

**TOSHKENT KIMYO-TEXNALOGIYA TADQIQOT INSITUTI  
XUZURIDA ILMY DARAJALARINI BERUVCHI  
DSc16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMY KENGASH**

---

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA  
UNIVERSITETI OLMALIQ FILIALI**

**JO'RAYEV FARHOD XOLMUROD O'G'LI**

**OLMALIQ KMK AJ NING SANOAT CHIQINDISI TARKIBIDAN NIKEL  
VA KOBALT IONLARINI SORBSION-FOTOMETRIK USULDA  
ANIQLASH**

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

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

**Toshkent – 2025**

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

**Jo‘rayev Farhod Xolmurod O‘g‘li**

“Olmaliq KMK” AJ ning sanoat chiqindisi tarkibidan nikel va kobalt ionlarini sorbsion-fotometrik usulda aniqlash .....3

**Jo‘rayev Farhod Xolmurod O‘g‘li**

Определение ионов никеля и кобальта в составе промышленного отхода АО «Алмалыкский ГМК» сорбционно-фотометрическим методом. ....20

**Jo‘rayev Farhod Xolmurod O‘g‘li**

Determination of nickel and cobalt ions in the industrial waste of JSC “Almalyk MMC” by the sorption-photometric method.....39

**E‘lon qilingan ishlar royxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....43

**TOSHKENT KIMYO-TEXNALOGIYA TADQIQOT INSITUTI  
XUZURIDA ILMIY DARAJALARINI BERUVCHI  
DSc16/30.12.2019.K/T.87.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA  
UNIVERSITETI OLMALIQ FILIALI**

**JO'RAYEV FARHOD XOLMUROD O'G'LI**

**OLMALIQ KMK AJ NING SANOAT CHIQINDISI TARKIBIDAN NIKEL  
VA KOBALT IONLARINI SORBSION-FOTOMETRIK USULDA  
ANIQLASH**

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

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

**Toshkent – 2025**

**Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.4.PhD/K907 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filialida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb sahifasi ([www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz)) manziliga hamda «ZiyoNet» Axborot–ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy raxbar:**

**Mirzaxmedov Rustamjon Mirxamidovich**  
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Muxamedov Qobiljon G'ofurovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Fayziyev Jahongir Bahromovich**  
texnika fanlari nomzodi, katta ilmiy xodim

**Yetakchi tashkilot:**

**Termiz davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil “\_06\_” \_noyabr\_ soat 09:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY p/b Sho'rabozor. Tel: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ootmixt@mail.tu](mailto:ootmixt@mail.tu) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz) )

Dissertatsiya bilan Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot institutining Axborot–resurs markazida tanishish mumkin (№\_2025/29\_ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 111116, Toshkent tumani, Ibrat MFY p/b Sho'rabozor. Tel: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ootmixt@mail.tu](mailto:ootmixt@mail.tu) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz) )

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil “\_16\_” \_oktabr\_ kuni tarqatilgan.  
(2025 yil “\_16\_” \_oktabr\_ dagi \_2025/29\_ raqamli reestr bayonnomasi)

**Djalilov A.T.**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy  
kengash raisi k.f.d., prof., akademik

**Qiyomov Sh.N.**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy  
kengash kotibi t.f.d., k.i.x

**Beknazarov H.S.**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash  
qoshidagi ilmiy seminar  
raisi, t.f.d., prof.

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda so‘ngi yillarda ayrim d guruhga mansub metallarga bo‘lgan ehtiyoj sababli ularni ikkilamchi mahsulotlaridan ajratib olishga qaratilgan texnologiyalarga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Shu sababli jahonda pirometallurgik yoki gidrometallurgik usullarni takomillashtirish, bundan tashqari mineral xom ashyolarni va rudalarni qayta ishlashning ekspress usullarini ishlab chiqish, ularning tarkibidagi nikel hamda kobalt metallarini to‘liq ajratib olish, ishlab chiqarish quvvatini keskin oshirish, kam chiqindili va chiqindisiz texnologiyalarni optimallashtirishga katta e‘tibor qaratilmoqda.

Jahonda atrof muhitdagi sanoat korxonalar orqali chiqariladigan texnogen chiqindilarini qayta ishlash, turli xil tabiatli tabiiy va sintetik sorbent, organik reagentlar qo‘llash orqali oqava suvlarni metall ionlaridan tozalash bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada ishlab chiqarish korhonalarda texnogen chiqindilar tarkibidan toza holda metallarni ajratib olish, ularning sifat va miqdoriy tarkibini hamda jarayon borishining texnologik parametrlarini aniqlash, gidrometallurgiya va pirometallurgiya sanoati oqava texnogen suvlarini ekologik toza metall ionlarini ajratib olishning iqtisodiy samaradorligini asoslash muhim ahamiyat kasb etadi.

Respublikada kerakli metall ionlarini ekologik xavfsiz va samarali ajratib olish suratini oshirish bilan birga mahalliy xomashyolar, sanoat korxonalari ikkilamchi mahsulotlarini qayta ishlashda innovatsion texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha muayyan narijalarga erishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Taraqqiyot strategiyasida «Sanoatni sifat jihatdan yangi bosqichga ko‘tarish, mahalliy xomashyo manbalarini chuqur qayta ishlab, tayyor mahsulot ishlab chiqarishni jadallashtirish, yangi turdagi mahsulotlar olish texnologiyalarini o‘zlashtirish va takomillashtirish»<sup>1</sup> vazifalari belgilab berilgan. Bu borada tanlab tasir qiluvchi organik reagentlar, sintetik sorbentlar, ekstrogenlar uchun erituvchilar ishlab chiqish sohasini rivojlantirish va ular asosida yangi ekspress, sezgir, tanlab ta’sir etuvchan usullarni mahalliyashtirish dasturini amalga oshirish muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 31-maydagi PF-81-son “Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasini transformatsiya qilish va vakolatli davlat organi faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risi” dagi qarori, 2025 yil 30 yanvardagi PQ-16-son “O‘zbekiston – 2030” strategiyasini “Atrof-muhitni asrash va “yashil iqtisodiyot” yilida amalga oshirishga oid davlat dasturi to‘g‘risi” dagi qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy xujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

---

<sup>1</sup>O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasini transformatsiya qilish va vakolatli davlat organi faoliyatini tashkil etish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi 31.05.2023 PF-81-son

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yoʻnalishlariga muvofiqligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining VII. Kimyo, kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar ustuvor yoʻnalishlariga muvofiq bajarilgan.

**Muammoning oʻrganilganlik darajasi.** Gidrometallurgiya va pirometallurgiya usullari yordamida immobillangan organik reagentlarni qoʻllash, qimmatbaho elementlarni sanoatda ogʻir metallarni aniqlash usullar oʻrganish boʻyicha chet elda N.V. Gudima metallurgiya sohasida, ayniqsa rangli metallardan mis, kumush, platina kabi metallarni ajratib olish va ularning texnologiyalari boʻyicha muhim ilmiy ishlari, K.F. Rammelberg sianit kislotasini kadmiy, nikel metallariga munosabati va ajratib olish, B.B. Conrad, L. Robert rudalarni qayta ishlash natijasida olingan ammoniy eritmalaridan kobaltning deyarli aralashmagan holda selektiv nikel choʻkmasini olishga qaratilgan, B. Cvetko G. Nikolic, S. Robert nikel-kobalt eritmasida nikel bilan kobalt metallini nisbati 2000:1 dan oshirishga qaratilgan boʻlib Ni (III) va Co (III) ionlari holatida ajratib olish usullari yoritilgan, shu kabi ishlardan Ya.P. Sheyn, A.N. Zelikman, B.G. Korshunov, V.V. Mechev, V.P. Bistrov, A.N. Kasatkin, S.S. Naboychenko, M.I. Bulatov, K. Benuel, Yu.A. Zolotov, respublikamizda esa U.Z. Sharafutdinov, M.A. Kurbanov, K.S. Sanakulov, O.F. Petuxov, B.F. Muxiddinov, A.A. Saidaxmedov, A.P. Vinogradov, I.V. Petryanov, B.N. Laskorin, N.N. Semenov, M.M. Yakubov, A.A. Yusupxodjayev va boshqalar tomonidan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Ushbu tadqiqotlarda sanoat miqyosida chiqindi suvlari tarkibida bir nechta d guruhga mansub bazi ogʻir metall ionlarini ajratib olish usullar ishlab chiqish boʻyicha tavsiyalar berilgan. Hozirda bu usullar orqali olingan natijalar sezgirligi va selektivligi yuqori boʻlgan gidrometallurgiya hamda pirometallurgiya jarayonlari yordamida kon mahsulotlaridan metall yoki uning birikmalarini tarkibini oʻrganish hamda sanoat chiqindilari tarkibidagi qoʻshimcha ionlarning koʻpligi, ekologiyaga salbiy taʼsirlarini oldini olish boʻyicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy taʼlim muassasasining ilmiy-tadqiqot rejalari bilan bogʻliqligi.** Dissertatsiya ishi Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti Olmaliq filialining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining, Davlat byudjeti tomonidan moliyalashtirilgan AL-6022012291 - sonli “Oksidlangan mis rudalarini kompleks qayta ishlash texnologiyasini yaratish” mavzusi fundamental va amaliy loyihalar doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** sanoat yarim mahsulotlari (keklari, oqava chiqindi suvlari) tarkibidagi nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini aniqlashning sorbsion-fotometrik tezkor usullarini ishlab chiqish orqali, metallurgiya sohasida atrof muhitga zararli taʼsir etuvchi omillarning tabiatga taʼsirini kamaytirishdan iborat.

#### **Tadqiqotning vazifalari:**

tanlab eritish jarayoni orqali kon mahsulotlari tarkibidagi nikel (II) va kobalt (II) metall ionlarini toʻliq eritmaga oʻtqazish;

nikel (II) va kobalt (II) ionlari uchun timol koʻki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentlarini, tanlangan metall ionlari bilan kompleks xosil qilishni optimal sharoitlarini aniqlash;

timol ko'ki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentlarini xar hil turdagi sorbentlarga immobillanish darajasini va usulni optimal sharoitlarni aniqlash orqali, metrologik xossalarni yaxshilash;

nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini aniqlashning sezgirligi va selektivligi yuqori bo'lgan sorbsion-fotometrik usulni ishlab chiqish;

ishlab chiqilgan sorbsion-fotometrik usulni real ob'yetlarga (sanoat keklari va texnologik chiqindi suvlari) qo'llash;

nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini olishning iqtisodiy samaradorligi va texnologik sxemasi ishlab chiqish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida "Olmaliq KMK" AJ gidrometallurgiya hamda pirometallurgiya jarayonida hosil bo'lgan sanoat keklaridan nikel-kobalt keki (Cd - 2,5-8 %, Co - 3,5-6,5 %, Cu - 3,5-10 %, Ni - 2,5-4,6 %, Zn - 36-45 %, Sb - 0,1-0,15 %), ruh keki ( $Zn_{umumiy}$  - 21 % dan kam, Co - 0,0242 % dan ko'p emas), mis keki (Cu - 30 % dan ko'p emas, Co - 0.0167 % dan ko'p emas) hamda texnologik chiqindi suvlari, PAN-TEA, PAN, KU-2-8 sorbent (xorijiy), timol ko'ki, 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentlari tanlab olingan.

**Tadqiqotning predmeti** rux zavodida hosil bo'ladigan nikel-kobalt keki, ruh keki, mis keklari, volfram va molibden boyitish chiqindilari hamda texnologik chiqindi suvlari tarkibidagi nikel (II) va kobalt (II) ionlarini aniqlashning sorbsion-fotometrik taklif qilish, nikel hamda kobalt metall ionlarini ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishida nikel (II) va kobalt (II) metall ionlarini aniqlashning spektrofotometriya, fotometriya, nur qaytarish, atom-absorbsion spektroskopiya, elektrokimyoviy (polyarografiya, ionometriya, potensiometriya) hamda olingan ma'lumotlarni hisoblash uchun statistik usullar, shuningdek element analiz, IQ-spektroskopik, rengen-fluouessent analiz usullari, SEM taxlili usullari bilan bir qatorda kvant-kimyoviy hisoblash natijalaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

nikel (II) hamda kobalt (II) metall ionlarini tanlab eritish orqali halaqit qiluvchi metallarni cho'ktirish orqali, eritmada nikel (II) va kobalt (II) metall ionlarini konsentratsiyasini oshirish usuli ishlab chiqilgan;

timol ko'ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentlar nikel (II) hamda kobalt (II) metall ionlari bilan kompleks hosil bo'lish sharoitlari aniqlangan;

PAN-TEA tolasiga immobillangan timol ko'ki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentlar orqali nikel (II) va kobalt (II) ionlari kompleksining ( $pH=3-6,2$ ,  $25\pm 5$  °C,  $\lambda_{Ni^{2+}}=560$ ,  $\lambda_{Co^{2+}}=550$ ) optimal tarkiblari aniqlangan;

sorbsion-fotometrik usulni analitik va metrologik parametrlari baxolash orqali, nikel (II) hamda kobalt (II) ionlari miqdorini aniqlash chegarasi, immobilangan eritmaga nisbatan 20 barobar oshishi ilmiy asoslangan;

nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini aniqlashning sorbsion-fotometrik usuli ishlab chiqish orqali kon-metallurgiya korxonalar keklari, oqova texnologik suvlari va tabiiy obyektlari analizida qo'llash texnologiyasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

nikel (II) hamda kobalt (II) ionlari tutgan sanoat chiqindi keklari va texnologik suvlari tarkibidagi rux (II), mis (II), kadmiy (II), temir (II) va boshqa halaqit qiluvchi metall ionlarini cho'ktirish orqali nikel (II) ionni konsentratsiyasini 76.9 % gacha, kobalt (II) ionni konsentratsiyasini 91.4 % gacha oshirish usuli ishlab chiqilgan;

taklif qilingan tadqiqot usuli orqali "Olmaliq KMK" AJ rux zavodining "Kadmiy sexi" kimyo laboratoriyasida, hamda atrof-muxit obyektlari, texnologik chiqindilari tarkibidagi nikel (II) va kobalt (II) ionlari aniqlangan;

atrof-muhit obyektlari tarkibidan nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini aniqlash uchun tanlangan organik reagentlari timol ko'ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota immobillash asosida sanoat keklari, shuningdek oqova texnologik suvlari tarkibidan ajratib olishning sorbsion-fotometrik aniqlash usuli ishlab chiqilgan;

nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini aniqlashning sorbsion-fotometrik usulining iqtisodiy samaradorligi va ajratib olish sxemasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** olingan natijalarni matematik o'rganish atrof-muhit obyektlarining kon-metallurgiya korxonalarining pirometallurgiya va gidrometallurgiya chiqindilari hamda DavST bo'yicha standart namunalar bilan taqqoslash orqali qo'shimchalar, kiritildi-topildi usullar orqali matematik statistika natijalari yordamida qayta ishlanganligi bilan tasdiqlangan.

#### **Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ajratish, konsentirlash usuli orqali nikel (II) ionni konsentratsiyasini 76.9 % gacha, kobalt (II) ionni konsentratsiyasini 91.4 % gacha oshirish uchun mo'ljallangan maxsus erituvchilardan foydalanilganligi, shuningdek atrof-muhit obyektlari tarkibidan metall ionlarini miqdorini sezilarli kamayishi aniqlanganligi, ularning fizik-kimyoviy va mexanik xossalari o'rganilganligi, sorbsion-fotometrik usuli bilan ikkilamchi xomashyosini qayta ishlab imkoniyati ko'rsatilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati rux zavodida qo'llasniladigan pirometallurgiya hamda gidrometallurgiya jarayonida hosil bo'lgan sanoat keklari, chiqindi suvlarini qayta ishlash, immobillangan timol ko'ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentlarni metrologik, analitik ko'rsatkichlarni yaxshilash, sanoat chiqindilarini qayta ishlash, resurslardan kompleks foydalanish, atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytirish, nikel (II) hamda kobalt (II) metall ionlarini mikromiqdorlarini aniqlash orqali ekologik va iqtisodiy samarador texnologiyalarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarini joriy qilish.** Nikel (II) va kobalt (II) metall ionlarini tanlab eritish orqali halaqit qiluvchi metall ionlarini bartaraf qilish orqali, sorbsion-fotometrik aniqlash usulini ishlab chiqish natijalari asosida:

immobillangan organik reagentlar yordamida nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini ajratish sorbsion-fotometrik usuli "Olmaliq KMK" AJ rux zavodining "Kadmiy sexi" kimyo laboratoriyasida amaliyotga joriy qilingan (Olmaliq kon metallurgiya kanbinati AJ ning 2024 yil 16 dekabrda 12-24/01-01694-son ma'lumotnomasi). Natijada sanoat keki tarkibidan nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini ajratib olish imkonini bergan;

oqava suv tarkibidagi nikel (II) va kobalt (II) ionlarini sorbsion-fotometrik aniqlash usuli “Olmaliq KMK” AJ korxonasi amaliyotga joriy qilingan (Olmaliq kon metallurgiya kanbinati AJ ning 2024 yil 16 dekabrda 12-24/01-01694-son ma’lumotnomasi). Natijada atrof-muhit obyekt tarkibidagi og‘ir metall ionlari miqdorini tezkor aniqlash imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi.** Mazkur tadqiqotning natijalari 8 ta, jumladan, 2 ta xalqaro va 6 ta Respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma’ruza qilingan hamda muhokamadan o‘tgan.

**Tadqiqot natijalarining chop qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 7 ta ilmiy ish chop etilgan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan nashrlaridan 4 ta respublika va 3 ta xalqaro jurnallarda maqolalar nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 111 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati, tadqiqotning maqsadi va vazifasi asoslanib berilgan, tadqiqotning ob’ektlari va predmetlari keltirilgan, O‘zbekiston Respublikasi ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, uning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslab berilgan, nazariy hamda amaliy ahamiyati yoritilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish istiqbollari bo‘yicha xulosa qilingan hamda chop etilgan ilmiy ishlar soni va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

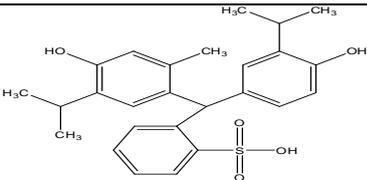
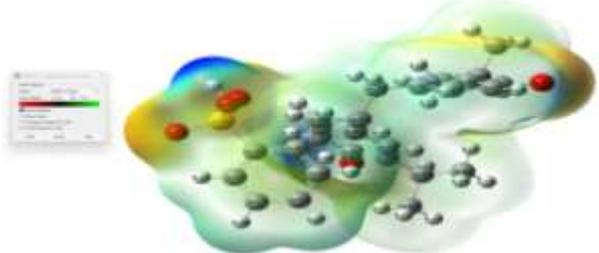
Dissertatsiyaning “**Nikel (II) va kobalt (II) ionlarini aniqlashning analitik usullari va tabiatdagi ahamiyati**” deb nomlangan birinchi bobida nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini sanoatdagi ahamiyati va uning aniqlash bo‘yicha adabiyotlar sharhi keltirilgan. Nikel (II) hamda kobalt (II) metall ionlarini sanoat miqyosida ishlatilishi, chiqindi tarkibida tabiatga ta’siri, sanoat chiqindisi tarkibidan nikel (II) hamda kobalt (II) ionlarini ishlab chiqarishning qo‘shimcha manbalari keltirib o‘tilgan. Adabiyotlar sharhida metall ionlarini aniqlashning spektroskopik, fotometrik va spektrofotometrik, sorbsion – spektroskopik, ekstraksion-spektrofotometrik, organik reagentlar yordamida spektrafotometrik aniqlash, tanlab eritish jarayonida nikel va kobalt metall ionlarini ionalmashuv jarayonlari, nikel (II) va kobalt (II) ionlar komplekslarini aniqlash bo‘yicha elektrokimyoviy, klassik va boshqa usullari yoritilgan.

Dissertatsiyaning “**Tadqiqotni o‘tkazishda ishlatilgan asbob-uskunalar, jixozlar, reaktiflarni tayyorlash usuli, tolali sorbentlar va immobilash uchun organik reagent tanlash**” nomli ikkinchi bo‘limida tanlangan ob’ektlardan nikel (II) va kobalt (II) ionlarini suvli eritmalaridan ajratib olish jarayonida samarali ajratish va konsentrlashning zamonaviy tahlil usullari hamda aniqlanilayotgan nikel (II) va kobalt (II) ionlarini timol ko‘ki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagent uchun optimal tashuvchi tanlash

bo'yicha barcha ma'lumotlar va ularning qimmatli kimyoviy, analitik xususiyatlarini o'rganish bo'yicha ishlatiladigan asbob-uskunalar, jixozlar, reaktivlar tayyorlash usullarining barcha talablariga javob beradigan zamonaviy apparaturalar, yordamchi qurilmalarning izohi keltirilgan. Ishda taklif qilingan reagentlarning tuzilish formulasi, belgilanishi, kvant kimyoviy xamda matematik statistik qayta ishlash usullari orqali xisoblangan va natijalar 1-2- jadvalarda keltirilgan.

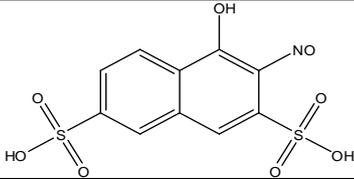
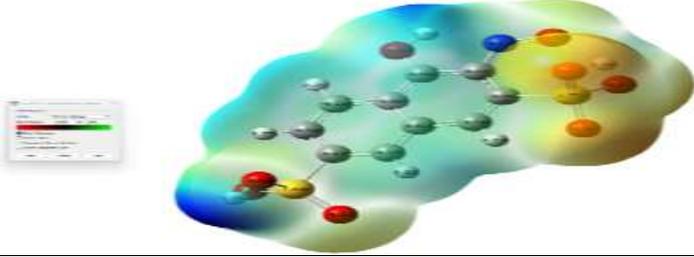
### 1-jadval

Nikel (II) ioni uchun organik reagentning tuzilish formulasi va belgilanishi

No	Timol ko'ki	
1	Tuzulish formulasi	
2	Brutto formulasi	$C_{27}H_{30}O_5S$
3	Gauss Wiew dasturida kvant-kimyoviy formulasi	
4	Sistematik nomenklatura bo'yicha nomlanishi	Timol ko'ki

### 2-jadval

Kobalt (II) ioni uchun organik reagentning tuzilish formulasi va belgilanishi

No	b-nitroza a-naftol 3,6-disulfo kislota	
1	Tuzulish formulasi	
2	Brutto formulasi	$C_{10}H_7NS_2O_8$
3	Gauss Wiew dasturida kvant-kimyoviy formulasi	
4	Sistematik nomenklatura bo'yicha nomlanishi	2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota

Shuningdek bu bobda modda tarkibini aniqlash usullari, optimal tashuvchi tanlash, timol ko'ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagentlarining hamda  $Ni^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlarining ishchi eritmasini tayyorlash, olingan natijalar orqali sanoatning yarim mahsuloti (keklari, oqava chiqndi suvlari) nikel-kobalt keki

(Cd - 2,5-8 %, Co – 3,5-6,5 %, Cu - 3,5-10 %, Ni – 2,5-4,6 %, Zn - 36-45 %, Sb - 0,1-0,15 %) tarkibidagi nikel (II), kobalt (II) ionlarini selektiv ajratib olishning sorbsion-fotometrik usulini ishlab chiqish, olingan natijalarni reaksiya mexanizmlari keltirilgan.

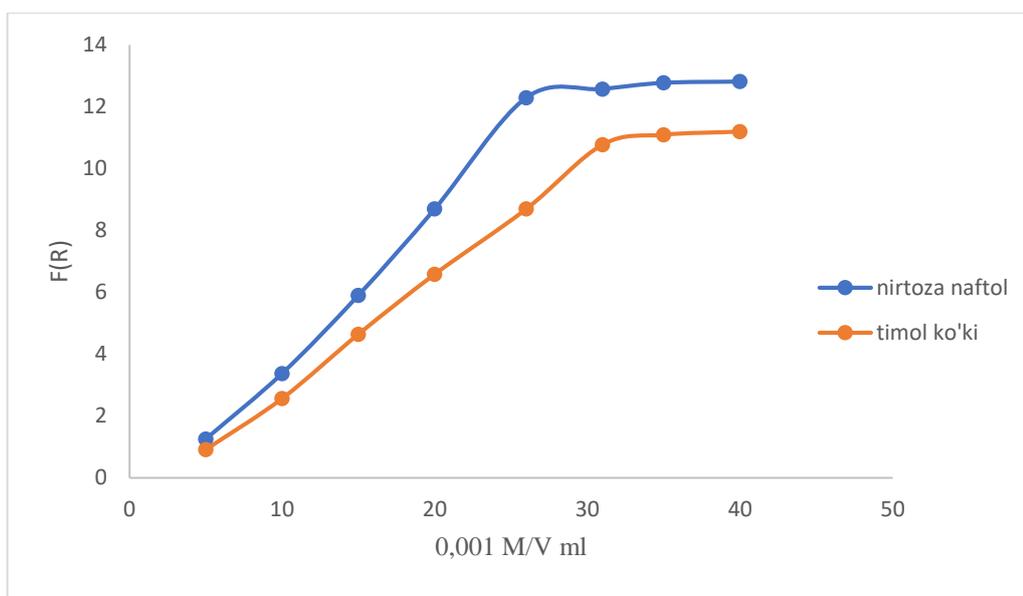
Dissertatsiyaning “Timol ko‘ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfokislota reagentlarini tolaga immobillanishi orqali nikel (II) hamda kobalt (II) ionlari bilan kompleks hosil qilishining optimal sharoitlarini o‘rganish” deb nomlangan uchinchi bobida reagentlarning tolaga immobillanishi, timol ko‘ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentni tolali sorbentga immobillanishining vaqtga bog‘liqligi,  $Ni^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlarini timol ko‘ki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagentlari bilan kompleks hosil qilishni optimal sharoitlari, olingan kompleksning spektral tavsifi, immobillangan reagent va PAN-TEA tolaga timol ko‘ki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagentlari yordamida  $Ni^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlari bilan hosil qilgan kompleksining IQ spektroskopik, rentgen-fluorescent, skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) taxlil usullari hamda optimal sharoitlari o‘rganish bo‘yicha tadqiqot natijalarini taqdim etilgan.

50 ml li stakanlarga timol ko‘ki organik reagentidan har xil konsentratsiyadagi 20 ml eritmasidan va PAN-TEA sorbentdan 0,200 g dan solib 20 minut davomida sorbsiyalanish jarayoni kuzatildi, paralel tajribalar 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota immobillash uchun ham olib borildi. Buning uchun ham 50 ml stakanlarga 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagentidan har xil konsentratsiyadagi 20 ml eritmasidan va PAN-TEA sorbentdan 0,200 g dan solib 20 minut davomida sorbsiyalanishi tajriba yordamida kuzatildi hamda reagentlar nur qaytatishtirish spektrofotometriya o‘lchandi. Olingan natijalar 3-jadval, 1-rasmda keltirilgan.

### 3-jadval

PAN-TEA tolasiga immobillanishning reagent konsentratsiyasiga bog‘liqligi.  
(PAN-TEA,  $25 \pm 5$  °C,  $\lambda = 420_{nm}$ ,  $\lambda = 450_{nm}$ , pH=4-6,  $t_{min}=20$ )

Reagentning konsentratsiyasi M	F (R) 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfo kislota	F (R), Timol ko‘ki
$5 \cdot 10^{-5}$	1,26	0,92
$1,0 \cdot 10^{-4}$	3,38	2,57
$1,5 \cdot 10^{-4}$	5,91	4,65
$2,0 \cdot 10^{-4}$	8,7	6,59
$2,5 \cdot 10^{-4}$	12,3	8,7
$3,0 \cdot 10^{-4}$	12,58	10,78
$3,5 \cdot 10^{-4}$	12,78	11,1
$4,0 \cdot 10^{-4}$	12,82	11,2



**1-rasm.** Timol sulfoftaleyin hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagentlarining immobillanishining konsentratsiyasiga bog'liqligi grafigi.  
(PAN-TEA-1,  $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,  $\lambda = 420\text{nm}$ ,  $\lambda = 450\text{nm}$ ,  $\text{pH} = 4-6$ ,  $t_{\text{min}} = 20$ )

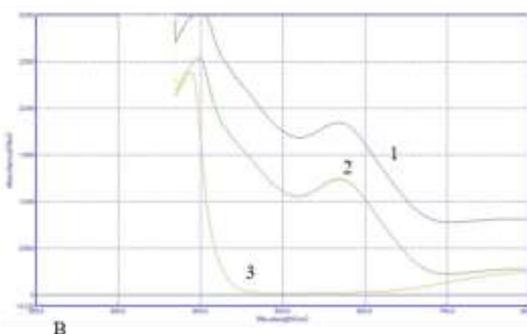
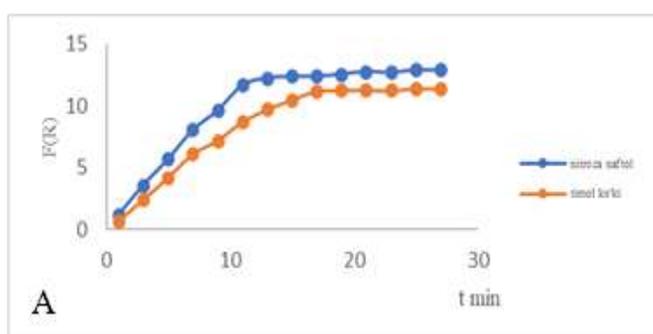
3-jadval va 1-rasmdan ko'rinib turibdi 0,200 gramm PAN-TEA ga timol sulfoftaleyinni to'liq immobillanishi uchun ioni uchun  $3,0 \cdot 10^{-4}$  M, 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislotaning to'liq immobillanishi uchun  $2,5 \cdot 10^{-4}$  M miqdor yetarli ekan.

Timol ko'ki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagentini tolali sorbentga immobillanishiga har xil vaqt oralig'ida spektroskopik tavsiflari o'rganilgan. Olingan natijalar 4-jadval, 2-rasmda keltirilgan.

#### 4-jadval

PAN-TEA tolasiga immobillanishining vaqtga bog'liqligi.  
(PAN-TEA,  $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,  $\lambda_{\text{R}} = 420$ ,  $\lambda_{\text{R}} = 450$ ,)

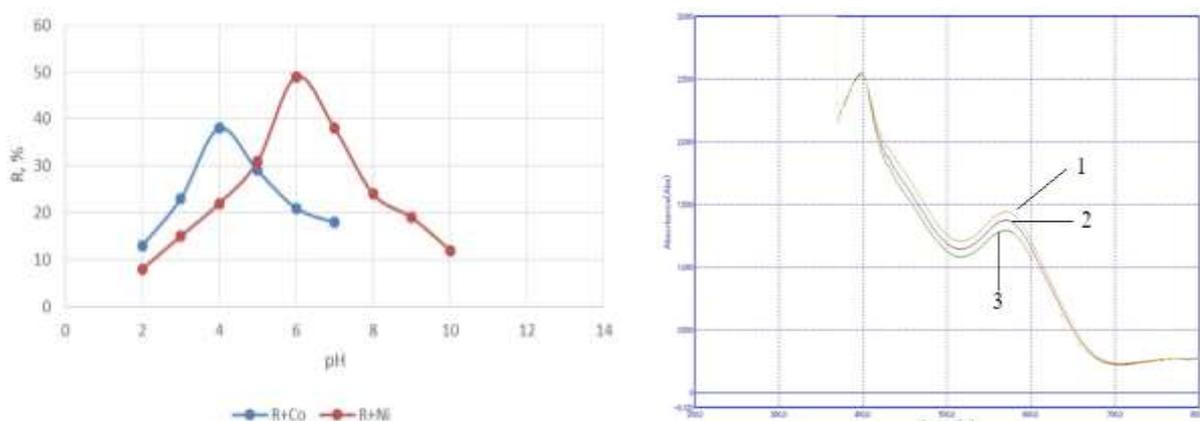
No vaqt, min	1	3	5	7	9	11	13	15	19	21	25
2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota	1,2	3,6	5,7	8,0	9,6	11,6	12,2	12,3	12,3	12,5	12,7
Timol sulfoftaleyin	0,7	2,4	4,2	6,1	7,2	8,7	9,7	10,5	11,2	11,2	11,4



**2-rasm.** Immobillanish jarayonida optik zichlikning vaqtga bog'liqlik Sf IV-VIS olingan grafigi A, B ( $l=1$ , PAN-TEA,  $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,  $\lambda_{\text{R}} = 620\text{nm}$ )

Demak, timol sulfoftaleyin organik reagenti PAN-TEA tolaga to‘liq immobillanishi uchun 17 minut, 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfokislota organik reagenti PAN-TEA tolaga to‘liq immobillanishi uchun esa 13 minut vaqt ketar ekan. Kompleksni hosil bo‘lishiga vaqtni ta’sirini o‘rganish uchun bir necha eritmalar tayyorlandi, bu eritmalarining har birining tarkibida 0,5 gr dan  $\text{Ni}^{2+}$  va  $\text{Co}^{2+}$  ionlari borligi malum va immobillangan reagentga  $\text{Ni}^{2+}$  va  $\text{Co}^{2+}$  ionlari eritmasini solinganida darhol kompleks hosil bo‘lishini kuzatildi. Bu reagentni  $\lambda=450$  nm da  $\text{Ni}^{2+}$  ioniga moyilligini (sezuvchanligi),  $\lambda=420$  nm da  $\text{Co}^{2+}$  ioniga moyilligini (sezuvchanligi) bildiradi.

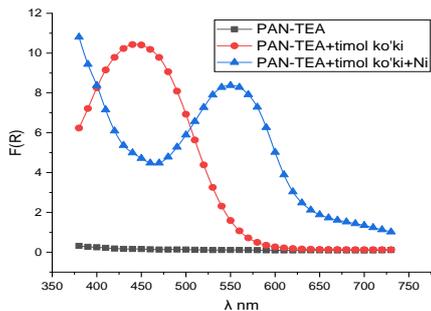
**Nikel (II) va kobalt (II) ionlarini organik reagentlar bilan kompleks hosil qilishga muhitning ta’siri.** Optimal pH ni aniqlashda 1,00 dan 12,00 gacha bo‘lgan sorbsiya darajasi vodorod ionlar konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘lgan grafigi orqali natijalar eksperimental yo‘li bilan topildi. Uning uchun 12 ta byuksga (hajmi 30 ml) 5,00 g sorbentni tushirib, 10 ml nikel (II) va kobalt (II) ionlarini eritmasidan (konsentratsiyasi 10 mkg/ml), 2-6 ml NaOH, HCl,  $\text{HNO}_3$  eritmalaridan qo‘shib umumiy hajmini 10 ml gacha distillangan suv bilan yetkazib, qopqog‘ini yopib aralashtirildi, xona haroratida ( $20 \pm 5$  °C). “Ko‘k lenta” filtri orqali sorbentni filtrlab olib, filtrantni tarkibidagi elementni miqdorini Specord 50 asbobida timol sulfoftaleyin va 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagentlari orqali aniqlandi.



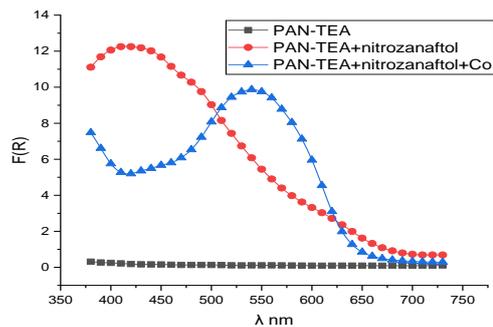
**3-rasm.**  $\text{Ni}^{2+}$  va  $\text{Co}^{2+}$  ionlarini pH bog‘liqligini Spektrofotometr IV-VIS da olingan grafigi (PAN-TEA-1,  $25 \pm 5$  °C,  $\lambda=420$  nm,  $\lambda=450-520$  nm, pH=4-6,  $t_{\min}=20$ )

Rasmdan xulosa qilib nikel (II) ioni uchun pH=6, kobalt (II) ioni uchun pH=4 oralig‘ida eng maksimal analitik signal va sorbsiyalanish darajasi yeng yuqori bo‘lganligi sababli keyingi ishlarda shu muhitdan foydalandik.

Nikel (II) va kobalt (II) ionlari bilan kompleksining nur qaytarish spektrlaridagi o‘zgarishi mos ravishda ya’ni PAN-TEA tolaga immobillangan timol ko‘ki  $\lambda=450$  bilan kompleksi  $\lambda=560$  nm to‘lqin uzunlik sohada, 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota va kobalt (II) ioni bilan kompleks uchun maksimal analitik signalning qiymatlari mos ravishda 420 nm spektri maksimumi hosil bo‘lishi isbotlandi (4 va 5-rasm). Demak olingan natijalardan  $\text{Ni}^{2+}$  uchun kontrastlik  $\Delta\lambda=110$  nm hamda  $\text{Co}^{2+}$  uchun  $\Delta\lambda=130$  nm qiymatlarda bo‘lishi aniqlandi.



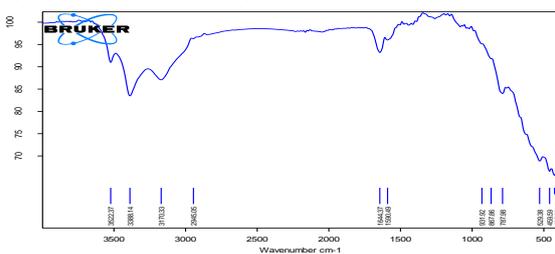
**4-rasm.** Tashuvchi sorbent PAN-TEA, unga immobillangan timol ko'ki va kompleksning nur qaytarish spektrini Kubelka-Munk funksiyasi ifodalanishi.



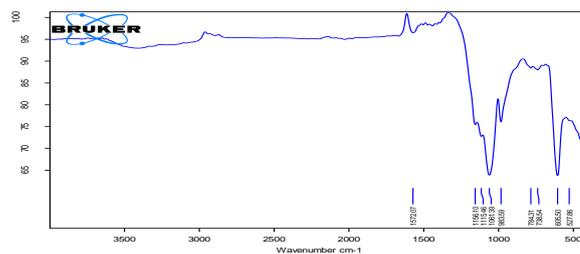
**5-rasm.** Tashuvchi sorbent PAN-TEA, unga immobillangan 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislotasi va kompleksning nur qaytarish spektrini Kubelka-Munk funksiyasi ifodalanishi

Natijalar shuni ko'rsatdiki timol ko'ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo organik reagentini nikel (II) va kobalt (II) ionlarini bilan kompleksining to'liq uzunligi  $\lambda_R=450-520$  nm maksimal darajada optimal optik zichlikka ega ekanligi aniqlandi.

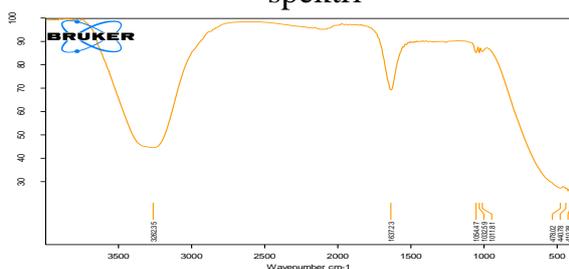
Olingan natijani tasdiqlash maqsadida nikel (II) va kobalt (II) ionlarini timol ko'ki va 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislotasi organik reagenti bilan hosil qilgan kompleksining tuzilish mexanizmini IQ-spektroskopiyada yordamida o'rganildi (6,7,8,9-rasmlar).



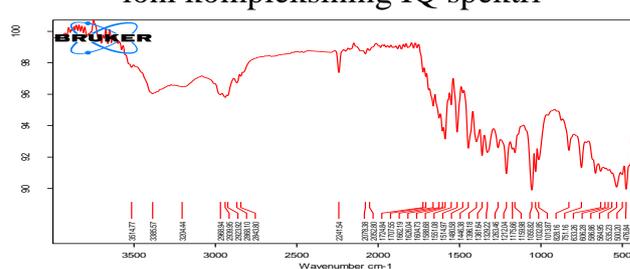
**6-rasm.** Timol ko'ki reagentining IQ spektri



**7-rasm.** Timol ko'ki reagentining nikel (II) ioni kompleksining IQ spektri



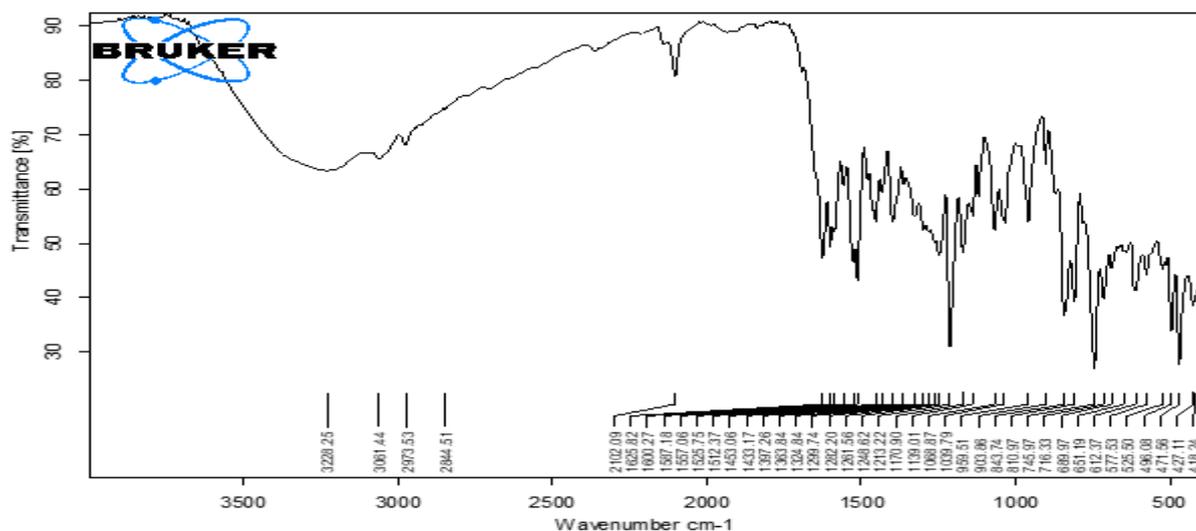
**8-rasm.** 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo reagentining IQ spektri



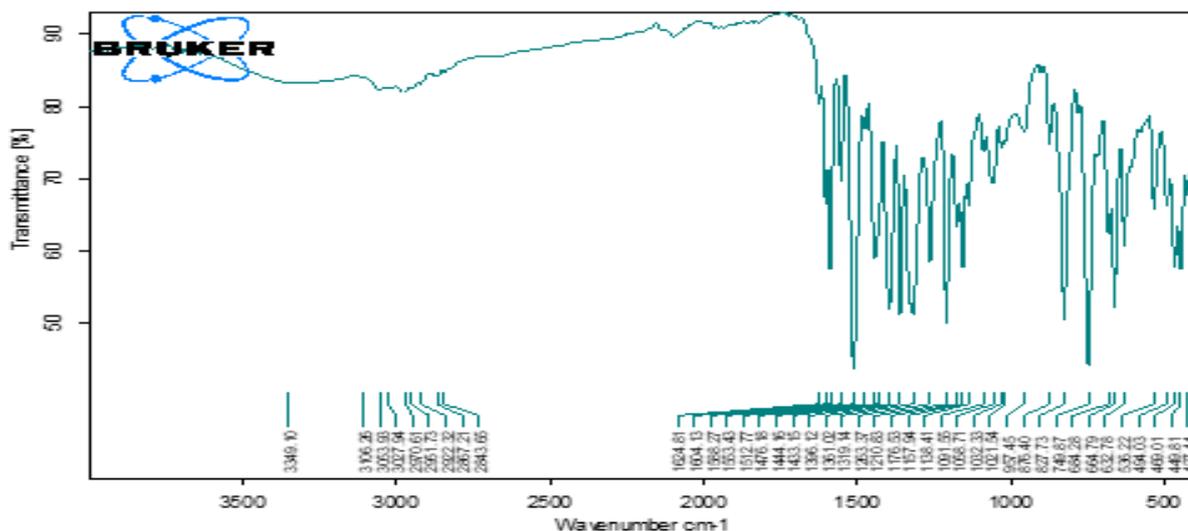
**9-rasm.** 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo reagentining kobalt (II) ioni kompleksining IQ spektri

Kompleksning tuzilishini IQ-spektral o'rganish va kompleks xosil bo'lishining ximizmini o'rganishlar shuni ko'rsatdiki, timol ko'ki reagenti: O-Me-, -N=O, -SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> guruhining sohasi 454,9 sm<sup>-1</sup>, 578,11 sm<sup>-1</sup>, 613,20 sm<sup>-1</sup>, 850,65 sm<sup>-1</sup> soxalarda kompleks hosil qilish intensivligi yuqoriligi aniqlandi va keyingi ishlarda shu reagentdan foydalanildi.

PAN-TEA tolaga immobilizatsiya qilingan timol ko'ki hamda 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislotasi organik reagenti va uning Ni (II) va Co (II) ionlari bilan kompleksining IQ-spektrlari natijalari 10-11-rasmlarda keltirilgan.



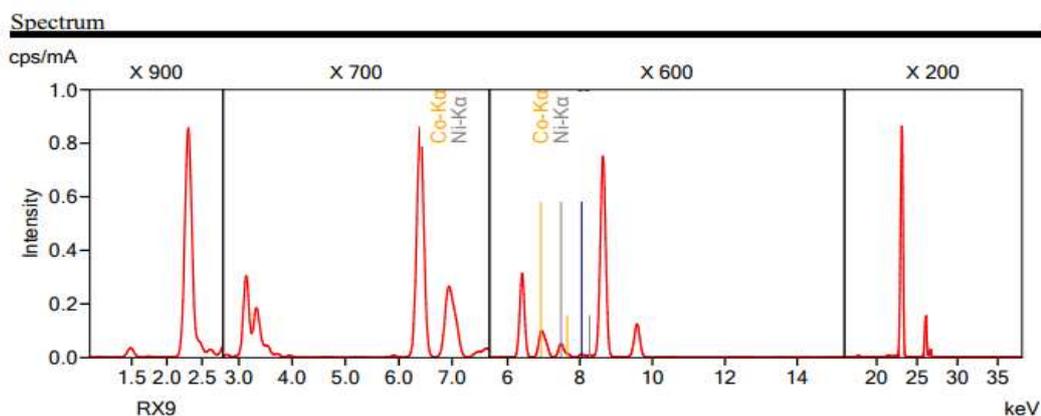
**10-rasm.** Immobilangan PAN-TEA tolaga timoil ko'ki organik reagenti yordamida nikel (II) ionni bilan hosil qilgan kompleksining IQ spektri.



**11-rasm.** Immobilangan PAN-TEA tolaga 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislota organik reagenti yordamida kobalt (II) ionni bilan hosil qilgan kompleksining IQ spektri.

PAN-TEA, tolalarga reagent immobilanishi tolalardagi azot saqlagan birlamchi, ikkilamchi amino guruxlar orqali va reagentdagi sulfoguruxlar bilan ion bo'g' hosil qilishi bilan izohlanadi.

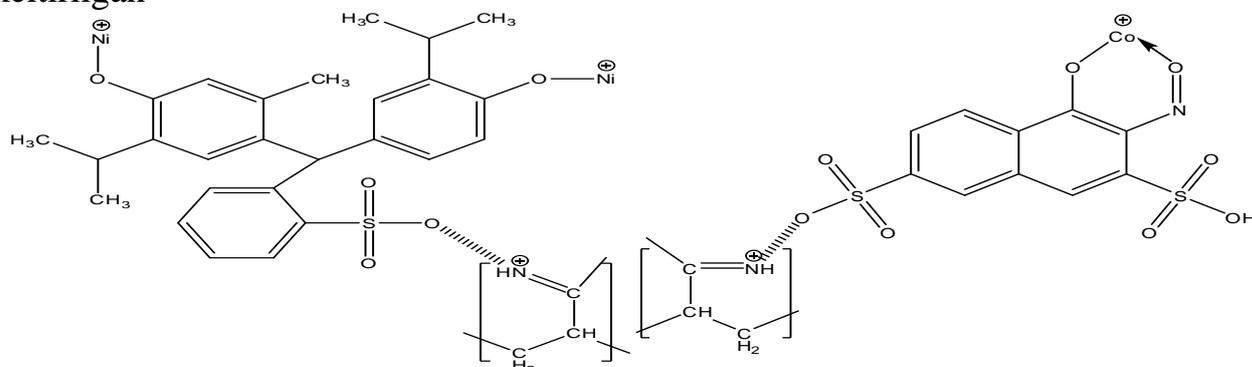
O'rganishlar shunday ma'lumot beradiki aniqlangan spektral chiziqlarning joylashuvi hamda intensivligi standart  $Ni^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlarining spektrlari bilan solishtirilganda yuqori darajada mos keladi. Ushbu natijalar asosida, real namunadagi kobalt elementi ehtimoliy ravishda oksidlangan shaklda yoki kompleks birikma tarkibida mavjud bo'lishi mumkin. Bu esa kobalt ionining namunadagi kimyoviy holati, atrof-muhit bilan o'zaro ta'siri va uning potentsial funksional roli haqida muhim ma'lumotlar beradi. Olingan natijalar 12-13-rasmlarda keltirilgan.



**12-pasm.** Tabiiy obyekt namunasi, PAN-TEA sorbentlarga immobillangan organik reagentlar yordamida nikel (II) va kobalt (II) ionlari kompleksining rentgen-fluoresent spektri natijasi

12-13-rasmda keltirilgan real namuna tarkibida rentgen-fluoresent spektrometriya usuli orqali nikel (II) va kobalt (II) ionining mavjudligi ishonchli tarzda aniqlandi. Tahlil davomida nikel (II) ion uchun  $K\alpha$  (taxminan 7.48 keV),  $K\beta$  (taxminan 8.26 keV) hamda kobalt (II) ioniga xos bo'lgan  $K\alpha$  (~6.93 keV),  $K\beta$  (~7.65 keV) chiziqlari yuqori intensivlikda qayd etilgan bo'lib, bu elementning namuna tarkibida borligini tasdiqlaydi.

Yuqorida keltirilgan kvant-kimyoviy hisoblashlar va fizik-kimyoviy tahlil usullaridan foydalanib, timol ko'kini nikel (II) ion bilan va 2-nitroza 1-naftol 3,6 disulfokislotani kobalt (II) ion bilan hosil qilgan kompleks birikmalarini taxminiy tuzilishini taklif qildik. Kompleks birikmalarni tuzilishi 19-20-rasmlarda keltirilgan



**14-rasm.** PAN-TEA tolasiga immobillamgam timol ko'kini nikel (II) ion bilan hosil qilgan kompleksining taxminiy tuzilishi.

**15-rasm.** PAN-TEA tolasiga immobillamgam 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfokislotani kobalt (II) ion bilan hosil qilgan kompleksining taxminiy tuzilishi.

Dissertatsiyaning “**Real obyektlarda nikel (II) va kobalt (II) ionlarini aniqlash, sanoat va atrof-muhit obyektlarida ularning taqsimlanishini o'rganish, monitoringini olib borishda sorbsion-fotometrik usuldan foydalanish imkoniyatlari tahlil qilindi**” nomli to'rtinchi bo'limida suniy aralashmalar tarkibidan metall ionlarini aniqlash, tahlil jarayonlari tabiiy obyektlar va sanoat texnogen keklari hamda oqova chiqindi suvlari tarkibidagi nikel (II) va kobalt (II) ionlarini aniqlash, Olmaliq shahar va unga yaqin hududlardagi kanallarni

suvi bilan sug'orilgan ekin maydonlari atrofida suvlar tarkibidagi og'ir metallar miqdori monitoringi o'tkazish orqali ishlab chiqilgan sorbsion- fotometrik usulni raqobat bardoshligini baholangan.

Birinchi sun'iy aralashmani tayyorlash uchun 100,0 ml li kolbaga 5,0 mkg Ni<sup>2+</sup>, 10 mkg Zn<sup>2+</sup>, 10 mkg Cr<sup>3+</sup> eritmalaridan va 0,5 ml 3,4·10<sup>-4</sup> M timol ko'ki organik eritmasidan va 5,0 ml universal bufer (pH=6) solindi va belgisigacha distillangan suv bilan to'ldirildi. Tayyorlangan aralashmalar timol ko'ki organik reagenti bilan immobillangan tolasidan o'tkazilgan natijalar 5-jadvalda o'rganildi.

**5-jadval**

Nikel (II) ionini sun'iy eritma tarkibidan aniqlash

№	Usul	Kiritildi, mkg/l	Topildi, mkg/l	S <sub>r</sub>
1	Sorbsion – fotometrik usulda aniqlash	5	4,8 ± 0,6	0,08
		10,0	9,4 ± 0,7	0,08
		20,0	19,8 ± 0,8	0,085
		5,00	5,3 ± 0,6	0,007
		10,0	10,6 ± 0,9	0,007
		20,0	19,2 ± 0,15	0,02

Ikkinchi sun'iy aralashmani tayyorlashda 100,0 ml li kolbaga 10,0 mkg Co<sup>2+</sup>, 1 ml konsentrasiyasi 1000 mkg/ml K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, 1 ml konsentrasiyasi 50 mkg/ml Ni<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup> ionlaridan, 5,0 ml qoplovchi aralashmadan (F<sup>-</sup> 1:100, CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> 1:100) 10,0 ml universal buferdan pH=4,0 solindi va belgisigacha distillangan suv quyildi. Tayyorlangan aralashma 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagentiga immobillangan tolasidan o'tkazilgan va nur yutish spektrlari o'lchandi va olingan natijalar 6-jadvalda ko'rsatilgan.

**6-jadval**

Kobalt (II) ionini sun'iy eritma tarkibidan aniqlash

№	Usul	Kiritilgan Co <sup>2+</sup> ionini, mkg/ml	Topilgan Co <sup>2+</sup> ionini, mkg/ml ( $\bar{x} \pm \Delta X$ )	S <sub>r</sub>
1	Sorbsion – fotometrik usulda aniqlash	10,00	9,92±0,11	0,025
2		10,00	10,19±0,10	0,021
3		5,00	5,1±0,10	0,025

Olingan tahlil natijalarida nisbiy standart chetlanish qiymati 0.85 dan oshmadi, bu natijalarni to'g'ri va qayta takrorlanuvchanligidan dalolat beradi hamda ishlab chiqilgan usulni murakkab model aralashmalat tahliliga qo'llash mumkin.

Tahlil jarayonlari tabiiy obyekt bo'lgan vodoprovod, oqava va sanoat texnogen suvlarida qo'llanildi. Sanoat texnogen suv (1 dm<sup>3</sup>) uchun 10 sm<sup>3</sup> standart kobalt (II) va nikel (II) eritmasi (100 mkg/sm<sup>3</sup>) qo'shildi va sorbsiya statik rejimda amalga oshirildi. Sorbsiya 10 davom etgan, polimer og'irligi 0,2 g. Desorbsiya 5 sm<sup>3</sup> 0,5 M HNO<sub>3</sub> o'tkazilib, eritma 100 sm<sup>3</sup> hajmli kolbaga o'tkazilgan va nikel (II) bilan xloroformda ekstraksiya-fotometrik yo'l bilan reaksiya 4 sm<sup>3</sup> alikvot olish orqali aniqlangan. Sanoat chiqindi texnologik suvlaridan tahlil qilish uchun Olmaliq KMK texnogen suvlaridan namuna olindi, muallaq moddalardan filtrlendi va pH qiymati o'lchandi, olingan natijalar 7-8-jadvalda keltirilgan.

**7-jadval**

Real obyektlar tarkibida nikel (II) ionlarini ishlab chiqilgan sorbsion-fotometrik usulda aniqlash natijalari (n=5; 0,95)

No	Kiritildi mg/l	Topildi mg/l		S	S <sub>r</sub>
Olmaliq shaxri texnologik chiqindi suvi					
1	1,00	1,281	1,301±0,02	0,017	0,037
2		1,279			
3		1,317			
4		1,293			
5		1,309			
Olmaliq kon-metallurgiya kombinati Rux zavodining texnologik chiqindi suvi					
1	1,00	1,456	1,431±0,042	0,032	0,022
2		1,398			
3		1,43			
4		1,401			
5		1,461			

Ni<sup>2+</sup> ionini tabiiy obyekt tuproq tarkibidan aniqlash uchun Olmaliq shaxri texnologik chiqindi suvlari namunalaridan olib foydalanildi.

**8-jadval**

Real obyektlar tarkibida kobalt (II) ionlarini ishlab chiqilgan sorbsion-fotometrik usulda aniqlash natijalari (n=5; 0,95)

No	Kiritildi mg/l	Topildi mg/l		S	S <sub>r</sub>
“Olmaliq shaxri texnologik chiqindi” suvi					
1	1,00	1,310	1,324±0,014	0,011	0,035
2		1,320			
3		1,330			
4		1,340			
5		1,320			
“Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” Rux zavodining texnologik chiqindi suvi					
1	1,00	1,56	1,62±0,05	0,045	0,028
2		1,63			
3		1,59			
4		1,62			
5		1,68			

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, kobalt (II) va nikel (II) ionini tarkibida RECHM dan ko‘p emas ekanligi tajriba usuli orqali o‘rganildi.

Toshkent viloyat boshqarmasi Olmaliq shahar sanitariya-epidemiologik osoyishtalik va jamoat salomatligi qo‘mitasida sanitariya-gigiyena me‘yorlari uzoq vaqt davomida atrof-muhit obyektlarini sifatining nazorat qilish orqali amalga oshiriladi. Natijalar 9-10-jadvallarda aks etgan.

**9-jadval**

Nikel (II) ionini timoil ko'ki reagenti yordamida tabiiy suvlarda qo'shimcha qo'shish orqali aniqlash natijalari (PAN-TEA,  $t = 25 \pm 5$  °C,  $\lambda_R=560$  nm, pH=6)

№	Obyektlar	Ni <sup>2+</sup>			
		DavST usul*		Ishlab chiqilgan usul	
		%	Sr	%	Sr
1	Olmalıq	4,70	0,0256	4,35	0,0271
2	Ohongaron	3,70	0,0128	3,88	0,0125
3	Piskent	1,60	0,0049	1,40	0,0042
4	Bo'ka	0,30	0,0007	0,25	0,0008

**10-jadval**

Kobalt (II) ionini 2-nitroza 1-naftol 3,6-disulfo kislota organik reagenti yordamida tabiiy suvlarda qo'shimcha qo'shish orqali aniqlash natijalari (PAN-TEA,  $t = 25 \pm 5$  °C,  $\lambda_R=550$ nm, pH=4)

№	Obyektlar	Co <sup>2+</sup>			
		DavST usul*		Ishlab chiqilgan usul	
		%	Sr	%	Sr
1	Olmalıq	4,30	0,0048	4,25	0,0049
2	Ohongaron	2,70	0,0032	2,60	0,0030
3	Piskent	1,25	0,0022	1,27	0,0021
4	Bo'ka	0,60	0,0015	0,71	0,0012

9 va 10-jadvallardan ko'rinib ishlab chiqilgan usul tahlil natijalariga ko'ra oqava va tabiiy suvlarni Olmalıq shahar Sanitariya-epidemiologik osoyishtalik va jamoat salomatligi qo'mitasida talablariga javob beradi va shu metallar mavjud bo'lgan turli obyektlarga nisbatan qo'llanilishi va monitoring o'tkazilishi mumkin.

**11-jadval**

Toshkent viloyati hududlar kesimida nikel (II) va kobalt (II) ionlari bilan ifloslanish monitoring natijalari

№	Toshkent viloyati Olmalıq shahri yaqin hududlari	2024 yil mart		2024 yil iyun		2024 yil dekabr	
		Ni	Co	Ni	Co	Ni	Co
1	Sanoat zonasi	0,08	0,98	0,01	0,032	0,02	0,36
2	Yangiobob MFY	0,2	0,11	0,030	0,007	0,032	0,015
3	Mustaqillik ko'chasi	0,29	0,36	0,004	-	0,22	0,17
4	Ravnaq ko'chasi	0,05	0,017	0,0005	-	0,012	0,001
5	Namuna MFY	0,05	0,01	-	-	0,025	0,009
6	Qiziloy MFY	-	0,05	-	-	0,008	0,0032
7	Oydin xayot ko'chasi	0,14	0,24	0,008	0,072	0,07	0,156

11-jadval ma'lumotlaridan aniq bo'ldiki, o'tkazilgan monitoring natijalariga ko'ra Toshkent viloyati hududlaridagi oqava suvlarda nikel (II) va kobalt (II) ionlari bilan ifloslanish darajasi RECHM dan oshib ketmaganligi ma'lum bo'ldi. Bu esa Olmalıq shaharida «Ammofos-Maksam» AJ, «OKMK» AJ va «JURABEK LABORATORIES» ishlab chiqarish korxonalarining shahar yaqinida joylashganligi urbanizatsiya jarayonining sezilarli darajada tasiri atroflicha muhokama qilindi.

## XULOSA

1. Immobillangan timol ko'ki va 2-nitrozo-1-naftol nikel va kobalt (II) ionlari uchun analitik reagentlar sifatida taklif etildi.

2. Nikel (II) va kobalt (II) ionlarini immobillangan organik reagentlar yordamida aniqlashning optimal sharoitlari  $\text{pH}=4-6$  muhitlar tavsiya qilindi. Organik reagentlarni tolali sorbentga immobillashda OH,  $-\text{SO}_3\text{H}$  guruhlar orqali, metall ionlari bilan kompleks hosil bo'lishida esa  $-\text{OH}$  va  $-\text{NO}_2$  guruxlar ishtirok etishi isbotlandi va IQ-spektroskopik usullari yordamida aniqlandi.

3. Nikel (II) va kobalt (II) ionlarini suvli erimalardan sorbsion konsentrlashning optimal sharoitlari aniqlandi:  $R_1$  uchun  $3,0 - 5,0$ ,  $R_2$   $3,5 - 5,5$  va  $R_3$   $3,0 - 6,0$   $\text{pH}$  ko'rsatkichlarida batamom immobillanish kuzatildi, hamda reagenlarning metall ionlari bilan kompleks hosil bo'lishida vaqtga bog'liqligi mis ioni uchun 15 minut, nikel (II) va kobalt (II) ionlari uchun 11-12 daqiqa ekanligi nur yutish va nur qaytarish spektrlari orqali aniqlandi, optimal bufer eritma sifatida  $\text{pH}=4,0 - 6$  muhitda bo'lgan universal bufer tanlandi.

4. Nikel (II) va kobalt (II) ionlarini immobillangan reagentlar bilan aniqlashning sorbsion-fotometrik usullari ishlab chiqildi, olingan tajriba natijalarini amaliyotda keng qo'llaniladigan kimyoviy, fizik-kimyoviy usullar bilan taqqoslash orqali usulning ishonchliligi isbotlandi.

5. Ishlab chiqilgan usul real ob'ektlardan "Olmaliq KMK" AJ Rux zavodining analitik markaziy laboratoriyasida nikel (II) va kobalt (II) ionlarini texnologik chiqindi suvlari tarkibidan aniqlash sinovidan o'tdi va amaliyotga qo'llashga tavsiya etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc03/7.06. 2024.К/Т.03.07 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ ИСЛАМА КАРИМОВА**  
**АЛМАЛЫКСКИЙ ФИЛИАЛ ТАШКЕНТСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ  
ИСЛАМА КАРИМОВА**

**ДЖУРАЕВ ФАРХАД ХОЛМУРАДОВИЧ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ И КОБАЛЬТА В СОСТАВЕ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ АО «АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК» С  
ПРИМЕНЕНИЕМ СОРБЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА**

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

**Автореферат  
диссертации доктора философии (PhD) по химии**

**Ташкент – 2025**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2024.4.PhD/K907.**

Диссертация была выполнена в Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова.

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

<b>Научный руководитель:</b>	<b>Мирзахмедов Рустамджон Мирхамидович</b> доктор философии (PhD) по техническим наукам, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Мухамедов Кабильджан Гафурович</b> доктор технических наук, профессор
	<b>Файзиев Джахонгир Бахрамович</b> кандидат технических наук, старший научный сотрудник
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Термезский государственный университет</b>

Защита диссертации состоится « 06 » \_ноября\_ 2025 г. в « 09:00 » часов на заседании Ученого совета DSc.16/30.12.2019.К/Т.87.01 при Ташкентском научно-исследовательском институте химической технологии по адресу: 111116, Ташкентская область, Ташкентский р.-н, ул. Шурабазар, тел: (+99895) 144-67-83, e-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz)

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Ташкентского научно-исследовательского института химической технологии за № \_2025/29\_, с которой можно ознакомиться в ИРЦ (111116, Ташкентская область, Ташкентский р.-н, п.о.Шурабазар, тел: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ooo\\_tniixt@mail.ru](mailto:ooo_tniixt@mail.ru) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz))

Автореферат диссертации разослан «\_16\_» октября 2025 года.

(протокол рассылки № \_2025/29\_ от «\_16\_» октября 2025 г.).

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

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

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

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В последние годы в мире наблюдается рост спроса на технологии извлечения некоторых металлов группы d из вторичного сырья, что обусловлено возросшей потребностью в этих металлах. В связи с этим в мире уделяется большое внимание совершенствованию пирометаллургических и гидрометаллургических методов, разработке экспресс-методов переработки минерального сырья и руд, полному извлечению содержащихся в них металлов никеля и кобальта, резкому увеличению производственных мощностей, а также оптимизации малоотходных и безотходных технологий.

В мире ведутся многочисленные научные исследования, направленные на переработку техногенных отходов, образующихся в результате деятельности промышленных предприятий, а также на очистку сточных вод от ионов металлов с использованием различных природных и синтетических сорбентов и органических реагентов. В этом направлении особое значение имеет извлечение чистых металлов из состава техногенных отходов промышленных предприятий, определение их качественного и количественного состава, а также технологических параметров протекания процессов, что позволяет обосновать экологическую чистоту и экономическую эффективность извлечения ионов металлов из сточных техногенных вод гидрометаллургической и пирометаллургической промышленности.

В республике наряду с повышением эффективности экологически безопасного извлечения необходимых ионов металлов достигаются определённые результаты по внедрению инновационных технологий по переработке местного сырья и вторичных продуктов промышленных предприятий. В Стратегии развития Республики Узбекистан предусмотрены задачи по «выведению промышленности на качественно новый уровень, углублённой переработке местного сырья, ускорению производства готовой продукции, освоению и совершенствованию технологий получения новых видов продукции». В этом контексте особое значение имеет получение синтетических материалов из местного сырья и их эффективное использование для решения различных экологических проблем, создание новых сорбционно-спектроскопических материалов с улучшенными свойствами, а также разработка новых экспрессных, высокочувствительных и селективных методов анализа.

Настоящее диссертационное исследование в определённой степени способствует реализации задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 31 мая 2023 года № ПФ-81 «О мерах по трансформации системы экологии и охраны окружающей среды и организации деятельности уполномоченного государственного органа», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 30 января 2025 года № ПҚ-16 «О Государственной программе по реализации стратегии “Узбекистан – 2030” в году охраны окружающей среды и “зелёной

экономики»), а также другими нормативно-правовыми актами, относящимися к данной сфере деятельности.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Настоящее исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением VII — «Химия, химические технологии и нанотехнологии» развития науки и технологий Республики.

**Степень изученности проблемы.** С использованием гидрометаллургических и пирометаллургических методов, а также применения иммобилизованных органических реагентов для определения тяжёлых металлов и выделения ценных элементов в промышленности за рубежом были проведены значительные научные исследования, Н.В. Гудимы внёс существенный вклад в область металлургии, особенно в разработку технологий выделения цветных металлов, таких как медь, серебро и платина. К.Ф. Раммельсберг изучал взаимодействие циановой кислоты с кадмием и никелем, а также методы их выделения. Б.Б. Конрад, Л. Роберт исследовали процессы селективного осаждения никеля из аммонийных растворов, полученных при переработке руд, практически без примесей кобальта. Б. Цветко, Г. Николич и С. Роберт разработали методы разделения никеля и кобальта в соотношении до 2000:1, описав способы выделения ионов Ni (II) и Co (II). Кроме того, в этой области известны работы Я.П. Шейна, А.Н. Зеликмана, Б.Г. Коршунова, В.В. Мечева, В.П. Бистрова, А.Н. Касаткина, С.С. Набойченко, М.И. Булатова, К. Бенуэля, Ю.А. Золотова. В Республике Узбекистан исследования по данной тематике проводились учёными У.З. Шарафутдиновым, М.А. Курбановым, К.С. Санакуловым, О.Ф. Петуховым, Б.Ф. Мухиддиновым, А.А. Саидахмедовым, А.П. Виноградовым, И.В. Петряновым, Б.Н. Ласкориним, Н.Н. Семёновым, М.М. Якубовым, А.А. Юсупходжаевым и другими.

В данных исследованиях приведены рекомендации по разработке методов выделения ионов некоторых тяжёлых металлов, относящихся к d-группе, из сточных вод в промышленных масштабах. В настоящее время на основе указанных методов проводятся научные исследования по изучению состава металлов или их соединений, извлекаемых из рудной продукции с использованием гидрометаллургических и пирометаллургических процессов, обладающих высокой чувствительностью и селективностью, а также по предотвращению негативного воздействия на окружающую среду, обусловленного избыточным содержанием посторонних ионов в составе промышленных отходов.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими планами высшего образовательного учреждения, в котором она выполнена.** Диссертационная работа выполнена в рамках плана научно-исследовательских работ Алмалыкского филиала Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова по фундаментальным и прикладным проектам, финансируемым из государственного бюджета, по теме № AL-6022012291 «Создание технологии комплексной переработки окисленных медных руд»

**Целью исследования** является разработка экспрессных сорбционно-фотометрических методов определения ионов никеля (II) и кобальта (II) в составе промышленных полупродуктов (кеков, сточных технологических вод) с целью снижения воздействия вредных факторов металлургической отрасли на окружающую среду.

**Задачи исследования:**

полный перевод в раствор ионов никеля (II) и кобальта (II), содержащихся в продуктах переработки полезных ископаемых, посредством процесса выборочного выщелачивания;

определение оптимальных условий комплексообразования ионов никеля (II) и кобальта (II) с органическими реагентами — тимоловым синим и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислотой;

повышение метрологических характеристик за счёт определения степени иммобилизации органических реагентов (тимолового синего и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты) на различных типах сорбентов и установление оптимальных условий метода;

разработка сорбционно-фотометрического метода с высокой чувствительностью и селективностью для определения ионов никеля (II) и кобальта (II);

применение разработанного сорбционно-фотометрического метода к реальным объектам (промышленные кеки и технологические сточные воды);

разработка технологической схемы и оценка экономической эффективности получения ионов никеля (II) и кобальта (II).

**Объект исследования** в качестве объекта исследования выбраны никель-кобальтовый кек (Cd – 2,5–8 %, Co – 3,5–6,5 %, Cu – 3,5–10 %, Ni – 2,5–4,6 %, Zn – 36–45 %, Sb – 0,1–0,15 %), цинковый кек (Zn\_общий\_ – менее 21 %, Co – не более 0,0242 %), медный кек (Cu – не более 30 %, Co – не более 0,0167 %), образующиеся в процессе гидрометаллургической и пирометаллургической переработки на АО «Алмалыкский ГМК», а также технологические сточные воды, сорбенты ПАН-ТЭА, ПАН, КУ-2-8 (зарубежного производства), органические реагенты тимоловый синий и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота.

**Предметом исследования** предметом исследования является разработка сорбционно-фотометрического метода определения ионов никеля (II) и кобальта (II) в никель-кобальтовом, цинковом, медном кеках, отходах обогащения вольфрама и молибдена, а также в технологических сточных водах цинкового завода, и создание технологии извлечения ионов металлов никеля и кобальта.

**Методы исследования.** В диссертационной работе для определения ионов никеля (II) и кобальта (II) использованы методы спектрофотометрии, фотометрии, отражательной спектроскопии, атомно-абсорбционной спектроскопии, электрохимические методы (полярография, ионометрия, потенциометрия), а также статистические методы для обработки полученных данных. Кроме того, применялись методы элементного анализа, ИК-

спектроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа, СЭМ-анализа, а также результаты квантово-химических расчетов.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

выбраны оптимальные условия повышения концентрации ионов никеля (II) и кобальта (II) в растворе путем осаждения мешающих металлов выщелачиванием ионов никеля (II) и кобальта (II);

определены условия комплексообразования органических реагентов тимолового синего и 2-нитрозы 1-нафтола 3,6 дисульфокислоты с ионами металлов никеля (II) и кобальта (II);

тимоловый синий и 2-нитрозо-1-нафтол, иммобилизованные на волокне PAN-TEA, использовались для определения ионов никеля (II) и кобальта (II). Оптимальными условиями комплексообразования ионов никеля (II) и кобальта (II) с органическими реагентами – 3,6-дисульфокислотами — были выбраны: pH = 3–6,2, температура  $25 \pm 5$  °C, длины волн  $\lambda \text{Ni}^{2+} = 560$  нм,  $\lambda \text{Co}^{2+} = 550$  нм.

путем оценки аналитических и метрологических параметров сорбционно-фотометрического метода научно обосновано, что предел определения количества ионов никеля (II) и кобальта (II) увеличивается в 20 раз по сравнению с иммобилизованным раствором;

разработана технология применения сорбционно-фотометрического метода определения ионов никеля (II) и кобальта (II) при анализе кеков, сточных технологических вод и природных объектов горно-металлургических предприятий.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

путем осаждения мешающих ионов металлов — цинка (II), меди (II), кадмия (II), железа (II) и других — из состава промышленных отходов (кеков) и технологических вод, содержащих ионы никеля (II) и кобальта (II), достигнуто увеличение концентрации иона никеля (II) до 76,9 %, а иона кобальта (II) — до 91,4 %;

предложенный исследовательский метод применён в химической лаборатории «Кадмиевого цеха» цинкового завода АО «Алмалыкский ГМК», а также для определения ионов никеля (II) и кобальта (II) в объектах окружающей среды и технологических отходах.

на основе иммобилизации органических реагентов тимолового синего и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты разработан сорбционно-фотометрический метод определения ионов никеля (II) и кобальта (II) в составе объектов окружающей среды, промышленных кеков, а также сточных технологических вод.

разработана схема извлечения и экономическая эффективность сорбционно-фотометрического метода определения ионов никеля (II) и кобальта (II).

**Достоверность результатов исследования** подтверждается тем, что полученные данные были обработаны методами математической статистики с применением методов добавок и находок, а также сопоставлены с результатами анализа объектов окружающей среды, отходов пирометаллургии

и гидрометаллургии горно-металлургических предприятий и стандартных образцов по ГОСТ.

#### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования заключается в доведении, концентрации ионов никеля (II) до 76,9%, концентрации ионов кобальта (II) до 91,4%, методом концентрирования. Достоверность результатов исследования объясняется использованием специальных растворителей, предназначенных для увеличения извлечения ионов металлов, а также установлением значительного снижения содержания ионов металлов в объектах окружающей среды, изучением их физико-химических и механических свойств, возможностью переработки вторичного сырья сорбционно-фотометрическим методом.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке экологически и экономически эффективных технологий переработки пиromеталлургических и гидрометаллургических промышленных кеков и сточных вод, применяемых на цинковом заводе, улучшении метрологических и аналитических показателей иммобилизованных органических реагентов тимолового синего и 2-нитрозы 1-нафтола-3,6 дисульфокислоты, переработке промышленных отходов, комплексному использованию ресурсов, снижению негативного воздействия на окружающую среду, определению микроколичеств ионов никеля (II) и кобальта (II).

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов разработки сорбционно-фотометрического метода определения ионов никеля (II) и кобальта (II) путём их избирательного растворения и устранения мешающих ионов металлов:

сорбционно-фотометрический метод разделения ионов никеля (II) и кобальта (II) с использованием иммобилизованных органических реагентов внедрен в химическую лабораторию “Кадмиевый цех” цинкового завода АО “Алмалыкский ГМК” (справка АО “Алмалыкский горно-металлургический комбинат” № 12-24/01-01694 от 16 декабря 2024 г.). В результате удалось выделить ионы никеля (II) и кобальта (II) из состава промышленного кека;

сорбционно-фотометрический метод определения ионов никеля (II) и кобальта (II) внедрён в лабораторной практике Комитета санитарно-эпидемиологического благополучия и общественного здоровья города Алмалыка (Справка Комитета санитарно-эпидемиологического благополучия и общественного здоровья г. Алмалыка № 03/487 от 5 декабря 2024 г.). В результате обеспечена возможность оперативного определения содержания ионов тяжёлых металлов в объектах окружающей среды.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 8 научно-практических конференциях, в том числе на 2 международных и 6 республиканских.

#### **Публикация результатов исследования.**

По теме диссертации опубликовано всего 7 научных работ, из них 4 статьи – в республиканских и 3 статьи – в международных журналах,

рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание учёной степени доктора философии (PhD).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 111 страниц.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во введении обоснованы актуальность и необходимость темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, приведены объекты и предметы исследования, отражено соответствие работы приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан, изложены её научная новизна и практические результаты, обоснована достоверность полученных данных, раскрыто теоретическое и практическое значение работы, сформулированы выводы о перспективах внедрения результатов исследования в практику, а также приведены сведения о количестве опубликованных научных трудов и структуре диссертации.

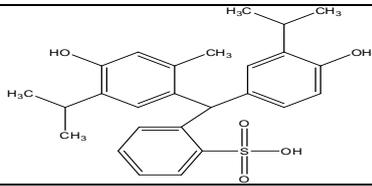
В первой главе диссертации, озаглавленной **“Аналитические методы определения ионов никеля (II) и кобальта (II) и их значение в природе”**, представлен обзор литературы, посвящённый промышленному значению ионов никеля (II) и кобальта (II) и методам их определения. Рассмотрено использование ионов никеля (II) и кобальта (II) в промышленном масштабе, их воздействие на окружающую среду в составе отходов, а также указаны дополнительные источники получения никеля (II) и кобальта (II) из промышленных отходов. В обзоре литературы приведены методы определения ионов металлов, включая спектроскопические, фотометрические и спектрофотометрические, сорбционно-спектроскопические, экстракционно-спектрофотометрические методы, а также спектрофотометрическое определение с применением органических реагентов, процессы ионного обмена при избирательном выщелачивании ионов никеля и кобальта, электрохимические, классические и другие методы анализа комплексов ионов никеля (II) и кобальта (II).

Во второй главе диссертации, озаглавленной **“Приборы, оборудование, методы подготовки реактивов, выбор волокнистых сорбентов и органических реагентов для иммобилизации”**, приведены сведения о современных аналитических методах эффективного выделения и концентрирования ионов никеля (II) и кобальта (II) из водных растворов, выбранных объектов, а также об оптимальном подборе носителей для органических реагентов тимолового синего и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты, используемых для определения данных ионов. Представлено описание используемых приборов, оборудования, методов подготовки реактивов, соответствующих всем необходимым требованиям, а также вспомогательных устройств, применяемых для изучения ценных химических и аналитических свойств выбранных реагентов. В работе приведены структурные формулы и обозначения предложенных реагентов, а также результаты расчётов, выполненных с использованием квантово-

химических и методов математической статистической обработки, представленные в таблицах 1–2.

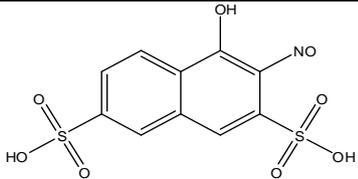
**Таблица 1**

Структурная формула и обозначение органического реагента для иона никеля (II)

№	Тимоловый синий	
1	Формула структуры	
2	Формула брутто	$C_{27}H_{30}O_5S$
3	Квантово-химическая формула по программе Gauss wiew	
4	Наименование по систематической номенклатуре	Тимоловый синий

**Таблица 2**

Структурная формула и обозначение органического реагента для иона кобальта (II)

№	$\beta$ -нитрозо- $\alpha$ -нафтол-3,6-дисульфокислота	
1	Формула структуры	
2	Формула брутто	$C_{10}H_7NS_2O_8$
3	Квантово-химическая формула по программе Gauss wiew	
4	Наименование по систематической номенклатуре	2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота

В данном разделе также изложены методы определения состава вещества, выбора оптимального носителя, приготовления рабочих растворов тимолового синего и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота, а также ионов  $Ni^{2+}$  и  $Co^{2+}$ . На основании полученных результатов разработан сорбционно-фотометрический метод селективного извлечения ионов никеля (II) и кобальта (II) из состава промышленных полупродуктов (кеков, сточных вод), в частности никель-кобальтового кека ( $Cd$  — 2,5–8 %,  $Co$  — 3,5–6,5 %,  $Cu$  — 3,5–10 %,  $Ni$  — 2,5–4,6 %,  $Zn$  — 36–45 %,  $Sb$  — 0,1–0,15 %). Приведены механизмы протекания соответствующих реакций.

В третьей главе диссертации, озаглавленной **“Изучение оптимальных условий комплексообразования ионов никеля (II) и кобальта (II) с использованием реагентов тимоловый синий и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота, иммобилизованных на волокне”**, рассмотрены процессы иммобилизации реагентов на волокно, зависимость степени иммобилизации органических реагентов тимоловый синий и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота на волокнистый сорбент от времени, а также оптимальные

условия комплексообразования ионов  $Ni^{2+}$  и  $Co^{2+}$  с указанными органическими реагентами. Приведены спектральные характеристики полученных комплексов, результаты исследований комплексов, образованных ионами  $Ni^{2+}$  и  $Co^{2+}$  с иммобилизованными реагентами на волокне PAN-TEA, с использованием ИК-спектроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа, сканирующей электронной микроскопии (SEM), а также определены оптимальные условия их образования.

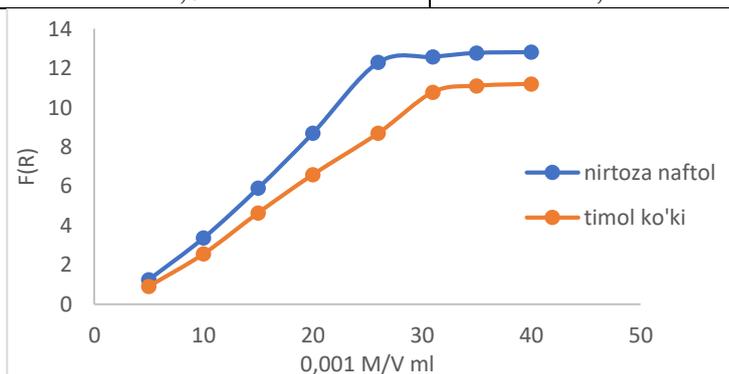
В стаканы объёмом 50 мл помещали по 20 мл раствора органического реагента тимоловый синий различной концентрации и по 0,200 г сорбента PAN-TEA, после чего в течение 20 минут наблюдали процесс сорбции. Параллельные эксперименты проводили также для иммобилизации 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты. Для этого в стаканы объёмом 50 мл помещали по 20 мл раствора органического реагента 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота различной концентрации и по 0,200 г сорбента PAN-TEA, выдерживая процесс сорбции в течение 20 минут. Полученные результаты измеряли с использованием спектрофотометрии отражённого света. Экспериментальные данные приведены в таблице 3 и на рисунке 1.

**Таблица 3**

Зависимость иммобилизации на волокно PAN-TEA от концентрации реагента (PAN-TEA,  $25 \pm 5$  °C,  $\lambda = 420_{nm}$ ,  $\lambda = 450_{nm}$ , pH=4-6,  $t_{min}=20$ )

Концентрация реагента, М	F (R) 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота	F (R), тимоловый синий
$5 \cdot 10^{-5}$	1,26	0,92
$1,0 \cdot 10^{-4}$	3,38	2,57
$1,5 \cdot 10^{-4}$	5,91	4,65
$2,0 \cdot 10^{-4}$	8,7	6,59
$2,5 \cdot 10^{-4}$	12,3	8,7
$3,0 \cdot 10^{-4}$	12,58	10,78
$3,5 \cdot 10^{-4}$	12,78	11,1
$4,0 \cdot 10^{-4}$	12,82	11,2

**Рисунок 1.** График зависимости иммобилизации органических реагентов тимолового синего и 2-нитрозо-1-нафтола-3,6-дисульфокислоты от их концентрации. (PAN-TEA,  $25 \pm 5$  °C,  $\lambda = 420_{nm}$ ,  $\lambda = 450_{nm}$ , pH=4-6,  $t_{min}=20$ )



Согласно данным таблицы 3 и рисунка 1, для полной иммобилизации тимолсульфоталеина на 0,200 г PAN-TEA требуется концентрация  $3,0 \cdot 10^{-4}$  М, а для полной иммобилизации 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты  $2,5 \cdot 10^{-4}$  М. Спектроскопические характеристики иммобилизации органических реагентов тимолсульфоталеина и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты на волокнистом сорбенте изучены в различные промежутки времени. Полученные результаты приведены в таблице 4 и на рисунке 2.

Таблица 4

Зависимость иммобилизации на волокне ПАН-ТЭА от времени.  
(ПАН-ТЕА,  $25 \pm 5$  °С,  $\lambda_R=420$ ,  $\lambda_R=450$ ,)

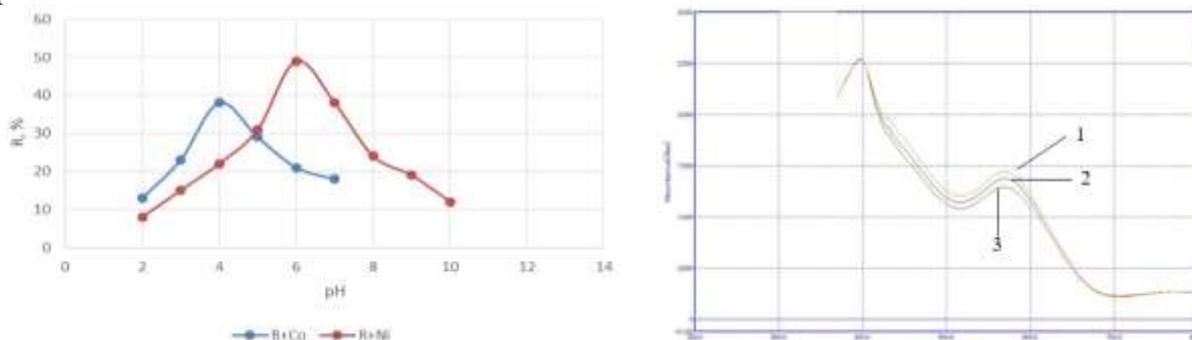
№ время, мин	1	3	5	7	9	11	13	15	19	21	25
2-нитрозу 1-нафтол 3,6 дисульфокислоту	1,2	3,6	5,7	8,0	9,6	11,6	12,2	12,3	12,3	12,5	12,7
Тимоловый синий	0,7	2,4	4,2	6,1	7,2	8,7	9,7	10,5	11,2	11,2	11,4



**Рисунок 2.** Получен график зависимости оптической плотности от времени в процессе иммобилизации Sf IV-VIS А, В ( $l=1$ , ПАН-ТЕА,  $25 \pm 5$  °С,  $\lambda_R=620_{\text{нм}}$ )

Таким образом, для полной иммобилизации органического реагента тимолсульфоталеина на волокне ПАН-ТЕА требуется 17 минут, а для полной иммобилизации органического реагента 2-нитрозо-1-нафтол-3,6 дисульфокислоты -13 минут. Для изучения влияния времени на образование комплекса были приготовлены несколько растворов, каждый из которых содержал по 0,5 г ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ . При добавлении растворов ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  к иммобилизованному реагенту было зафиксировано мгновенное образование комплексов. Это указывает на чувствительность реагента к ионам  $\text{Ni}^{2+}$  при длине волны  $\lambda = 450$  нм и к ионам  $\text{Co}^{2+}$  при  $\lambda = 420$  нм.

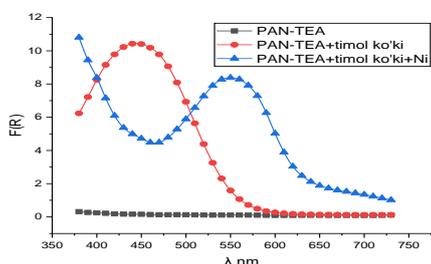
Влияние среды на образование комплексов ионов никеля (II) и кобальта (II) с органическими реагентами изучено экспериментальным путем по графику зависимости степени сорбции от концентрации ионов водорода в интервале pH от 1,00 до 12,00. Для этого в 12 бюксах (объемом 30 мл) помещали по 5,00 г сорбента, добавляли по 10 мл раствора ионов никеля (II) и кобальта (II) с концентрацией 10 мкг/мл, а также по 2–6 мл растворов NaOH, HCl, HNO<sub>3</sub>, доводя общий объем до 10 мл дистиллированной водой. Смеси перемешивали при комнатной температуре ( $20 \pm 5$  °С), плотно закрыв крышками.



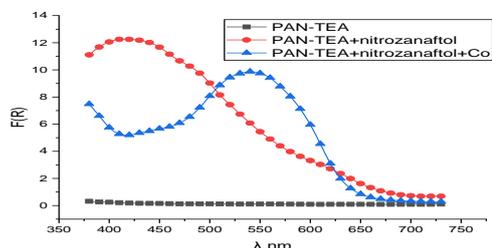
**Рисунок 3.** График зависимости ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  от pH, полученный с использованием спектрофотометра UV-VIS. (ПАН-ТЕА -1,  $25 \pm 5$  °С,  $\lambda=420_{\text{нм}}$ ,  $\lambda=450-520_{\text{нм}}$ , pH=4-6,  $t_{\text{мин}}=20$ )

Анализируя полученное изображение, можно сделать вывод, что для иона никеля (II) максимальный аналитический сигнал и степень сорбции наблюдаются при pH = 6, а для иона кобальта (II) - при pH = 4. В связи с этим, в последующих экспериментах использовалась именно данная среда.

Изменения в спектрах отражения света при образовании комплексов с ионами никеля (II) и кобальта (II) проявляются следующим образом: для тимолсульфоталеина, иммобилизованного на волокне PAN-TEA, максимум поглощения наблюдается при  $\lambda = 450$  нм, тогда как для его комплекса с ионом никеля (II) — при  $\lambda = 560$  нм. В случае комплекса 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты с ионом кобальта (II) максимум аналитического сигнала зафиксирован при  $\lambda = 420$  нм, что подтверждено данными, представленными на рисунках 4 и 5. Таким образом, было установлено, что величина спектрального сдвига ( $\Delta\lambda$ ) составляет 110 нм для комплекса с  $Ni^{2+}$  и 130 нм — с  $Co^{2+}$ .



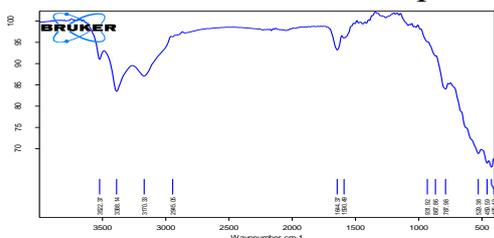
**Рисунок 4.** Отражательные спектры носителя-сорбента PAN-TEA, иммобилизованного на него тимолсульфоталеина и соответствующего комплекса в представлении функции Кубелка–Мунка.



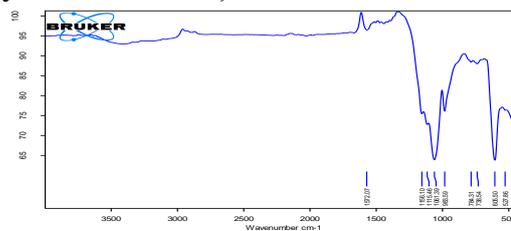
**Рисунок 5.** Отражательные спектры носителя-сорбента PAN-TEA, иммобилизованного на него 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты и соответствующего комплекса в представлении функции Кубелка–Мунка.

Результаты показали, что органические реагенты тимоловый синий и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота в комплексе с ионами никеля (II) и кобальта (II) обладают максимально оптимальной оптической плотностью в диапазоне длины волны  $\lambda_R = 450-520$  нм.

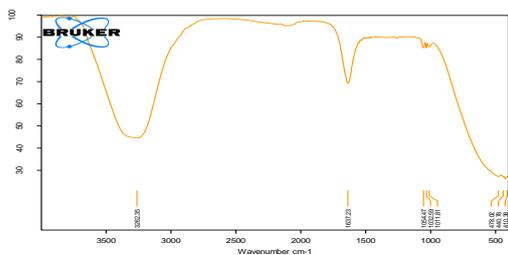
С целью подтверждения полученных результатов механизм образования комплексов ионов никеля (II) и кобальта (II) с органическими реагентами - тимоловым синим и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислотой - был изучен с использованием ИК-спектроскопии (рисунки 6, 7, 8, 9).



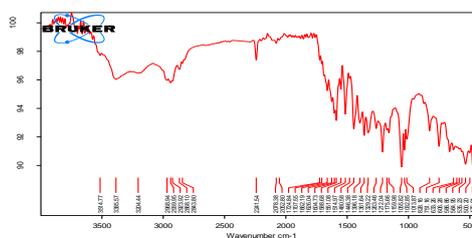
**Рисунок 6.** ИК-спектр реагента тимоловый синий.



**Рисунок 7.** ИК-спектр комплекса реагента тимоловый синий с ионом никеля (II).



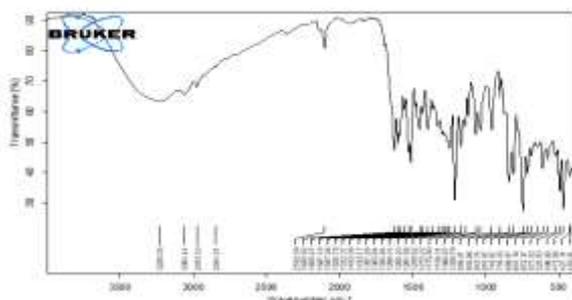
**Рисунок 8.** ИК-спектр реагента 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты.



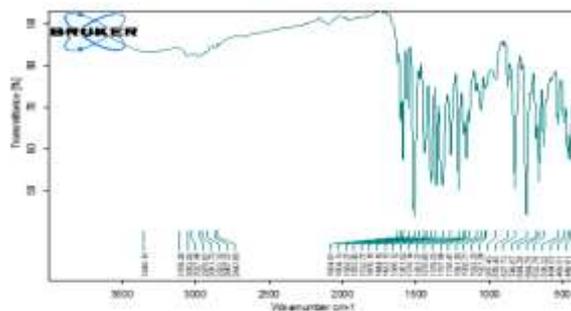
**Рисунок 9.** ИК-спектр комплекса реагента 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты с ионом кобальта (II).

Изучение строения комплекса с использованием ИК-спектроскопии и механизма его образования показало, что реагент тимоловый синий демонстрирует высокую интенсивность комплексообразования в областях  $454,9 \text{ см}^{-1}$ ,  $578,11 \text{ см}^{-1}$ ,  $613,20 \text{ см}^{-1}$  и  $850,65 \text{ см}^{-1}$ , соответствующих функциональным группам  $\text{O}-\text{Me}$ -,  $-\text{N}=\text{O}$ -,  $-\text{SO}_4^{2-}$ . В последующих исследованиях был использован именно данный реагент.

Результаты ИК-спектров органических реагентов — тимолового синего и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты, иммобилизованных на волокне PAN-TEA, а также их комплексов с ионами Ni (II) и Co (II) приведены на рисунках 10–11.

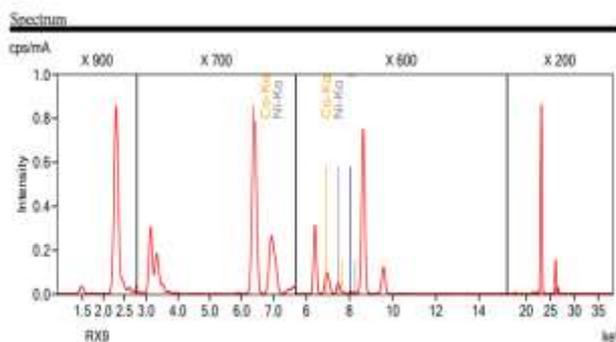


**Рисунок 10.** ИК-спектр комплекса никеля (II), образованного с использованием органического реагента тимоловый синий, иммобилизованного на волокне PAN-TEA.



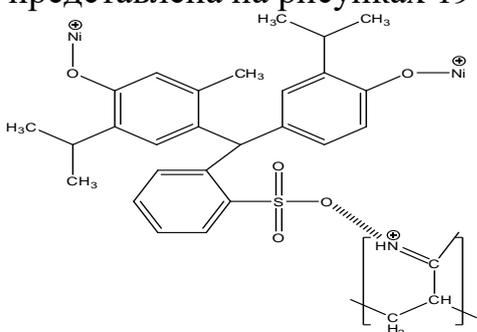
**Рисунок 11.** ИК-спектр комплекса кобальта (II), образованного с использованием органического реагента 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислота, иммобилизованного на волокне PAN-TEA.

Иммобилизация реагента на волокнах PAN-TEA объясняется образованием ионных связей между содержащими азот первичными и вторичными аминогруппами волокна и сульфогруппами реагента. Исследования показали, что положение и интенсивность зарегистрированных спектральных полос в значительной степени совпадают со спектрами стандартных ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$ . На основании этих результатов можно предположить, что элемент кобальт в реальном образце, вероятно, присутствует в окисленной форме или в составе комплексного соединения. Это предоставляет важную информацию о химическом состоянии иона кобальта в образце, его взаимодействии с окружающей средой и потенциальной функциональной роли. Полученные результаты представлены на рисунках 12–13.

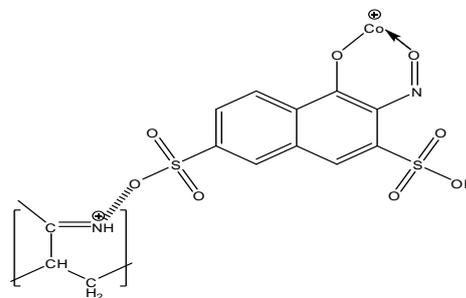


**Рисунок 12.** Результаты рентгенофлуоресцентного спектра комплекса ионов никеля (II) и кобальта (II), образованного с использованием органических реагентов, иммобилизованных на сорбентах PAN-TEA из образца природного объекта.

На основании данных, представленных на рисунках 12-13, с помощью метода рентгенофлуоресцентной спектроскопии в составе реального образца достоверно выявлено присутствие ионов никеля (II) и кобальта (II). В ходе анализа для ионов никеля (II) зафиксированы линии K $\alpha$  (примерно 7,48 кэВ) и K $\beta$  (примерно 8,26 кэВ), а для ионов кобальта (II) - характерные линии K $\alpha$  (~6,93 кэВ) и K $\beta$  (~7,65 кэВ) с высокой интенсивностью, что подтверждает наличие данных элементов в составе образца. На основе приведённых выше квантово-химических расчётов и физико-химических методов анализа была предложена предполагаемая структура комплексных соединений тимолового синего с ионом никеля (II) и 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты с ионом кобальта (II). Структура указанных комплексных соединений представлена на рисунках 19–20.



**Рис 14.** Предполагаемая структура комплекса тимолового синего с ионом никеля (II), иммобилизованного на волокне PAN-TEA.



**Рис 15.** Предполагаемая структура комплекса 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты с ионом кобальта (II), иммобилизованного на волокне PAN-TEA.

В четвёртой главе диссертации под названием «Анализ возможностей применения сорбционно-фотометрического метода для определения ионов никеля (II) и кобальта (II) в реальных объектах, изучения их распределения в промышленных и природных средах, а также проведения мониторинга» рассмотрены вопросы выявления ионов металлов в условиях модельных смесей, определения ионов никеля (II) и кобальта (II) в природных объектах, промышленных техногенных шламах и сточных водах. Кроме того, проведён мониторинг содержания тяжёлых металлов в водах, используемых для орошения сельскохозяйственных угодий в городе Алмалык

и прилегающих районах. По результатам исследований дана оценка конкурентоспособности разработанного сорбционно-фотометрического метода.

Для приготовления первой модельной смеси в мерную колбу объёмом 100,0 мл вносили 5,0 мкг ионов  $\text{Ni}^{2+}$ , 10 мкг ионов  $\text{Zn}^{2+}$ , 10 мкг ионов  $\text{Cr}^{3+}$ , 0,5 мл  $3,4 \cdot 10^{-4}$  М раствора органического реагента тимолового синего и 5,0 мл универсального буферного раствора ( $\text{pH} = 6$ ), после чего доводили объём до метки дистиллированной водой. Результаты пропускания подготовленных смесей через волокно, иммобилизованное тимоловым синим, приведены в табл. 5.

**Таблица 5**

Определение иона никеля (II) из состава модельного раствора

№	Метод	Введено, мкг/л	Обнаружено, мкг/л	$S_r$
1	Определение с использованием сорбционно-фотометрического метода	5	$4,8 \pm 0,6$	0,08
		10.0	$9,4 \pm 0,7$	0,08
		20.0	$19,8 \pm 0,8$	0,085
		5.00	$5,3 \pm 0,6$	0,007
		10.0	$10,6 \pm 0,9$	0,007
		20.0	$19,2 \pm 0,15$	0,02

Для приготовления второй модельной смеси в мерную колбу объёмом 100,0 мл добавляли 10,0 мкг ионов  $\text{Co}^{2+}$ , по 1 мл растворов ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  с концентрацией 1000 мкг/мл, а также ионов  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  с концентрацией 50 мкг/мл. Кроме того, вносили 5,0 мл маскирующей смеси ( $\text{F}^-$  1:100,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  1:100) и 10,0 мл универсального буферного раствора с  $\text{pH}=4,0$ , после чего объём доводили до метки дистиллированной водой. Приготовленную смесь пропускали через волокно, иммобилизованное органическим реагентом 2-нитрозо-1-нафтол-3,6-дисульфокислотой, измеряли спектры поглощения, а полученные результаты приведены в таблице 6.

**Таблица 6**

Определение иона кобальта (II) из состава модельного раствора

№	Метод	Введённый ион $\text{Co}^{2+}$ , мкг/мл	Обнаруженный ион $\text{Co}^{2+}$ , мкг/мл ( $\bar{x} \pm \Delta X$ )	$S_r$
1	Определение с использованием сорбционно-фотометрического метода	10,00	$9,92 \pm 0,11$	0,025
2		10,00	$10,19 \pm 0,10$	0,021
3		5,00	$5,1 \pm 0,10$	0,025

В полученных результатах анализа относительное стандартное отклонение не превышало 0,85, что свидетельствует о высокой точности и воспроизводимости данных, а также о возможности применения разработанного метода для анализа сложных модельных смесей.

Аналитические процедуры были применены к природным объектам - водопроводной, сточной и промышленной техногенной воде. В промышленную техногенную воду (1 дм<sup>3</sup>) добавляли по 10 см<sup>3</sup> стандартных растворов кобальта (II) и никеля (II) с концентрацией 100 мкг/см<sup>3</sup>, после чего сорбция проводилась в статическом режиме. Продолжительность сорбции

составляла 10 минут, масса полимера - 0,2 г. Десорбция осуществлялась с использованием 5 см<sup>3</sup> 0,5 М раствора HNO<sub>3</sub>, полученный раствор переносили в мерную колбу объемом 100 см<sup>3</sup> и проводили определение никеля (II) методом экстракционно-фотометрического анализа в хлороформе с использованием 4 см<sup>3</sup> аликвоты. Для анализа промышленных сточных технологических вод были отобраны пробы техногенной воды АО “Алмалыкский ГМК”, профильтрованы от взвешенных веществ и измерено значение pH. Полученные результаты приведены в таблицах 7–8.

**Таблица 7**

Результаты определения ионов никеля (II) в составе реальных объектов с использованием разработанного сорбционно-фотометрического метода (n=5; 0,95)

№	Введено в концентрации мг/л.	Обнаружено в концентрации мг/л.		S	S <sub>r</sub>
Технологические сточные воды города Алмалык.					
1	1,00	1,281	1,301±0,02	0,017	0,037
2		1,279			
3		1,317			
4		1,293			
5		1,309			
Технологические сточные воды Цинкового завода Алмалыкского горно-металлургического комбината.					
1	1,00	1,456	1,431±0,042	0,032	0,022
2		1,398			
3		1,43			
4		1,401			
5		1,461			

Для определения ионов Ni<sup>2+</sup> в составе природного объекта - почвы были использованы пробы технологических сточных вод города Алмалык.

**Таблица 8**

Результаты определения ионов кобальта (II) в составе реальных объектов с использованием разработанного сорбционно-фотометрического метода (n=5; 0,95)

№	Введено в концентрации мг/л.	Обнаружено в концентрации мг/л.		S	S <sub>r</sub>
Технологические сточные воды города Алмалык.					
1	1,00	1,310	1,324±0,014	0,011	0,035
2		1,320			
3		1,330			
4		1,340			
5		1,320			
“Технологические сточные воды Цинкового завода Алмалыкского горно-металлургического комбината.					
1	1,00	1,56	1,62±0,05	0,045	0,028
2		1,63			
3		1,59			
4		1,62			
5		1,68			

Как видно из таблицы, содержание ионов кобальта (II) и никеля (II) не превышает содержание в РЕЧМ, что было установлено экспериментальным методом. В Ташкентском областном управлении Комитета санитарно-эпидемиологического благополучия и общественного здоровья города Алмалык санитарно-гигиенические нормы контролируются на протяжении длительного времени посредством мониторинга качества объектов окружающей среды. Результаты приведены в таблицах 9–10.

**Таблица 9**

Результаты определения иона никеля (II) в природных водах методом добавок с использованием реактива тимоловый синий (ПАН-ТЕА,  $t = 25 \pm 5$  °C,  $\lambda_R=560$  нм, pH=6)

№	Объекты	Ni <sup>2+</sup>			
		Метод по ГОСТ. *		Разработанный метод.	
		%	Sr	%	Sr
1	Алмалык	4,70	0,0256	4,35	0,0271
2	Ахангаран	3,70	0,0128	3,88	0,0125
3	Пскент	1,60	0,0049	1,40	0,0042
4	Бўка	0,30	0,0007	0,25	0,0008

**Таблица 10**

Результаты определения иона кобальта (II) в природных водах методом добавок с использованием органического реагента 2-нитроза-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты (ПАН-ТЕА,  $t = 25 \pm 5$  °C,  $\lambda_R=550$  нм, pH=4)

№	Объекты	Co <sup>2+</sup>			
		Метод по ГОСТ. *		Разработанный метод.	
		%	Sr	%	Sr
1	Алмалык	4,30	0,0048	4,25	0,0049
2	Ахангаран	2,70	0,0032	2,60	0,0030
3	Пскент	1,25	0,0022	1,27	0,0021
4	Бўка	0,60	0,0015	0,71	0,0012

Как видно из таблиц 9 и 10, согласно результатам анализа по разработанному методу, сточные и природные воды соответствуют требованиям Комитета санитарно-эпидемиологического благополучия и общественного здоровья города Алмалык, и данный метод может быть применён для различных объектов, содержащих эти металлы, а также использоваться для проведения мониторинга.

**Таблица 11**

Результаты мониторинга загрязнения ионами никеля (II) и кобальта (II) в разрезе территорий Ташкентской области

№	Прилегающие территории города Алмалык Ташкентской области	март 2024 года		июнь 2024 года		декабрь 2024 года	
		Ni	Co	Ni	Co	Ni	Co
1	Промышленная зона.	0,08	0,98	0,01	0,032	0,02	0,36
2	Махалля Янгиобод	0,2	0,11	0,030	0,007	0,032	0,015
3	улица Мустакиллик	0,29	0,36	0,004	-	0,22	0,17
4	улица Равнак	0,05	0,017	0,0005	-	0,012	0,001
5	Махалля Намуна	0,05	0,01	-	-	0,025	0,009
6	Махалля Кизилой	-	0,05	-	-	0,008	0,0032
7	улица Ойдин хаёт	0,14	0,24	0,008	0,072	0,07	0,156

Как следует из данных таблицы 11, по результатам проведённого мониторинга установлено, что уровень загрязнения сточных вод ионами никеля (II) и кобальта (II) на территории Ташкентской области не превышает ПДК. При этом подробно рассмотрено значительное влияние процессов урбанизации, связанное с расположением вблизи города Алмалыка таких производственных предприятий, как АО “Аммофос-Максам”, АО “АГМК” и “JURABEK LABORATORIES”.

### ВЫВОД

1. Имобилизованные тимоловый синий и 2-нитрозо-1-нафтол предложены в качестве аналитических реагентов для определения ионов никеля (II) и кобальта (II).

2. Оптимальными условиями для определения ионов никеля (II) и кобальта (II) с использованием имобилизованных органических реагентов рекомендована среда с  $\text{pH} = 4\text{--}6$ . Установлено, что при иммобилизации органических реагентов на волокнистый сорбент участвуют группы  $-\text{OH}$  и  $-\text{SO}_3\text{H}$ , а при образовании комплексов с ионами металлов — группы  $-\text{OH}$  и  $-\text{NO}_2$ . Эти данные подтверждены методами ИК-спектроскопии.

3. Определены оптимальные условия сорбционного концентрирования ионов никеля (II) и кобальта (II) из водных растворов: для реагента R1 — при  $\text{pH} 3,0\text{--}5,0$ , для R2 — при  $\text{pH} 3,5\text{--}5,5$ , и для R3 — при  $\text{pH} 3,0\text{--}6,0$  наблюдалась полная иммобилизация. Установлена зависимость образования комплексов реагентов с ионами металлов от времени: для иона меди — 15 минут, для ионов никеля (II) и кобальта (II) — 11–12 минут, что подтверждено спектрами поглощения и отражения света. В качестве оптимального буферного раствора выбран универсальный буфер в среде с  $\text{pH} 4,0\text{--}6,0$ .

4. Разработаны сорбционно-фотометрические методы определения ионов никеля (II) и кобальта (II) с использованием имобилизованных реагентов. Надёжность метода подтверждена путём сопоставления полученных экспериментальных данных с результатами, полученными с применением широко используемых в практике химических и физико-химических методов.

5. Разработанный метод прошёл апробацию в аналитической центральной лаборатории Цинкового завода АО “Алмалыкский ГМК” при определении ионов никеля (II) и кобальта (II) в составе технологических сточных вод реальных объектов и рекомендован к применению на практике.

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

---

**ALMALYK BRANCH OF THE TASHKENT STATE TECHNICAL  
UNIVERSITY NAMED AFTER ISLAM KARIMOV**

**JO‘RAYEV FARHOD XOLMUROD OG‘LI**

**DETERMINATION OF NICKEL AND COBALT IONS FROM  
INDUSTRIAL WASTE OF OLMALIQ KMK AJ BY SORPTION-  
PHOTOMETRIC METHOD**

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

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

**Toshkent – 2025**

**The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in Chemical Sciences has been registered with the Higher Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2024.4.PhD/K907.**

The dissertation has been carried out at the Tashkent State Technical University named after Islam Karimov

The dissertation abstract in three languages (Uzbek, Russian, and English (summary)) has been posted on the Scientific Council's website ([www.tktiti.uz](http://www.tktiti.uz)) and on the "ZiyoNet" Information and Education Portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** **Mirzaxmedov Rustamjon Mirxamitovich**  
doctor of chemical sciences, professor

**Official opponents** **Muxamedov Qobiljon G'ofurovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Fayziyev Jahongir Bahromovich**  
Candidate of Technical Sciences, Senior  
Researcher

**Leading organization:** **Termez State University**

The defense dissertation will take place on "06" november 2025 at « 09:00 » o'clock at the meeting of the Scientific Council on awarding scientific degrees of DSc.16/30.12.2019.K/T.87.01 at Tashkent chemical-technological Institute (Address: 111116, Tashkent District, Ibrat Makhalla, p/b Shurabozor. Tel: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ootmixt@mail.tu](mailto:ootmixt@mail.tu) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz))

The dissertation is available for review at the Information Resource Center of the Tashkent Institute of Chemical Technology Research, registered under No.2025/29 (Address: 111116, Tashkent District, Ibrat Makhalla, p/b Shurabozor. Tel: (+99895) 144-67-83, E-mail: [ootmixt@mail.tu](mailto:ootmixt@mail.tu) [TKTITI@exat.uz](mailto:TKTITI@exat.uz))

The abstract of the dissertation has been distributed on « 16 » October 2025 year Protocol at the register № 2025/29 dated « 16 » October 2025 year

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

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

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

## Introduction (abstract of PhD dissertation)

**The aim of research work** is to reduce the environmental impact of harmful factors in the metallurgical industry by developing rapid sorption-photometric methods for the determination of nickel (II) and cobalt (II) ions in industrial semi-products (cakes, wastewater).

**The object of research works** The object of the research is the nickel-cobalt cake (Cd – 2.5-8%, Co – 3.5-6.5%, Cu – 3.5-10%, Ni – 2.5-4.6%, Zn – 36-45%, Sb – 0.1-0.15%), zinc cake (total Zn – less than 21%, Co – no more than 0.0242%), copper cake (Cu – no more than 30%, Co – no more than 0.0167%) obtained from industrial cakes produced in the hydrometallurgical and pyrometallurgical processes of Olmalıq KMK AJ, as well as technological wastewater, foreign sorbents PAN-TEA, PAN, KU-2-8, thymol blue, and 2-nitroso-1-naphthol-3,6-disulfonic acid organic reagents were selected.

**Scientific novelty of the research work** is follows:

optimal conditions have been determined for the selective dissolution of nickel (II) and cobalt (II) metal ions, precipitation of interfering metals, and concentration increase of nickel (II) and cobalt (II) ions in the solution;

the optimal conditions (pH = 3-6.2,  $25 \pm 5$  °C,  $\lambda_{Ni^{2+}} = 460$  nm,  $\lambda_{Co^{2+}} = 530$  nm) for the complexes formed between thymol blue and 2-nitroso-1-naphthol-3,6-disulfonic acid organic reagents with nickel (II) and cobalt (II) ions have been determined;

the optimal conditions (pH = 3–6.2,  $25 \pm 5$  °C,  $\lambda_{Ni^{2+}} = 560$  nm,  $\lambda_{Co^{2+}} = 550$  nm) have been selected for the formation of complexes between nickel (II) and cobalt (II) ions and the organic reagents thymol blue and 2-nitroso-1-naphthol-3,6-disulfonic acid immobilized on PAN-TEA fiber;

it has been scientifically substantiated that, by evaluating the analytical and metrological parameters of the sorption-photometric method, the detection limit for determining the amount of nickel (II) and cobalt (II) ions increases by 20 times compared to the non-immobilized solution.

a sorption-photometric method for the determination of nickel (II) and cobalt (II) ions has been developed, and a technology for its application in the analysis of metallurgical plant cakes, wastewater from technological processes, and natural objects has been established.

**Implementation of the research results.**

Based on the results of developing a sorption-photometric determination method through the selective dissolution of nickel (II) and cobalt (II) metal ions and the elimination of interfering metal ions:

the sorption-photometric method for the separation of nickel (II) and cobalt (II) ions using immobilized organic reagents has been implemented at the “Cadmium Department” of the Zinc Plant of Olmalıq Mining and Metallurgical Combine JSC (according to the information letter No. 12-24/01-01694 dated December 16, 2024, from Olmalıq Mining and Metallurgical Combine JSC). As a result, the method enabled the separation of nickel (II) and cobalt (II) ions from the composition of industrial cake;

the sorption-photometric method for the determination of nickel (II) and cobalt (II) ions has been implemented in the laboratory of the Olmaliq City Sanitary-Epidemiological Welfare and Public Health Committee (according to information letter No. 03/487 dated December 5, 2024). As a result, it has enabled the rapid determination of heavy metal ion concentrations in environmental objects.

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total volume of the dissertation is 111 pages.

**ELON QILINGAN ISHLAR RO‘YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I bo‘lim (I часть; part I)**

1. Jo‘rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. «Олмалик КМК» АЖ нинг sanoat чиқиндиси таркибидаги никель ва кобальт ионларини диэтил 2,2'-((1,3,4-тиадиазол-2,5-диил) бис (сульфандиил)) диацетат органик реагенти ёрдамида сорбцион фотометрик аниқлаш // Kompozitsion materiallar, Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali, № 2/2023., 208-211b. (02.00.00.№4).
2. Jo‘rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. Кобальт (II) ионини сорбцион-фотометрик аниқлаш усулини ишлаб чиқариш // Kompozitsion materiallar, Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali, № 3/2024., 277-279b (02.00.00.№4)
3. Jo‘rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. Никель (II) ионини сорбцион-фотометрик аниқлаш усулини ишлаб чиқариш // Kompozitsion materiallar, Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali, № 3/2024., 286-289. (02.00.00.№4).
4. Jo‘rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. “Olmaliq KMK” AJ korxonasi sanoat keki tarkibidan Kobalt (II) ionini organik reagentlar yordamida aniqlash // O‘zMU xabarлари; Mirzo Ulug‘bek nomidagi o‘zbekiston Milliy universiteti ilmiy jurnali 2024 3/2/1 Tabiiy fanlar turkumi. 357-360 b. (02.00.00.№12).
5. Jo‘rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. Sorption-Photometric Determination of Nickel and Cobalt Ions in Industrial Waste Using Diethyl 2,2'-((1,3,4-Thiadiazole-2,5-Diyl) Bis (Sulfandiyl)) Diacetate Organic Reagent // Genius Journals Publishing Group, Volume 20, Issue 05, May, 2023 ISSN (E): 2795-7365 www.geniusjournals.org. P. 64-67 (Impact Factor (2025): 8.225).
6. Jo‘rayev F.X., Smanova Z.A., Xoliqulov D.B., Mirzaxmedov R.M., Разработка сорбционно-фотометрического метода определения иона кобальта (II) в промышленных сточных водах АО “Алмалыкский ГМК”// Universum: химия и биология 2025 № 1(127). С.23-29. (02.00.00.№ 2).
7. Мирзахмедов Р.М., Жўраев Ф.Х., Холикулов Д.Б., Селективное извлечение кобальта из кадмий-кобальт-никелевого кека (АО “АЛМАЛЫКСКИЙ ГМК”) // Universum: химия и биология 2025 № 9 (135). С.18-21. (02.00.00.№ 2).

**II bo‘lim (II часть; part II)**

10. Jo‘rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. “Олмалик КМК” АЖ корхонаси sanoat кеки таркибидан никель ва кобальт ионларини сорбцион-фотометрик аниқлаш // O‘zbekiston Milliy universitetining 105 yilligiga bag‘ishlangan “Analitik kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi xalqaro

professor o'qituvchilar va yosh olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami. Toshkent 2023 yil 11-12 may.65-66 b.

11. Jo'rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. "Olmaliq KMK" AJ korxonasi sanoat keki tarkibidan nikel va kobalt ionlarini sorbsion fotometrik aniqlash // "Mineral xomashyolar va texnogen chiqindilarni samarali qayta ishlashning muammolari, istiqbollari va innovatsion yondashuvlari" ("Olmaliq KMK" AJ ning 75 yilligiga bag'ishlangan) mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallari to'plami Olmaliq 2024 yil 15-16-may 195-198 b

12. Jo'rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. Саноат чиқиндиси таркибдаги никель ва кобальт ионларини диэтил 2,2'-((1,3,4-тиадиазол-2,5-диил) бис (сульфандиил)) диацетат органик реагенти ёрдамида сорбцион-фотометрик аниқлаш // «Назарий ва экспериментал кимё Ҳамда кимёвийтехнологиянинг замонавий муаммолари» Халқаро илмиy-амалиy анjумани материаллари. Qarshi-2023. 20- октябр. 287-289 b.

13. Jo'rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Кобальт ва никель (II) ионини сорбцион-фотометрик аниқлаш усулларини ишлаб чиқариш // E- CONFERENCE SERIES, July, 5th, 2024, ISSN (E): 2835:5326, Volume 3, ISSUE 7, www.econferenceseries.com; P 184-190.

14. Jo'rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Кобальт ва никель (II) ионини сорбцион-фотометрик аниқлаш усулларини ишлаб чиқариш // E- CONFERENCE SERIES, July, 5th, 2024, ISSN (E): 2835:5326, Volume 3, ISSUE 7, www.econferenceseries.com; P 184-190.

15. Jo'rayev F.X., Mirzaxmedov R.M, Smanova Z.A. Determination of cobalt (II) ion from the composition of the Industrial cake of the almalyk mmc jsc enterprise using organic reagents // E- CONFERENCE S E R I E S Proceedings of International Educators Conference 2024 SJIF 2024: ISSN (E): 2835-396X 6.659 85-92b

16. Жўраев Ф.Х., Мирзахмедов Р. М., Холикулов Д. Б., Разработка метода окисления и экстракционного выделения ионов металлов в полупродукте кадмий - кобальт - никель кеки, образующегося на цинковом заводе АО "Алмалык ГМК"// International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences Hosted online from New York, USA Website: econfseries.com 2nd August, 2025., P 213-218.

17. Jo'rayev F.X., Mirzaxmedov R.M., Xoliqulov D.B. «Olmaliq KMK» AJ rux zavodida hosil bo'ladigan rux va kadmiy keklar tarkibidan organik reagentlar yordamida kerakli metall ionlarini ekologik toza va yuqori samarali ajratish usulini ishlab chiqish// International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences Hosted online from New York, USA Website: econfseries.com 2nd August, 2025., P 219-225.

Avtoreferat «Kimyo va kimyo texnologiyasi jurnali» tahririyatida tahrir qilindi