston. –2022. 19-20 dekabr. 94 b.

9. Эрматова А.А., Сманова З.А., Мажидов С.А., Менглиеву М.У. Остромисленский-жоб усулида кўрғошин ионларини аниқлаш//“Tabiiy birikmalar asosida resurs tejamkor usullar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. –Guliston. –2022. 19-20 dekabr. 95 b.

10. Majidov S.A., Abdurxmanova U.K. Temir (III) ionini miqdoriy aniqlashning optimal sharoitlarini o'rganish texnologiyasi// Sifatli ta'lim va

interdisiplinar yondashuv: muammolar, yechimlar va hamkorlik» Xalqaro ilmiy amaliy konferentsiyasi-İstanbul. –2023.25-24 may. 85 b.

11. Majidov S.A, Egamqulova H.A, Maxamadiyeva Q. Mis (II) ionini indigo reagent bilan aniqlash va ayrim optimal sharoitlarini o'rganish// "Ta'lim tizimida fan, innovatsiya va raqamli texnologiyalarni rivojlantirish istiqbollari: muammo va yechimlar" xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. –Guliston. –2022. 10-11-iyun. 398–b

12. Мажидов С.А., Абдурахманова У.К. Индигонинг тузилиши ва олиниш усуллари "Табиий бирикмалардан sanoat va қишлоқ хўжалигида фойдаланиш истиқболлари" мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Гулистан. –2021. 21–22 май. 212 б.

13. Majidov S.A, Majidova Y.G'. Yapon indigosining o'simligi va undan indigo olish usullari// "Табиий бирикмалардан sanoat va қишлоқ хўжалигида фойдаланиш истиқболлари" мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Гулистан. –2021. 21– 22 май. 215 б.

14. Majidov S.A., Majidova Y.G'., Abdurahmanova O'. Q. Indigoning fizik-kimyoviy xossalari va uni tozlash usullari// "Табиий бирикмалардан sanoat va қишлоқ хўжалигида фойдаланиш истиқболлари" мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. – Гулистан. –2021. 21– 22 май. 216 б.

15. Majidov S.A., Xalmuratova Z.T. Indigoning metallokomplekslari sintezi tahlili// "Оролбўйи ҳудудларида кимё ва кимёвий технология ривожланишининг ҳозирги замон тенденциялари" мавзусидаги Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. –Нукус. –2023. 13 март. 106 б.

16. Majidov S.A., Qosimov Sh.I., Djurayev A.J. Indigo va uning hosilalarini nodir va noyob metallar analizida qo'llanilishi// "Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi: bugungi holati, muommolari va istiqbollari" Respublika ilmiy-amaliy konferentsiyasi. –Termiz. –2023. 28-29-aprel. 215 bet.

17. Majidov S.A. Complex of indigo with metals// Abstracts of the Scientific Conference «Advanced science and technology: celebrating 15 years of turin polytechnic university in tashkent» April 22-23, 2024 Tashkent. –p.43

18. Otakulov I.E., Majidov S.A. Indigo derivatives synthesis// Abstracts of the Scientific Conference «Advanced science and technology: celebrating 15 years of turin polytechnic university in tashkent» April 22-23, 2024 Tashkent. –p.46

19. Majidov S.A. Temir(III), kadmiy(II) va marganets(II) ionlarini indigo reagenti bilan kompleks birikmasi optik zichligi qiymatining eritma muhiti (pH) ga bog'liqligi// Urganch davlat universitetining "Kimyoning dolzarb muammolari" mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. 2024-yil 21-22-iyun. 99 bet.

20. Majidov S.A. Temir(III), kadmiy(II) va marganets(II) ionlarini indigo reagenti bilan kompleks birikmalarning optik zichligini element miqdoriga bog'liqligi (Buger-Lambert-Ber qonuniga bo'ysinish sohasi) ni o'rganish// Urganch davlat universitetining "Kimyoning dolzarb muammolari" mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. 2024-yil 21-22-iyun. 100-101 bet

Avtoreferat "Kimyo va kimyo texnologiyasi" jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va uning o'zbek rus hamda ingliz tilidagi matnlari mos keladi

Bosishga ruxsat etildi: 23.10.2024-yil.
Bichimi 60x84^{1/16}, «Times New Roman»
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tabog'i 2.8. Adadi: 100. Buyurtma: № 116.
Tel (99) 817 44 54.
Guvohnoma reyestr № 219951
«PUBLISHING HIGH FUTURE» OK nashriyotida bosildi.
Toshkent sh., Uchtepa tumani, Ali qushchi ko'chasi, 2A-uy.