

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/30.12.2019.K.02.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI**

**ISMATOV DAVLAT MUXIDDIN UG'LI**

**BA'ZI d-ELEMENTLAR IONLARI BILAN FLAVONOIDLARDAN  
SUPRAMOLEKULAR SISTEMALAR OLIH VA ULARNING TADQIQI**

**02.00.04 – Fizik kimyo**

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

**Samarqand – 2024**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)**

**Ismatov Davlat Muxiddin ug‘li**

Ba‘zi d-elementlar ionlari bilan flavonoidlardan supramolekular sistemalar olish va ularning tadqiqi ..... 3

**Исмагов Давлат Мухиддин угли**

Синтез и исследовании супрамолекулярных систем ионов некоторых d-элементов с флавоноидами ..... 21

**Ismatov Davlat Mukhiddin ugli**

Synthesis and study of supramolecular systems of ions of some d-elements with flavonoids ..... 39

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ  
List of published works ..... 42

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.03/30.12.2019.K.02.05 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SHAROF RASHIDOV NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT  
UNIVERSITETI**

**ISMATOV DAVLAT MUXIDDIN UG'LI**

**BA'ZI d-ELEMENTLAR IONLARI BILAN FLAVONOIDLARDAN  
SUPRAMOLEKULAR SISTEMALAR OLIH VA ULARNING TADQIQI**

**02.00.04 – Fizik kimyo**

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

**Samarqand – 2024**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.4.PhD/K559 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Sharof. Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.samdu.uz) va «ZiyoNET» axborot-ta'lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Muxamadiyev Nurali Qurbonaliyevich**  
kimyo fanlari doktori, professor

**Ilmiy maslahatchi:**

**Suyariyon Kurbon Jura**  
kimyo fanlari nomzodi, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Eshmamatova Nodira Baxramovna**  
kimyo fanlari doktori, dotsent

**Muradova Dilafuz Kadirovna**  
PhD, dotsent

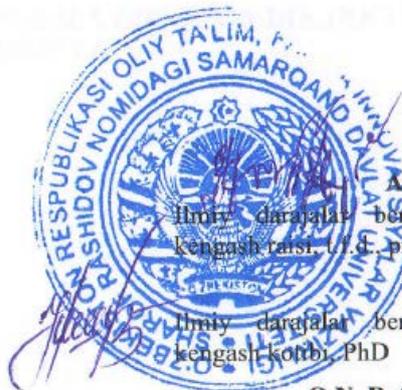
**Yetakchi tashkilot:**

**Termiz davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/30.12.2019.K.02.05 raqamli ilmiy kengashning 2024-yil «6» mart soat 13<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 140104, Samarqand shahri., Universitet xiyoboni, 15-uy, Biokimyo instituti, Kimyo binosi 2-qavat, 220- xona. Tel.: (+99866) 239-11-40; faks: (+99866) 239-11-51; E-mail: devonxona@samdu.uz).

Dissertatsiya bilan Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (11 raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 140104, Samarqand shahri, Universitet xiyoboni, 15-uy, Axborot-resurs markazi. Tel.: (+99866) 239-11-51), E-mail: devonxona@samdu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil «21» fevral kuni tarqatildi.  
(2024-yil «21» fevral dagi 4 - raqamli reyestr bayonnomasi)



**A.M. Nasimov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
kengash raisi, U.F.d., professor

**J.R. Uzokov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
kengash kotibi, PhD

**O.N. Ro'zimuradov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy  
kengash qoshidagi ilmiy seminar  
raisi, k.f.d., professor

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

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Dunyoda o‘tish metallari va organik ligandlar asosida supramolekulyar komplekslar olish va xossalarini o‘rganish yildan-yilga ortib bormoqda. Chunki, metallarning organik ligandlar bilan hosil qilgan ko‘plab komplekslari turli reaksiyalar uchun samarali katalizator, tibbiyotda dori vositalarini manzilli yetkazib berivchi vosita, noyob magnit material, optik hamda yarim o‘tkazgich sifatida, nanomateriallar olishda, hamda ekologik muammolarni yechishda samarali qo‘llanilmoqda. Shuning uchun ham organik ligandli metall komplekslari sintezining yangi usullarini yaratish, ularning xossalarini o‘rganish hamda qo‘llanilish doirasini kengaytirishga doir tadqiqotlar diqqatga sazovordir. Shu bilan bir qatorda organo-noorganik gibril komplekslar optik va dielektrik, yuqori adsorbsion sig‘imli nanog‘ovak materiallar, fotokatalitik reaksiyalar uchun selektiv katalizatorlar, lyumisint, ferroelektrik va ferromagnit materiallar olish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda metallarning organik ligandlar bilan komplekslarini sintezi va xossalarini aniqlash bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu boradi, metallarning organik ligandlar bilan sintez usullari ishlab chiqilgan va ularning sharoitlari maqbullashtirish, olingan kompleks birikmalarning yuqori seliktev katalizatorlar yaratish, muqobil energiya ishlab chiqarishda, issiqlikdan himoyalovchi qoplamalar yaratish, dori vositalarini manzilli yetkazib berishda, noyob magnit, optik hamda yarim o‘tkazuvchi xossalarni namoyon qiluvchi nanomateriallar olish, gen injeneriyasida ahamiyatli genlarni ajratish, hamda ba‘zi veruslarni immobilizatsiyasida qo‘llanilishiga alohida e‘tibor berilmoqda.

Mamlakatimizda ham o‘tish metallar va organik ligandlar asosida komplekslar sintezi va ularni amaliyotda qo‘llanilishi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilib, ularning tuzilishi va xossalari bo‘yicha muhim natijalarga erishilmoqda. O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasida «maxalliy xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash asosida yuqori qo‘shimcha qiymatli tayyor mahsulot ishlab chiqarish, prinsipial jihatdan yangi mahsulot va texnologiya turlarini o‘zlashtirish, shu asosda ichki va tashqi bozorlarda milliy tovarlarning raqobatbardoshligini ta‘minlash» bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, muayyan xossalarga ega komplekslar sintezi uchun ligandlar sifatida tabiiy holdagi o‘simliklar tanasidan ajratib olingan ba‘zi organik moddalardan foydalanish hamda turli xossalari komplekslar sintezida qo‘llash muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son “2017-2021 yillarda O‘zbekiston Respublikasini rivojlantirishning beshta ustuvor yo‘nalishi bo‘yicha “Harakatlar strategiyasi” to‘g‘risidagi Farmoni<sup>1</sup>, 2017-yil 23-avgustdagi PQ-3236-son “2017-2021-yillarda kimyo sanoatini rivojlantirish dasturi to‘g‘risida” gi qarori, 2018-yil 17-yanvardagi PQ-3479-son “Mamlakat iqtisodiyoti tarmoqlarining talab yuqori bo‘lgan mahsulot va xom-ashyo turlari bilan barqaror ta‘minlash chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi qarori hamda mazkur faoliyatga

---

<sup>1</sup>O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.

tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

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

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Adabiyotlar tahlilidan ma'lumki, o'simliklar tarkibidan flavonoidlarni ajratish, ularni xossalarini va ba'zi elementlar ionlari bilan komplekslar hosil qilish bo'yicha tadqiqotlar dunyoning qator davlatlarida, jumladan AQSh, Angliya, Germaniya, Fransiya, Yaponiya, Rossiya, Tojikiston, Qozog'iston davlatlarida flavonoidlarni xromatografiya usullarida ajratish, ularning sifat va miqdoriy tarkibini o'rganish va ularning ba'zi metallar ionlari bilan komplekslarini sintezi, ularning fizik-kimyoviy xarakteristikalarini o'rganish va komplekslarning barqarorligini baholash bo'yicha qator tadqiqotlar olib borilgan. Shu bilan bir qatorda flavonoidlardan qaytaruvchi sifatida foydalanilib, o'simliklar hujayrasida "yashil" nanomateriallar olish bo'yicha qator ishlar ham bajarilgan. Ushbu ishlarni amalga oshirishda Lobanova I.Yu., Turetskova V. F., Myagchilov A. V., Trofimova N. N., Babkin V. A., Vakulskaya T., Chuparina, Ye. V., Shatoxina N. S., Vilms A. I. (Rossiya), Ikrami M. B., Turayeva G. N. (Tojikiston), Nazarova V. D., Salikova N. S., Bektemisova A. U. (Qozog'iston) va boshqalarning ishlari diqqatga sazovor. "Yashil" nanomateriallar sitezini amalga oshirish, uning maqbul sharoitlarini tanlash, xossa-o'lcham o'zaro bog'liqligini tekshirish bo'yicha tadqiqotlarda Moskva davlat universitetida V.V.Makarov rahbarligida olib borilgan ishlar diqqatga sazovordir.

O'zbekistonda mazkur yo'nalish rivojiga hissa qo'shagan olimlardan akademiklar S.Yu.Yunusov, O.S.Sodiqov, N.A.Parpiyev, B.Ibragimov, A.Turayev, professorlar X.T.Sharipov, B.U.Umarov, Sh.Qodirova, E.X.Botirov, Sh.V.Abdullayev, A.M.Karimov va boshqalarni ta'kidlash mumkin. Ular o'simliklar tarkibidan flavonoidlarni ajratib olish, tuzilishi va xossalarini o'rnatish, kompleks birikmalarining olinishi va ularning tuzilishi, xossalarini o'rganish bo'yicha ishlarni amalga oshirib, o'zlarining hissalarini qo'shgan.

Yuqorida qayd etilgan natijalarga qaramasdan flavonoidlarning ba'zi d-elementlar ionlari bilan komplekslarini sintez qilish, ularning fizik-kimyoviy xossalarini tekshirish va barqarorligini baholash hamda qo'llanilish imkoniyatlarini, jumladan, dori vositalarini maqsadli yetkazib berishda qo'llashni tadqiq etish dolzarb muammolardan biridir.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Samarqand davlat universiteti ilmiy tadqiqot ishlar rejasining "Tabiiy va sintetik materiallarni sintez qilish, tekshirish va qayta ishlashning yangi usullari" bandi va OT-F7-83-raqamli davlat (2017-2020) granti doirasida bajarilgan.

**Tadqiqot maqsadi** flavonoidlarning ba'zi d-elementlar ionlari bilan supramolekulyar sistemalar hosil bo'lish mexanizmlari va ularning komplekslarini barqarorligini aniqlashdan iborat.

### **Tadqiqotning vazifalari:**

kversetin va rutin bilan ba'zi d-elementlar ionlarining komplekslarini kvant-kimyoviy jihatdan baholash;

kversetin va rutin bilan ba'zi d-elementlar ionlarining komplekslarini sintez qilish va ularning tuzilishini o'rnatish;

sintez qilingan komplekslarning barqarorlik konstantalarini izomolyar seriya usulida aniqlash va ularning barqarorligiga pH ning ta'sirini baholash;

kversetin va rutin bilan ba'zi d-elementlar ionlari komplekslarining termik parchalanishi mahsulotlarini o'rganish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida kversetin va rutin flavonoidlari, ba'zi d-elementlarning tuzlari va ularning kompleks birikmalari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** kversetin va rutin flavonoidlarining ba'zi d-elementlar ionlari bilan hosil qilgan komplekslarining fizik-kimyoviy xossalari va ularning barqarorligi baholash tashkil etgan.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda IQ-spektrometriya, UB- va ko'rinish sohasi spektroskopiyasi, xromatografiya, rentgen difraktometriya, skanirlovchi elektron mikroskopiya, statistik usullar hamda GAUSSIAN-09 dasturi kabi usullardan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

$Fe^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlarining kversetin hamda rutinli komplekslarining tuzilishi va energetik, elektron xossalari hamda reaksiya qobiliyatlari kvant-kimyoviy usulda aniqlangan;

$Fe^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlarining kversetin va rutinli supramolekulyar komplekslari sintez qilingan hamda ularning tuzilishlari UB-, IQ-spektroskopiya usullarda aniqlangan hamda komplekslarning kovalentmas bog'lar hisobiga hosil bo'lishi isbotlangan;

pH ning turli qiymatlarida  $Fe^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlarini kversetin hamda rutin bilan komplekslarning barqarorliklari izomolyar seriya usulida baholangan hamda birikmalarning barqarorligiga muhitning ta'siri sezilarli emasligi aniqlangan;

$Fe^{2+}$  va  $Co^{2+}$  ionlari bilan kversetin hamda rutinli komplekslarning termik parchalanish mahsulotlari mikrorentgen usulida aniqlangan va asosiy mahsulot sifatida metall oksidlari hosil bo'lganligi isbotlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

ba'zi flavonoidlarning d-elementlar ionlari bilan kompleks xosil qilish imkoniyatlarini kvant-kimyoviy jihatdan hisoblashning metodikasi ishlab chiqilgan;

kversetin va rutin bilan ba'zi d-elementlar ionlarining komplekslarini sintez qilish sharoitlari maqbullashtirilgan;

komplekslarning barqarorlik konstantalari izomolyar seriya usulida baholash algoritmi ishlab chiqilgan;

kversetinining temir va kobaltli komplekslaridan dori vositalarini manzilli yetkazishdagi samarasini baholash metodikasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Olingan ilmiy natijalar va xulosalar zamonaviy IQ-spektrometriya, UB- va ko'rinish sohasi spektroskopiyasi, Rentgen difraktometriya, Skanirlovchi elektron mikroskopiya, Xromatografiya, GAUSSIAN-09 dasturi, Statistik usullar va kvant-kimyoviy kabi tekshirish va

hisoblash usullari bilan asoslangan.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati:** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati flavonoidlarning d-elementlar ionlari bilan hosil qilgan kompleks brikmalarining sintezi, ularning tuzilishi, yarim emperik va ab initio kvant-kimyoviy usullar yordamida asoslanishi, fizik-kimyoviy xossalarning aniqlanishi, hamda barqarorligi bo'yicha ma'lumotlar bazasini yaratishda kompleks brikmalar fizik-kimyosini boyitishga xizmat qilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati d-elementlar ionlari bilan flavonoidlardan komplekslar sintezi va barqarorlik konstantasini hisoblash usulini amalga oshirilganligi, sintez uchun maqbul sharoitning tanlanganligi hamda  $Fe^{2+}$  ionlari hosil qilgan komplekslarning barqarorligini o'rganish bo'yicha metodikasi ishlab chiqilganligi va komplekslarning fizik-kimyoviy xossalarni o'rganilganligi yangi supramolekulyar komplekslarni har tomonlama tahlil qilishda foydalanishga xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi** flavonoidlarning va d-metallar ionlari bilan olingan kompleks brikmalari bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

kversetin bilan  $Fe^{2+}$  ionlarining hosil qilgan kompleks brikmasi barqarorligini aniqlash metodikasi "Samarkand England Eco-Medical" qo'shma korxonasida amaliyotga joriy etilgan ("Samarkand England Eco-Medical" korxonasining 2023 yil 24 maydagi 01/1-249-sonli ma'lumotnomasi). Natijada,  $Fe^{2+}$  ionlarini ularning kversetin bilan komplekslari holida inson organizimiga manzilli yetkazish imkonini bergan;

kversetin bilan  $Co^{2+}$  ionlarining hosil qilgan kompleks brikmasi barqarorligini aniqlash metodikasi "Samarkand England Eco-Medical" qo'shma korxonasida amaliyotga joriy etilgan ("Samarkand England Eco-Medical" korxonasining 2023 yil 24 maydagi 01/1-250-sonli ma'lumotnomasi). Natijada,  $Co^{2+}$  ionlarini ularning kversetin bilan komplekslari holida inson organizimiga manzilli yetkazish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 10 ta, jumladan, 2 ta xalqaro va 8 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 16 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 6 ta, jumladan 5 ta maqola xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 103 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'ekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor

yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

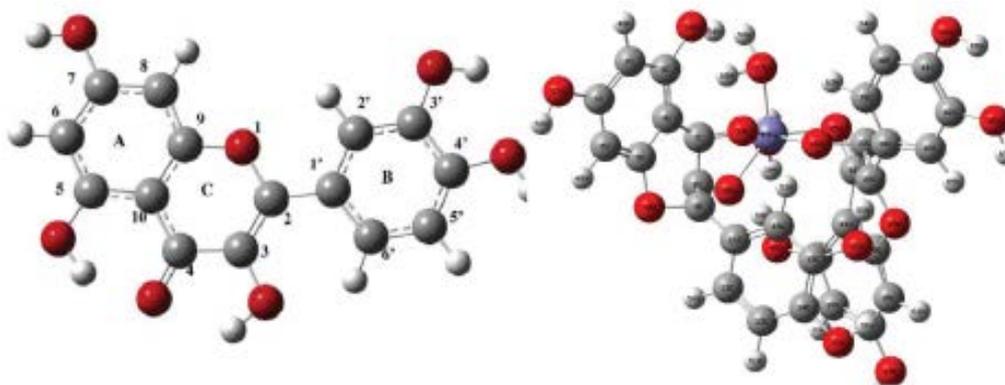
Dissertatsiyaning “**Flavonoidlarning metall ionlari bilan komplekslari va ularning xossalari**” deb nomlangan adabiyotlar sharhi (I bob) flavonoidlarning tuzilishi, ulardagi aromatik halqada mavjud bo‘lgan gidroksil va karbonil guruhlarining reaksiyon qobiliyati hamda ularning metallar ionlari bilan komplekslar hosil qilish imkoniyatlarida strukturaviy xususiyatlarini yoritishga bag‘ishlangan. Kompleks hosil bo‘lishiga ta‘sir qiluvchi omillar atroflicha ko‘rib chiqilgan va flavonoidlarning tuzilishini barqarorlashtirishda turli metal ionlarining roli haqidagi ma‘lumotlar umumlashtirilgan. Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan.

Dissertatsiyaning II bobi tadqiqot ob‘ektlari, usullariga bag‘ishlangan bo‘lib, unda foydalanilgan reaktivlar haqida ma‘lumotlar berilgan, komplekslarni sintez qilish metodikalari va ularni tahlil etish usullari keltirilgan.

Komplekslarni tadqiq etish usullari sifatida IQ-spektrometriya, UB va ko‘rinish sohasi spektroskopiyasi, Xromatografiya, Rentgen difraktometriya, Skanirlovchi elektron mikroskopiya, GAUSSIAN-09 dasturi va statistik usullar qo‘llanilgan bo‘lib, ular haqidagi ma‘lumotlar o‘rin olgan.

Dissertatsiyaning III bobi “**Ba‘zi flavonoidlarning Fe(II) va Co(II) ionlari bilan komplekslar hosil qilishini kvant kimyoviy tahlili**”ga bag‘ishlangan.

Kversetin flavonoidining Fe(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasini kvant kimyoviy baholash. Flavonoidlar tarkibidagi karbonil va gidroksil guruhlari hisobiga metall ionlari bilan nanokompozitlarni hosil qilish imkoniyatiga ega. Shuning uchun ham flavonoidlarning va ba‘zi d-metallar ionlari bilan xelatlar hosil qilish mexanizmlarini kvant-kimyoviy usullarda o‘rganish, ulardagi reaksiyon markazlarni aniqlash hamda miqdor jihatdan baholash orqali “struktura-xossa” o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rnatish imkoniyatini beradi. Shu maqsadda flavonoid kversetin va Fe(II) ionlaridan xelat kompleksning xosil bo‘lish mexanizmi, barqarorlik konstantasi, molekulada zaryad zichligining taqsimoti, faollanish energiyasi kabi parametrlar yarim emperik (PM3), Ab initio va DFT usullarda o‘rganildi.



**1-rasm. Kversetin molekulasini va kversetin-Fe (II) bilan hosil qilgan kompleksning AM1 da optimallashtirilgan strukturasi**

Flavonoidlar molekulasida tarkibidagi 3-OH guruhining glikozidlanishi (kversetindan rutingacha) hisobiga kon'yugatsiyani qisman yo'qolishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida molekulada induksion effektini o'zgartiradi. Buni HOMO-LUMO bog'lanishlar energiyalarining kamayishi bilan tushuntirish mumkin (1-rasm).

Fe(II) kationi va kversetin o'rtasida kompleks hosil bo'lishida flavonoidning aromatik (A va C) hamda kislorodli giterotsiklik halqadagi (C) 3,5,7,3',4' pentagidroksillar ishtirok etadi. DFT usulida Fe(II) ionining kversetindagi 3'-OH, 4'-OH, 3-OH va 5-OH bilan hosil qilgan bog'larining uzunligi mos ravishda 1,279 Å, 1,419 Å, 1,456 Å va 1,318 Å tengligi aniqlandi. Shuningdek, Fe(II) kationi va kversetinning turli gidroksil va karbonil guruhlari hisobiga hosil bo'lgan kompleksning bog' energiyalari Ab initio usulida hisoblandi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

### 1-jadval

#### Kversetinning Fe(II) kationi bilan hosil qilgan kompleksining Ab initio usulida hisoblangan, bog'lar energiyalarining qiymatlari

Kompleks	4C=O va 3-OH kj/mol	3'-OH va 4'-OH kj/mol	3C=O va 5-OH kj/mol
Kversetin-Fe(II)	28,912	76,361	24,365

1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan, funksional guruhlarning bog' hosil qilish energiyasi 3C=O va 5-OH bog'larida eng kam ekanligini ko'rish mumkin.

Fe(II) kationing kversetin bilan hosil qilgan kompleksining barqarorlik konstantalari Mulliken usulida hisoblandi va bog' uzunligining kamayishi bilan kompleksning barqarorlik konstantasining ortib borishi aniqlandi.

Shuningdek, kversetin molekulasining fenol halqasidagi O-H bog'ining dissotsiyalanish energiyasi ham hisoblandi, olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

### 2-jadval

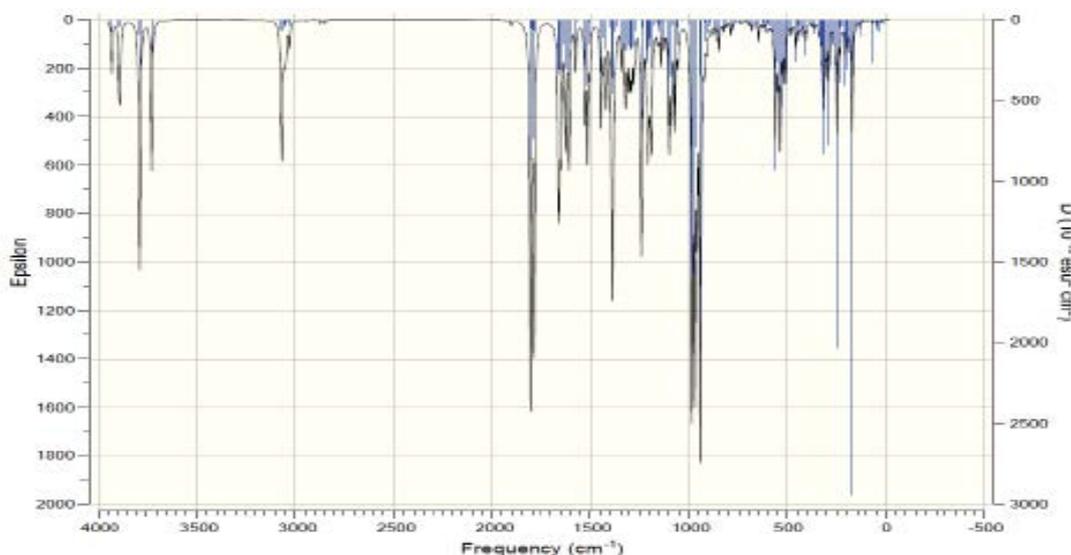
#### Kversetin molekulasining fenol halqasidagi O-H guruhlarning dissotsiyalanish energiyasi

Kompleks	7-OH	5-OH	3-OH	3'-OH	4'-OH
Kversetin-Fe(II)	14,17	26,08	17,40	16,28	14,36

2-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, fenol halqasining 7, 4', 3', 3 va 5 holatlaridagi O-H bog'larining dissotsiyalanish energiyalari orib boradi. Bundan, 7, 4', 3', 3 holatlardagi OH larning vodorodlari Fe<sup>2+</sup> ionlariga oson almashinadi.

Shu bilan bir qatorda Fe(II) bilan kversetin hosil qilgan kompleksning IQ-spektrlari Gaussian 09 dasturi yordamida hisoblandi hamda tajriba natijalari bilan taqqoslandi (2-rasm).

2-rasmdan komplekning IQ spektrlarida 1600-100 cm<sup>-1</sup> sohalarida hosil bo'lgan yuqori intensivli chuqqilar aromatik halqalar tarkibidagi C-H bog'larining valent tebranishi hisobiga, 3500-300 sm<sup>-1</sup> sohalaridagi chuqqilar esa OH guruhlarning difarmatsion tebranishlari hisobiga hosil bo'lganligini ko'rish mumkin. Shuningdek, spektrning 627 sm<sup>-1</sup> chuqqisi Fe-O bog'ining difarmatsion tebranishlari hisobiga hosil bo'lganligini qayd etish mumkin.



**2-rasm. Kversetin va uning Fe(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleksning Gaussian 09 dasturida hisoblangan va tajribada olingan IQ-spektrlari**

**Co(II) ionlarining kversetin bilan kompleks hosil qilishini kvant-kimyoviy baholash.** Kversetin molekulasida fenol -OH ning hosil qilgan bog‘lari energiyasi va ularda elektron zichlik taqsimoti metall komplekslar hosil bo‘lishida muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun kversetinining Co(II) kationlari bilan hosil qilgan kompleksining Ab initio usulida bog‘ energiyalari qiymatlari hisoblandi. Olingan natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

**3-jadval**

**Kversetin va Co(II) kationi kompleksining Ab initio usulida hisoblangan bog‘ energiyalari**

Kompleks	4C=O va 3-OH, kj/mol	3'-OH va 4'-OH, kj/mol	3C=O va 5-OH, kj/mol
Kversetin-Co (II)	61,248	64,152	70,115

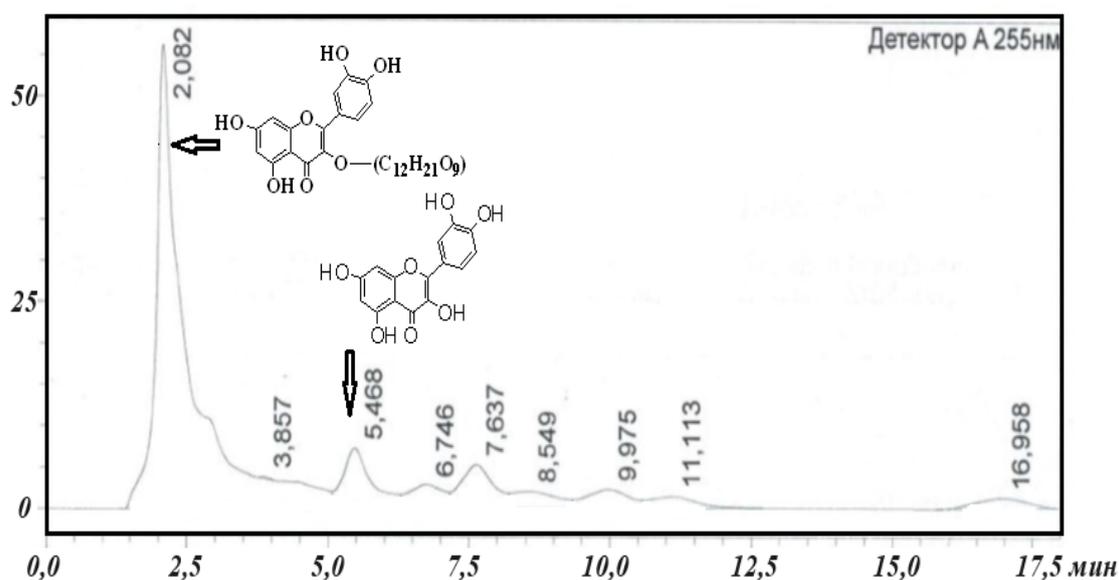
3-jadvalda keltirilgan ma’lumotlardan shuni qayd etish mumkinki, bog‘ energiyasi OH guruhning halqada joylashgan o‘rniga bog‘liq bo‘lib, mos holda 61,248, 64,152 va 70,115 kj/molni tashkil etadi.

Dissertatsiyaning **“Ba’zi d-elementlar ionlarining kversetin va rutin bilan hosil qilgan kompleks birikmalari”** deb nomlangan IV bobida kodonopsis o‘simligi tarkibidagi flavonoidlarning yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usulida ajratish, kversetin va rutin bilan d-elementlar ionlari bilan kompleks birikmalarning sintezi, barqarorligi va tavsifini o‘rganishda bir qator tadqiqot usullardan foydalanib, olingan natijalar taqdim etilgan.

**Kodonopsis o‘simligi tarkibidagi flavonoidlarning yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi.** Flavonoidlar C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> - qatoridagi polifenolli birikmalar bo‘lib, amalda barcha o‘simliklar organizmida sintezlanadi va ular o‘simliklar organizmida oksidlanish-qaytarilish jarayonlarida faol qantashadi, o‘simliklarni ko‘payishida ishtirok etadi, hashorotlarni o‘simlilarga jalb etishda jozibodorlik rolini bajaradi. O‘simliklar tarkibida uchraydigan flavonoidlar C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> - qatoridagi polifenolli birikmalarning katta guruhini tashkil etadi (5000 dan ortiq). Shuning uchun ham o‘simliklardan flavonoidlar manbai sifatida foydalanish

mumkin. Tarkibida flavonoidlar mavjud bo'lgan o'simliklardan biri kodonopsisdir (Codonopsis).

Kodonopsis tarkibidan flavonoidlarni ajratish uchun olingan 10,0 g namuna maydalanib, 40 % li etanol eritmasi bilan teskari sovutgichni qo'llab ( $t = 75^{\circ}\text{C}$ ), 30 minut davomida ekstraksiya qilindi. Olingan ekstraktlar sovutilgandan keyin filtrlandi va filtratlar o'simliklar tarkibidagi flavonoidlarni aniqlash uchun ishlatilgan. Yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usulida flavonoidlarni ajratish va aniqlash uchun C18 murojat faza bilan to'ldirilgan o'lchami 4,6 x 150 mm bo'lgan kalonka ishlatildi. Elyuent sifatida atsetonitril va ortofosfat kislotaning ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) suvdagi 5 % li eritmasi ( $\text{pH}=3,5$ ) 25:75 (yoki 1:3) nisbatda ishlatildi. Elyuent sarfi - 0,8 ml/min. Spektrofotometrik detektor, 255 nm. Kolonkaga yuboriladigan namuna hajmi 5 mkl. Maqbul sharoitlarda olingan o'simlikdan tayyorlangan ekstraktning xromatogrammasi 3-rasmda keltirilgan.



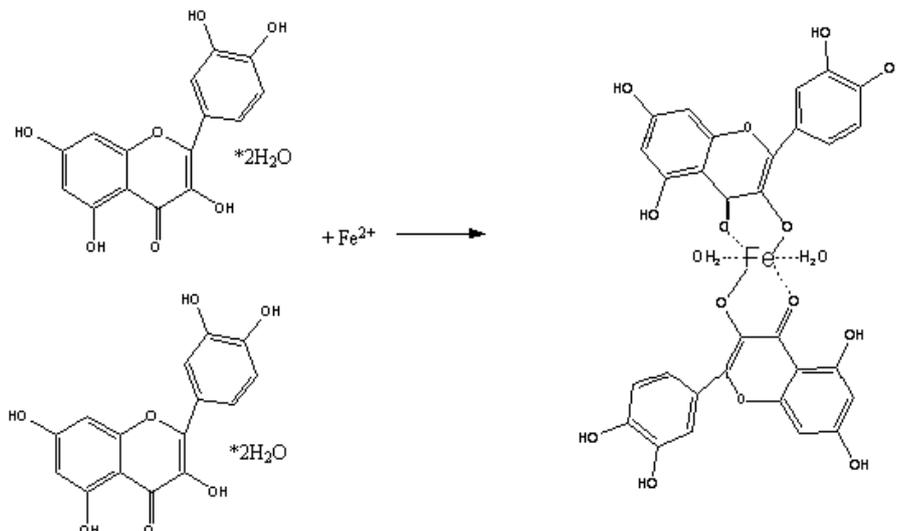
**3-rasm. Kodonopsis o'simligi ekstraktning xromatogrammasi**

Miqdoriy analizni amalga oshirish uchun standart eritmalar konsentratsiyasining xromatografik chuqqi balandligiga (yuzasiga) bog'liqlik grafiklari kversetin va rutinlar uchun alohida tuzildi, hamda darajalash egri chizig'ining bog'liqlik darajasi korrelyasiya koeffitsentini hisoblash orqali baholandi. Namunadan aniqlangan rutin miqdori  $63,762 \pm 5,212$  mg/100 g, kversetin miqdori esa  $1,084 \pm 0,082$  mg/100 g ni tashkil etdi. Kversetin (99,8 %) va rutin (99,2 %) namuna tarkibidan xromatografik usulda ajratildi, tozalandi va keyingi tadqiqotlarda qo'llanildi.

**Kversetinning temir (II) ionlari bilan kompleks birikmasini sintezi va uning barqarorligini baholash.** Flavonoidlar polifunksional birikmalar sifatida ba'zi d-metallar bilan kompleks xosil qiladi. Shuning uchun ham flavonoidlarning ba'zi d-metallar ionlari bilan komplekslar olish dolzarb muammolardan biridir. Shu bilan bir qatorda komplekslar flavonoidlarning farmakologik va biologik xossalarini yaxshilaydi.

**Kompleks sintezi.** 25 ml metanolda eritilgan 0,120 g kversetin ( $\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$ ) va 10 ml matanolda eritilgan 0,055 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  eritmaları xona temperaturasida

aralastirildi. Aralashma 2 soat davomida 60°C da qaytar sovitgich bilan jihozlangan suv hammomida uzluksiz aralastirildi, keyin esa aralashma xona haroratida sovutiladi. Natijada quyidagi reaksiya boradi (4-rasm):



**4-rasm. Kversetinning Fe(II) ionlari bilan reaksiyasi tenglamasi**

Olingan qora jigarrang cho‘kma suv bilan uch marta, metanol bilan uch marta yuvilib, reaksiyaga kirmagan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  va kversetindan tozalandi hamda quritildi. Olingan kompleks birikma tadqiqotlar uchun ishlatildi.

Olingan kompleks birikma metanol-suv (hajmiy nisbati 1:1), etanol, DMSO (dimetilsulfoksid) tris-HCl-DMSO da eriydi, suv va uglerod tetraxloridda esa erimaydi.

Hosil bo‘lgan kompleks birikmaning IQ-spektrlarini olish uchun quruq holdagi namuna, UB- va ko‘rinish sohasi spektrlarini olish uchun esa uning metanol:suvning 1:1 nisbatdagi aralashmasidagi eritmasi ishlatildi.

Namunaning IQ-spektri sintez qilingan kompleksning tuzilishini aniqlash uchun ishlatildi (5-rasm). Kversetin va kompleks birikmaning xarakterli asosiy spektrlarining qiymatlari 4-jadvalda keltirilgan.

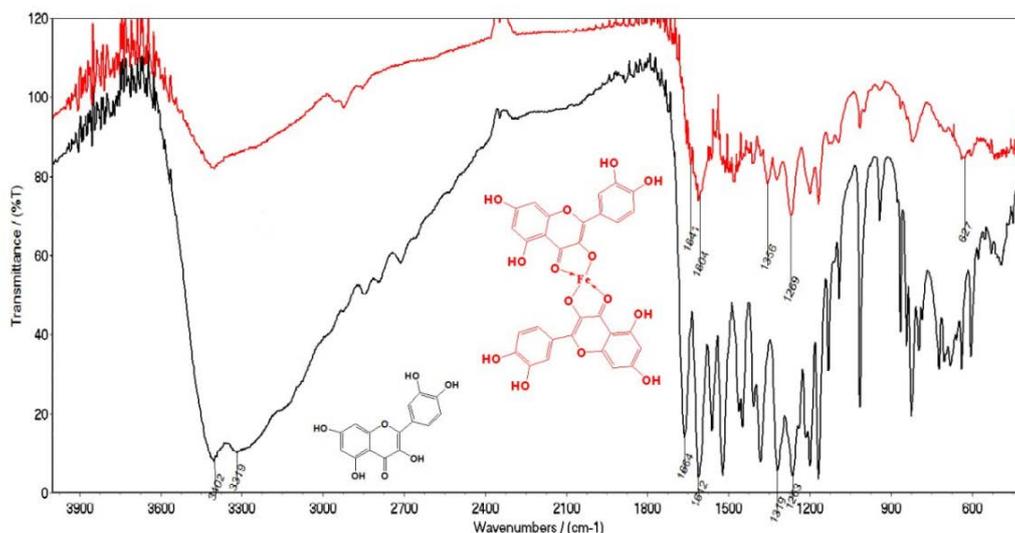
**4-jadval**

**Kversetinni  $\text{Fe}^{2+}$  ionlari bilan hosil qilgan kompleksning IQ-spektrlaridagi yutilish polosalari,  $\text{cm}^{-1}$**

	$\nu(\text{C}=\text{O})$	$\nu(\text{C}=\text{C})$	$\nu(\text{O}-\text{H})$	$\nu(\text{C}-\text{O}-\text{H})$	$\nu(\text{C}-\text{O}-\text{C})$	$\nu(\text{Fe}-\text{O})$
Kversetin	1664	1612	3402-3319	1319	1263	-
Kompleks	1641	1604	3205	1356	1269	627

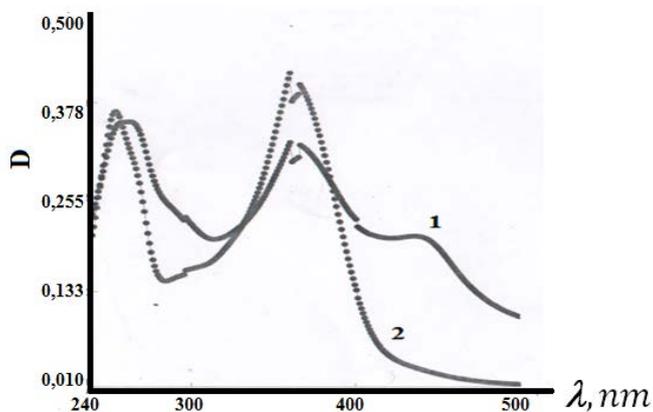
Yuqoridagi 4-jadval va 5-rasmda keltirilgan ma’lumotlardan ko‘rinib turibdiki, erkin kversetinning  $\text{C}=\text{O}$  spektri  $1664 \text{ cm}^{-1}$  da paydo bo‘lgan, kompleksda esa bu spektr  $1641 \text{ cm}^{-1}$  ga siljigan. Bu siljish karbonil kislorodning metall ionlari bilan bog‘lanishini tasdiqlaydi.  $1612 \text{ cm}^{-1}$  va  $1263 \text{ cm}^{-1}$  dagi spektrlar  $\nu(\text{C}=\text{C})$  va  $\nu(\text{C}-\text{O}-\text{C})$  tebranishlari bilan bog‘liq bo‘lib, ular metall kompleksida mos ravishda  $1604 \text{ cm}^{-1}$  va  $1269 \text{ cm}^{-1}$  ga o‘zgargan. Bu metallning koordinatsiyasi sodir bo‘lganligini isbotlaydi. Bundan tashqari,  $627 \text{ cm}^{-1}$  dagi Fe-O tebranish spektri metall

kompleksining paydo bo'lishini ko'rsatadi, erkin kversetinda esa bunday bog'lanish mavjud emas. Reagent sifatida olingan kversetin tarkibida suv molekulasining mavjudligi uchun kversetinda  $3402\text{-}3319\text{ cm}^{-1}$  va kompleksda  $3205\text{ cm}^{-1}$  (OH) chastotalari uchun keng diapazonli spetrlar hosil bo'lgan.



**5-rasm. Kversetin va uning Fe(II) bilan hosil qilgan kompleksining IQ-spetrlari**

Shu bilan bir qatorda sintez qilingan kompleks UB-spektroskopiyasi usulida ham o'rganildi. Kompleksning UB spektri namunaning metanol va suv (1:1) aralashmasidagi eritmasida olingan bo'lib, 6-rasmda keltirilgan.



**6-rasm. Kompleks (1) va toza kversetinning (2) yutilish spektrlari**

6-rasmda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, kversetinning UB sohasidagi yutilish spektrida ikkita asosiy yutilish maksimumi qayd etilgan. Ushbu spektrlar 372 nm (I guruh) (cinnamoyl tizimi) B halqaning assilyasiyasini va 256 nm (II diapazon) (benzol tizimi) A halqaning yutilishini xarakterlaydi. Kompleksning ultrabinafsha nurlari bilan yutilishidagi spektrlar batoxromik siljishlar natijasidir. Kompleksning metanol bilan suvning (1:1 nisbat) eritmasidagi spektrida 263 nm (IV diapazon) va 436 nm (III diapazon) ga to'g'ri keladi. Yangi maksimumlarning paydo bo'lishi kompleksda 7 nm va 64 nmli batoxromik siljishlar sodir bo'lanligini ko'rsatadi. Bu o'zgarishlarni 6-rasmda keltirilgan spektrlardan oson kuzatish mumkin. Ushbu siljishlar kversetin va temir o'rtasida kompleks

birikma hosil bo'lganini tasdiqlaydi. Bundan tashqari, uni har ikkala diapazonning ham yutilishining batoxromik siljishi va 3-gidroksi guruhi protonining kislotali tabiati bilan izohlash mumkin, shuning uchun ham 3-OH guruhi hisobiga almashinish amalga oshadi, 4-keto guruhi hisobiga esa vodorod bog' hosil bo'ladi. Kompleks xosil bo'lish jarayonida 5-OH guruhining ishtirok etmaganligi undagi proton kislotaligining pastligi va sterik to'siqning paydo bo'lganligi bilan izohlanadi.

**Kversetinning Me(II) ioni bilan komplekslari barqarorligini baholash.** Eritmada kompleks hosil qiluvchi metall (M) va ligand (R) ta'sirida hosil bo'lgan kompleks birikmalarning tarkibi va barqarorligini o'rganish uchun odatda reaktivlarning boshlang'ich konsentratsiyasining turli nisbatlari bilan izomolyar eritmalar seriyalari tayyorlanadi, so'ngra bu eritmalar UV-spektrlari (optik zichliklari) ma'lum to'lqin uzunliklarda ( $\lambda$ ) o'lchanadi. Izomolyar qator usuli yordamida olingan natijalar asosida eritmada hosil bo'lgan kompleks birikmaning barqarorlik konstantasi ( $\beta$ ) hisoblanadi. Odatda, barqarorlik konstantalari bilan bir qatorda kompleks birikmaning molyar yutilish koeffitsienti ham aniqlanadi. U quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\varepsilon_{ij} = \sqrt{\frac{A_i \cdot (A_j)^2 - A_j \cdot (A_i)^2}{A_j \cdot C_{Mi} \cdot C_{Ri} - A_i \cdot C_{Mj} \cdot C_{Rj}}}$$

bunda  $\varepsilon_{ij}$  - kompleksning molyar yutilish koeffitsientini;  $C_{Mi}$ ,  $C_{Mj}$ ,  $C_{Ri}$ ,  $C_{Rj}$  mos ravishda i va j eritmalaridagi metall (M) ionlari va ligand (R) larning boshlang'ich konsentratsiyalari;  $A_i$  va  $A_j$  turli nm larda bir xil eritmalarining turli optik zichliklari.

Molyar yutilish koeffitsientining o'rtacha qiymatidan kelib chiqib, o'rganilayotgan kompleks birikmaning barqarorlik konstantasi ( $\beta'_K$ ) quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$\beta'_K = \frac{A/\varepsilon_K}{\left(C_R - \frac{A}{\varepsilon_K}\right) \cdot \left(C_M - \frac{A}{\varepsilon_K}\right)}$$

Kversetin ( $C_{15}H_{10}O_7$ ) va  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  larning boshlang'ich konsentratsiyasi 0,0001 mol/l ga teng bo'lgan eritmaları tayyorlandi va ulardan izomolyar seriyali eritmalar 5-jadvaldagi kabi nisbatlarda tayyorlandi.

## 5-jadval

### Izomolyar eritmalar seriyasi

No	$C_{Me}$ mol/l	$C_R$ mol/l
1	0,00010	0,00090
2	0,00020	0,00080
3	0,00030	0,00070
4	0,00040	0,00060
5	0,00050	0,00050
6	0,00060	0,00040
7	0,00070	0,00030
8	0,00080	0,00020
9	0,00090	0,00010

Tayyorlangan eritmalarning optik zichliklari qalinligi  $l = 1$  sm bo'lgan kvarts kyuvetada o'lchandi. Olingan natijalar 6-jadvalda keltirilgan. Xuddi shu kabi o'lchashlar turli muhitlarda, ya'ni pH ning 2,0, 4,0, 6,0, 7,0 va 9,0 bo'lgan qiymatlarida amalga oshirildi.

**6-jadval**

**pH=7,0 da izomolyar seriyalar bo'yicha o'lchangan optik zichliklar**

No	$C_M$ mol/l	$C_R$ mol/l	$C_M/C_R$	A 273 nm	A 402 nm
1	0,00010	0,00090	0,11	0,059	0,037
2	0,00020	0,00080	0,25	0,097	0,072
3	0,00030	0,00070	0,43	0,079	0,064
4	0,00040	0,00060	0,67	0,083	0,067
5	0,00050	0,00050	1,00	0,068	0,054
6	0,00060	0,00040	1,50	0,071	0,059
7	0,00070	0,00030	2,33	0,056	0,050
8	0,00080	0,00020	4,00	0,056	0,052
9	0,00090	0,00010	9,00	0,064	0,055

Tajriba natijalarida aniqlangan kversetin va runinnig Fe(II) va Co(II) ionlari bilan hosil qilgan komplekslari uchun turli muhitlardagi molyar yutilish koeffitsientlarining ( $\epsilon$ ) qiymatlari 7-jadvalda keltirilgan.

**7-jadval**

**Komplekslar uchun turli muhitdagi molyar yutilish koeffitsientlarining qiymatlari**

No	pH	273 nm	402 nm
Kversetinining Fe(II) li kompleksi			
1	2,0	$\epsilon = 6,95 \cdot 10^{-5}$	$\epsilon = 2,23 \cdot 10^{-5}$
2	4,0	$\epsilon = 2,39 \cdot 10^{-5}$	$\epsilon = 2,43 \cdot 10^{-5}$
3	6,0	$\epsilon = 7,33 \cdot 10^{-5}$	$\epsilon = 6,44 \cdot 10^{-5}$
4	7,0	$\epsilon = 1,32 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon = 1,11 \cdot 10^{-4}$
5	9,0	$\epsilon = 1,30 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon = 2,45 \cdot 10^{-4}$
Kversetinining Co(II) li kompleksi			
6	7,0	$\epsilon = 1,50 \cdot 10^{-3}$	$\epsilon = 9,00 \cdot 10^{-4}$
Rutinning Fe(II) li kompleksi			
7	7,0	$\epsilon = 1,51 \cdot 10^{-3}$	$\epsilon = 4,56 \cdot 10^{-4}$
Rutinning Co(II) li kompleksi			
8	7,0	$\epsilon = 1,82 \cdot 10^{-3}$	$\epsilon = 4,44 \cdot 10^{-4}$

7-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, molyar yutilish koeffitsientining qiymati eritma muhitga bog'liq holda o'zgargan va ular asosida

kompleks birikmaning barqarorlik konstantalari ( $\beta'_K$ ) hisoblangan. Olingan natijalar 8-jadvalda keltirilgan.

**8-jadval**

**Komplekslarning turli muhitlardagi  $\beta'_K$ -barqarorlik konstantalari**

No	pH	273 nm	402 nm
Kversetinining Fe(II) li kompleksi			
1	2,0	$\beta'_K = 2,10 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,08 \cdot 10^{-3}$
2	4,0	$\beta'_K = 3,14 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,61 \cdot 10^{-3}$
3	6,0	$\beta'_K = 2,24 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,27 \cdot 10^{-3}$
4	7,0	$\beta'_K = 1,94 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,04 \cdot 10^{-3}$
5	9,0	$\beta'_K = 2,07 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,77 \cdot 10^{-3}$
Kversetinining Co(II) li kompleksi			
6	7,0	$\beta'_K = 1,20 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 1,05 \cdot 10^{-3}$
Rutinning Fe(II) li kompleksi			
7	7,0	$\beta'_K = 1,22 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 1,10 \cdot 10^{-3}$
Rutinning Co(II) li kompleksi			
8	7,0	$\beta'_K = 1,40 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 1,05 \cdot 10^{-3}$

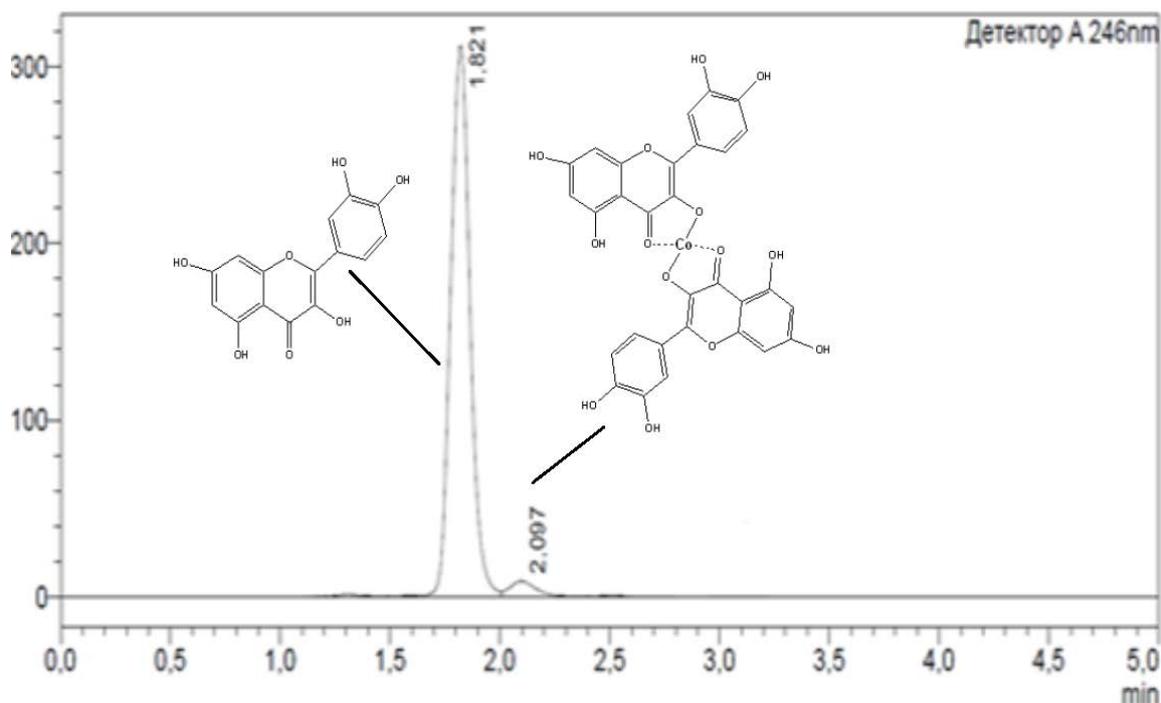
8-jadval ma'lumotlari asosida shuni qayd etish mumkinki, komplekslarning barqarorligiga eritma muhiti ta'sir ko'rsatdi, hamda hosil bo'lgan komplekslardagi bog'lar asosan kovalent va kovalentmas, ya'ni supramolekulyar sistemadir.

**Komplekslarni yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usulida tahlil qilish.** Kversetin va rutinning Fe<sup>2+</sup> va Co<sup>2+</sup> bilan hosil qilgan kompleks birikmalari, ya'ni reaksiya mahsulotlari YSSX usulida ham tahlil qilindi. Buning uchun quyidagicha maqbul sharoit tanlandi:

Tahlil vaqti, min	5
Temperatura	30 <sup>0</sup> C
Elyuent sarfi, ml/min	1 ml/min
$\lambda$ , nm	246 nm
Bufer	fosfatli bufer
pH	2,80
Elyuent	60% atsetonitril+40% fosfatli bufer
Turg'un faza	C18; 150mm x 4,6mm, 5 mkm

Kversetinni Co<sup>2+</sup> ionlari bilan reaksiyasi mahsulotlarining YUSSX da olingan xromatogrammasi 7-rasmda keltirilgan.

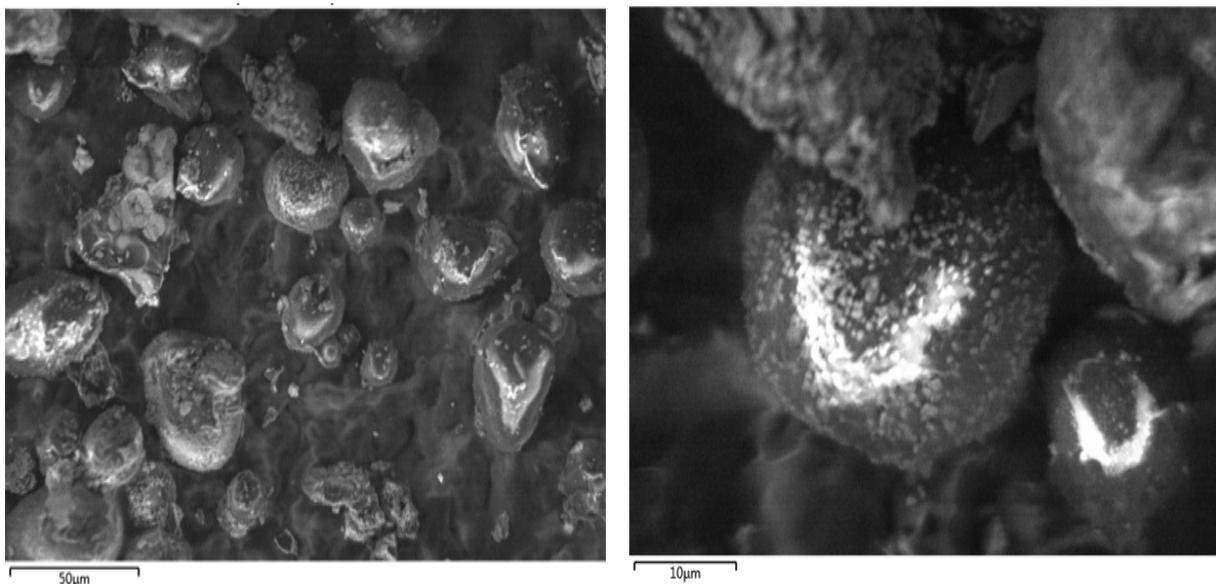
7-rasmdagi xromatogrammadan ko'rinib turibdiki, reaksiyon aralashmadagi toza holdagi kversetin va uning Co<sup>2+</sup> ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasi cho'qqilar bergan. Ularning miqdori mutlaq darajalash usuli yordamida aniqlangan. Yuqorida qayd etilgan xromatografik sharoitlarda izomolyar seriya bo'yicha tayyorlangan aralashmalarning tarkibi YSSX usulida ham o'rganilgan va natijada komplekslarning hosil bo'lishi isbotlangan.



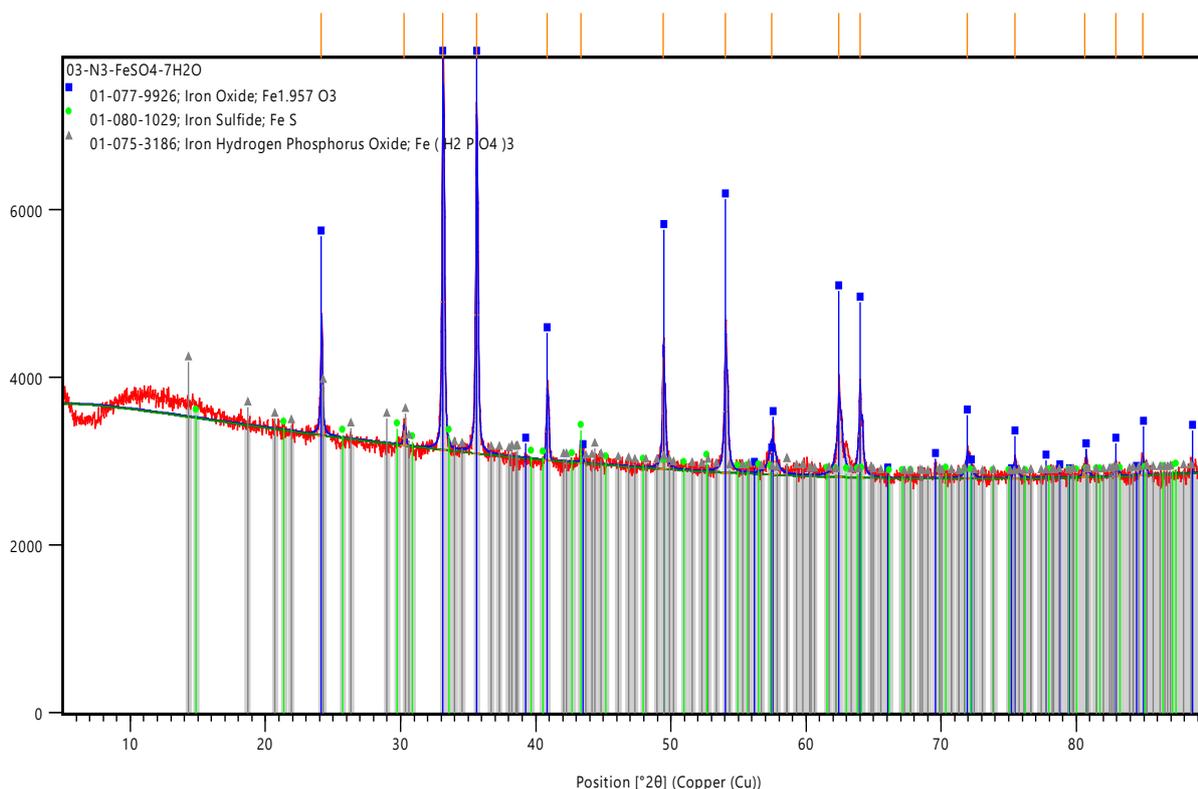
**7-rasm. Kversetin Co(II) kompleksining YSSU lida olingan xromatogrammasi**

Kversetinning  $\text{Fe}^{2+}$  va  $\text{Co}^{2+}$  ionlari bilan hosil qilgan komplekslarining Skanirlovchi Elektron Mikroskopidagi tasvirlari olingan va ular 8-rasmda berilgan.

O'simlik hujayrasida sintezni o'tkazish uchun Semiz o't (*Portulaca oleracea*) tanlandi. Uning hujayrasi mikroreaktor vazifasini o'tadi. Bunda hujayra suyuqligi tarkibida flavonoidlar mavjudligi hisobga olinib,  $\text{Fe}^{2+}$  ionlari hujayra ichiga yetkazib berildi. Buning uchun  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ning 0,005 M li eritmasi tayyorlandi va u bilan semiz o't 1 oy davomida oziqlantirildi. Shundan keyin semiz o't yig'ib olindi, quritildi va kuydirish pechkachida 750-800°C da amalga oshirildi. Hosil bo'lgan kul namunasi difraktometrik tahlildan o'tkazildi. Olingan difraktogramma 9-rasmda keltirilgan.



**8-rasm. Kversetinni  $\text{Fe}(\text{II})$  li kompleksining Skanerlovchi elektron mikroskopda I-500, II-2000 marta kattalashtirilgan tasvirlari**



### 9-rasm. Kuydirilish mahsuloti difraktogrammasi

Tahlil natijalariga ko‘ra namunaning asosiy tarkibi  $\text{Fe}_{1,957}\text{O}_3$ , juda kam miqdorda  $\text{FeS}$  va  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$  dan iborat. Bu esa nano o‘lchamdagi temir va boshqa metallar oksidlarini sintezida o‘simlik hujayrasidan mikroreaktor sifatida foydalanish mumkin ekanligini isbotlaydi.

Shunday qilib, kversetin va rutinlarning ba‘zi d-elementlar ionlari bilan komplekslari sintez qilindi, ularning xossalari kvant-kimyoviy usullarda o‘rganildi, hosil bo‘lgan kompleks birikmalarning barqarorliklari baholandi va ularning o‘simlik hujayrasida hosil bo‘lishi tadqiq etildi.

Ba‘zi d-elementlar ionlari bilan flavonoidlardan supramolekulyar sistemalar olish va ularning tadqiqi natijasida quyidagi xulosalarga kelindi:

### XULOSALAR

1. 6-31G\* ba‘zis to‘plamini qo‘llab, kversetin va rutinning  $\text{Fe}^{+2}$  va  $\text{Co}^{+2}$  ionlari bilan komplekslari Ab into usulida o‘rganildi hamda kversetin-Fe(II) kompleks tarkibidagi  $4\text{C}=\text{O}$  hamda 3-OH bo‘yicha hosil bo‘lgan vodorod bog‘ning energiyasi 28,912 kJ/mol, 3'-OH va 4'-OH o‘rtasidagi bog‘ uchun esa 76,361 kJ/mol ekanligi aniqlandi.

2.  $\text{Fe}^{+2}$  va  $\text{Co}^{+2}$  ionlarining kversetin hamda rutin bilan hosil qilgan birikmalarining tuzilishi UB-, IQ-spektroskopiya usullarida o‘rnatildi hamda yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usulida tasdiqlandi.

3. Kversetin va rutinning  $\text{Fe}^{+2}$  va  $\text{Co}^{+2}$  ionlari bilan hosil qilgan komplekslarining barqarorligi turli muhitlarda baholandi hamda beqarorlik konstantalari qiymatlarining pH ga bog‘liqligi isbotlandi.

4. Ba'zi d-elementlar ionlarining flavanoidlar bilan hosil qilgan birikmlarining termik parchalanish mahsulotlari ularning oksidlariga mos kelishi aniqlandi ( $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}_{1,957}\text{O}_3$ ).

5. Kversetinning  $\text{Fe}^{+2}$  va  $\text{Co}^{+2}$  ionlari bilan kompleks birikmalarini sintez qilish metodikasi "Samarkand England Eco-Medical" korxonasida amaliyotga joriy etildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.12.2019.К.02.05 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ  
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМЕНИ Ш. РАШИДОВА**  

---

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ШАРОФА РАШИДОВА**

**ИСМАТОВ ДАВЛАТ МУХИДДИН УГЛИ**

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИИ СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ  
ИОНОВ НЕКОТОРЫХ d-ЭЛЕМЕНТОВ С ФЛАВОНОИДАМИ**

**02.00.04 – Физическая химия**

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

**Самарканд – 2024**

Тема диссертации доктора философии (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2022.4.PhD/K559.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова.

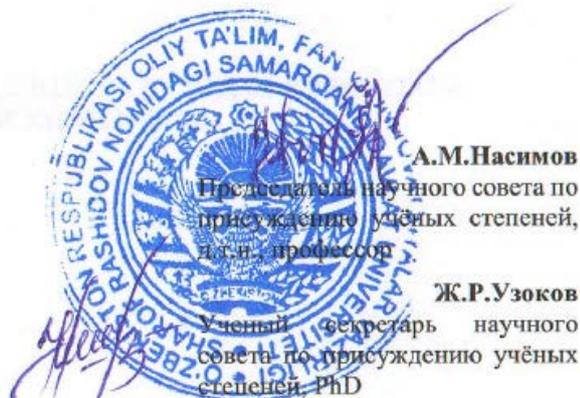
Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Ученого совета по адресу [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) и информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

Научный руководитель:	Мухамадиев Нурали Курбоналиевич доктор химических наук, профессор
Консультант:	Суяриён Курбон Джура кандидат химических наук, доцент
Официальные оппоненты:	Эшмаматова Нодира Бахрамовна доктор химических наук, доцент Мурадова Дилафруз Кадировна PhD, доцент
Ведущая организация:	Термезский государственный университет

Защита диссертации состоится «6» март 2024 года в 13<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.12.2019.K.02.05 при Самаркандском государственном университете имени Шарофа Рашидова. по адресу: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар, дом 15, Института Биохимии, Химический корпус, 220 кабинет. Тел.: (99866)239-11-40; Факс: (99866) 239-11-40. E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного университета имени Шарофа Рашидова (зарегистрировано за № 11. Адрес: 140104, г. Самарканд, Университетский бульвар дом 15, ИРЦ. (Фундаментальная библиотека СамГУ) Тел.: (99866)239-11-51. E-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)

Автореферат диссертации разослан «21» февраль 2024 года.  
(реестр протокола рассылки № 4 от «21» февраль 2024 г)



**А.М.Насимов**

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

**Ж.Р.Узюков**

Ученый секретарь научного  
совета по присуждению учёных  
степеней, PhD

**О.Н. Рузимурадов**

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

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

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мире с каждым годом успешно расширяются исследования по получению и изучению свойств супрамолекулярных комплексов на основе переходных металлов и органических лигандов. Многие комплексы металлов с органическими лигандами являются эффективными катализаторами различных реакций, средствами адресной доставки лекарств в медицине, уникальными магнитными, оптическими, полупроводниковыми и нано материалами. Поэтому важно создавать новые методы синтеза металлокомплексов с органическими лигандами, изучать их свойства и расширять область их применения. Кроме того, значительные результаты достигнуты в производстве оптических и диэлектрических органо-неорганических гибридных комплексов, нанопористых материалов с высокой адсорбционной способностью, селективных катализаторов фотокаталитических реакций, люминесцентных, сегнетоэлектрических и ферромагнитных материалов.

В мире проведено множество научных исследований по синтезу и изучению свойств комплексов металлов с органическими лигандами. В связи с этим, разработаны методы синтеза металлов с органическими лигандами и оптимизированы их условия. Кроме того, полученные комплексные соединения используются при создании высокоселективных катализаторов, производстве альтернативной энергетики, создании термозащитных покрытий, адресной доставке лекарств, получении наноматериалов, обладающих уникальными магнитными, оптическими и полупроводниковыми свойствами, выделении важных генов в генной инженерии и др. Важные результаты были получены относительно его использования при иммобилизации вирусов.

В нашей стране проводились научные исследования по синтезу комплексов на основе переходных металлов и органических лигандов и их практическое применение, получены важные результаты по строению и свойствам. В стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан «производство готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местного сырья, освоения принципиально новых видов продукции и технологий и на этой основе повышения конкурентоспособности» национальных товаров на внутреннем и внешнем рынках определены важные задачи по «применению». В связи с этим получение супрамолекулярных систем с использованием флавоноидов в качестве органических лигандов с ионами некоторых d-элементов и изучение их физико-химических свойств поможет открыть возможность использования комплексов для различных целей.

Указ Президента Республики Узбекистан №ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития

Республики Узбекистан на 2017-2021 годы»<sup>1</sup>, PQ-3236 от 23 августа 2017 года «О Программе развития химической промышленности на 2017-2021 годы», решение от 17 января 2018 года № ПХ-3479 «О мерах по стабильному обеспечению востребованной продукцией и сырьем отраслей экономики страны» и Реализация задач, указанных в других нормативных правовых документах, связанных с этой деятельностью, исследования выполняют на определенном уровне.

**Соответствие исследования приоритетных направлений развития науки и технологии в республике.** Данные исследования проводились в соответствии с VII приоритетом развития науки и технологий республики «Химия, химические технологии, нанотехнологии».

**Степень изученности проблемы.** Из анализа литературных данных известно, что исследования по выделению флавоноидов из состава растений, их свойств и образованию комплексов с некоторыми ионами элементов проводятся в ряде стран мира, в том числе в США, Англии, Германии, Франции, Японии, России, Таджикистана и Казахстана. Проведены ряд исследований по изучению количественного состава и синтеза полученных комплексов с некоторыми ионами металлов, изучению их физико-химических характеристик и оценке устойчивости полученных соединений. Кроме того, флавоноиды использовались в качестве восстановителей и были проведены ряд работ по получению «зеленых» наноматериалов в растительных клетках. При выполнении этих работ Лобанова И. Ю., Турецкова В. Ф., Мягчилов А. В., Трофимова Н. Н., Бабкин В. А., Вакульская Т., Чупарина Е. В., Шатхина Н. С., Вильмс А. Я. (Россия), Икрами М. Б., Тураева Г. Н. (Таджикистан), Назарова В. Д., Саликова Н. С., Бектемисова А. У. (Казахстан) и другие работы заслуживают должного внимания. В исследованиях по осуществлению синтеза «зеленых» наноматериалов, подбору его оптимальных условий, проверке взаимосвязи свойств и размеров особо заслуживают работы, проводимые в МГУ под руководством В. В. Макарова.

Среди ученых, внесших вклад в развитие этого направления в Узбекистане, можно отметить работы академиков С.Ю.Юнусова, О.С.Содинова, Н.А.Парпиева, Б.Ибрагимова, А.Тураева, профессоров Х.Т.Шарипова, Б.У.Умарова, Ш.Кадировой. Ботирова, Ш.В.Абдуллаева, А.М.Каримова и других. Заслуживают внимания работы по выделению флавоноидов из состава растений, установлению их структуры и свойств, получению комплексных соединений и изучению их строения и свойств.

С другой стороны, актуальной проблемой являются синтез комплексов флавоноидов с некоторыми ионами d-элемента, исследование их физико-химических свойств и оценки стабильности, а также возможностей использования, их для адресной доставки лекарственных средств.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательской работой высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертация.**

---

<sup>1</sup> Указ Президента Республики Узбекистан №ПФ-4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по пяти приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан»

Диссертационное исследование выполнено в рамках раздела «Новые методы синтеза, испытаний и переработки природных и синтетических материалов» плана научно-исследовательских работ Государственного университета имени Шарофа Рашидова и государственного гранта № ОТ-Ф7-83 (2017-2020 гг.).

**Цель исследования** – изучение механизмов образования супрамолекулярных систем флавоноидов с ионами некоторых d-элементов и устойчивости их комплексов.

**Задачи исследования:**

Квантово-химическая оценка некоторых ионных комплексов d-элемента с кверцетином и рутином;

синтез комплексов ионов некоторых d-элементов с кверцетином и рутином и установление их структуры;

определение констант устойчивости синтезированных комплексов методом изомолярных серий и оценка влияния pH на их стабильность;

изучение продуктов термического разложения комплексов ионов некоторых d-элементов с кверцетином и рутином.

**В качестве объекта** исследования были взяты флавоноиды кверцетина и рутина, соли некоторых d-элементов и их комплексные соединения.

**Предметом исследования** являются физико-химические свойства комплексов флавоноидов кверцетина и рутина с ионами некоторых d-элементов и их устойчивость.

**Методы исследования:** ИК-, УФ- и видимая спектроскопии, хроматография, рентгеновская дифрактометрия, сканирующая электронная микроскопия, статистические методы и программа GAUSSIAN-09.

**Научная новизна исследования заключается в следующем:**

квантово-химическим методом определены структура, энергия, электронные свойства и реакционная способность кверцетиновых и рутиновых комплексов ионов  $Fe^{2+}$  и  $Co^{2+}$ ;

синтезированы супрамолекулярные комплексы ионов  $Fe^{2+}$  и  $Co^{2+}$  с кверцетином и рутином, установлена их структура методами УФ- и ИК-спектроскопии и доказано, что комплексы образуются за счет нековалентных связей;

стабильность комплексов ионов  $Fe^{2+}$  и  $Co^{2+}$  с кверцетином и рутином при различных значениях pH оценивали методом изомолярных рядов и установили, что влияние окружающей среды на устойчивость соединений несущественно;

микрорентгеновским методом определены продукты термического разложения комплексов кверцетина и рутина с ионами  $Fe^{2+}$  и  $Co^{2+}$  и доказано, что в качестве основных продуктов образуются оксиды металлов.

**Практические результаты исследования заключаются в следующем:**

разработан метод квантово-химического расчета возможностей комплексообразования некоторых флавоноидов с ионами d-элементов;

оптимизированы условия синтеза комплексов некоторых ионов d-элемента с кверцетином и рутином;

разработан алгоритм оценки константы устойчивости комплексов методом изомолярных серий;

разработана методика оценки эффективности комплексов кверцетина с железом и кобальтом при адресной доставке лекарственных средств.

**Достоверность результатов исследования.** Полученные научные результаты и выводы основаны с помощью современных методах ИК-спектрометрии, УФ- и видимой спектроскопии, рентгеновской дифрактометрии, сканирующей электронной микроскопии, хроматографии, программе GAUSSIAN-09, статистических методах и квантово-химических методах исследования и расчета полученных данных.

**Научная и практическая значимость результатов исследования:** Научная значимость результатов исследований заключается в синтезе комплексных соединений флавоноидов, образованных ионами d-элементов, их строении, обосновании полуэмпирическими и *ab initio* квантово-химическими методами, определении их физико-химических свойств и Создание базы данных по устойчивости комплексных соединений - объясняется тем, что она служит для обогащения химии.

Практическая значимость результатов исследований объясняется реализацией процесса синтеза и метода расчета константы устойчивости, определением оптимальных условий синтеза и использованием при анализе физико-химических свойств комплексов.

#### **Внедрение результатов исследований.**

На основании научных результатов комплексных соединений флавоноидов с ионами d-металла:

методика исследования устойчивости комплексных соединений ионов  $Fe^{2+}$  с кверцетином внедрена в практику на СП «Samarkand England Eco-Medical» (Справка 01/1-249, выданный СП «Samarkand England Eco-Medical» от 24 мая 2023 г.). В результате появилась возможность доставлять ионы  $Fe^{2+}$  в организм человека в виде их комплексов с кверцетином;

методика исследования устойчивости комплексных соединений ионов  $Co^{2+}$  с кверцетином внедрена в практику на СП «Samarkand England Eco-Medical» (Справка 01/1-250, выданный СП «Samarkand England Eco-Medical» от 24 мая 2023 г.). В результате появилась возможность доставлять ионы  $Co^{2+}$  в организм человека в виде их комплексов с кверцетином.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследований были представлены и обсуждены на 10 научно-практических конференциях, в том числе 2 международных и 8 республиканских.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 1 статья опубликована в республиканских и 5 зарубежных журналах, рекомендованных к публикации основных научных результатов диссертаций на соискание доктора философии (PhD) ВАК Республики Узбекистан.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 103 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**В введении** обосновывается актуальность и необходимость проводимых исследований, описываются цели и задачи, объекты и предметы исследования, показывается совместимость с приоритетными направлениями развития науки и техники республики, научная ценность. Описаны новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, применение результатов исследования на практике, опубликованные работы и сведения о структуре диссертации.

Литературный обзор диссертации «**Комплексы флавоноидов с ионами металлов и их свойства**» (глава I) посвящен выяснению строения флавоноидов, реакционной способности гидроксильных и карбонильных групп, присутствующих в их ароматическом кольце, а также особенностей их строения в возможность образования комплексов с ионами металлов. Подробно рассмотрены факторы, влияющие на образование комплекса, и обобщены сведения о роли ионов различных металлов в стабилизации структуры флавоноидов. Обоснована актуальность и необходимость темы диссертации.

II глава диссертации посвящена объектам исследования, приведены сведения об используемых реагентах, методах синтеза комплексов и их анализа.

В качестве методов исследования комплексов использованы ИК-, УФ-спектроскопия и спектроскопия видимого спектра, хроматография, рентгеновская дифрактометрия, сканирующая электронная микроскопия, программа GAUSSIAN-09 и статистические методы, а также изучены методики статической обработки.

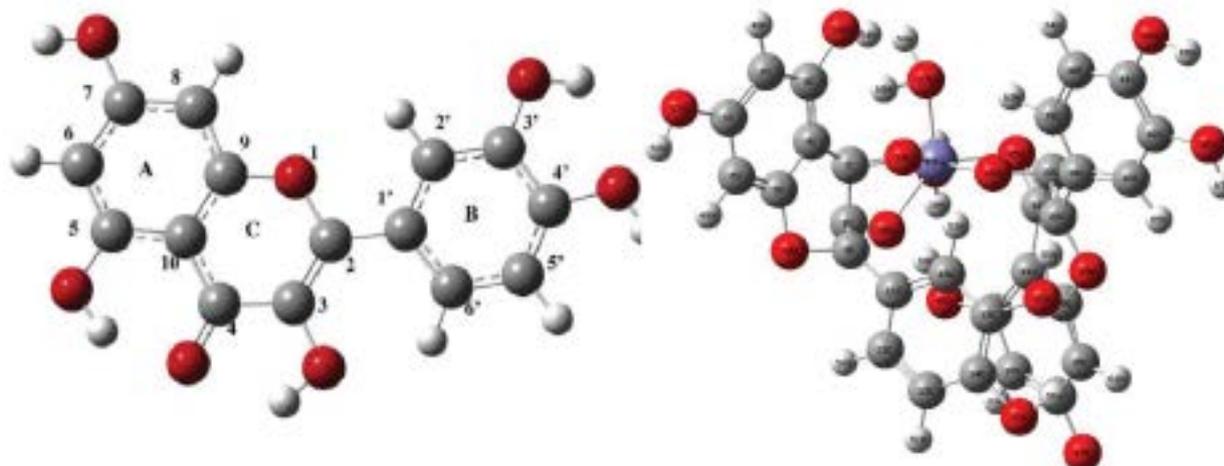
Глава III диссертации посвящена «**Квантово-химическому анализу образования комплексов с ионами Fe(II) и Co(II) некоторых флавоноидов**».

Квантово-химическая оценка комплексообразования кверцетина с ионами Fe(II). Благодаря карбонильным и гидроксильным группам, содержащимся во флавоноидах, возможно образование хелатного соединения с ионами металлов. Поэтому изучение механизмов образования хелатов с флавоноидами и некоторыми ионами d-металлов квантовохимическими методами, определение в них реакционных центров и их количественная оценка дает возможность установить связь «структура-свойство». С этой целью полуэмпирическими (PM3), Ab initio и DFT методами были изучены такие параметры, как механизм образования хелатного комплекса из флавоноида кверцетина и ионов Fe(II), константа устойчивости, распределение плотности заряда в молекуле, энергия активации.

Гликозидирование 3-ОН-группы в молекуле флавоноида (от кверцетина до рутины) приводит к частичной потере конъюгации. Это, в свою очередь, меняет индукционный эффект в молекуле. Это можно объяснить уменьшением энергии связи НОМО-LUMO (рис. 1).

3,5,7,3',4'-пентагидроксилы ароматического (А и С) и кислородсодержащего гетероциклического кольца флавоноида (С) участвуют

в образовании комплекса катиона Fe(II) с кверцетином. По данным метода DFT длины связей, образуемых ионом Fe(II) с 3'-ОН, 4'-ОН, 3-ОН и 5-ОН в кверцетине, составили 1,279 Å, 1,419 Å, 1,456 Å и 1,318 Å соответственно.



**Рис.1. Оптимизированная структура молекулы кверцетина и комплекса, образующегося с кверцетином-Fe(II) методом AM1.**

Также методом *Ab initio* были рассчитаны энергии связи катиона Fe(II) и различных гидроксильных и карбонильных групп кверцетина. Полученные результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Значения энергий связи комплекса кверцетина с катионом Fe(II), рассчитанные методом *Ab initio***

Комплекс	4C=O va 3-OH кДж/моль	3'-OH va 4'-OH кДж/моль	3C=O va 5-OH кДж/моль
Кверцетин-Fe(II)	28,912	76,361	24,365

Из данных, представленных в табл. 1, видно, что энергия образования связей функциональных групп наименьшая у связей 3C=O и 5-OH.

По методу Малликена рассчитаны константы устойчивости комплекса катиона Fe(II) с кверцетином и установлено, что константа устойчивости комплекса увеличивается с уменьшением длины связи.

Также была рассчитана энергия диссоциации связи ОН в фенольном кольце молекулы кверцетина, полученные результаты представлены в таблице 2.

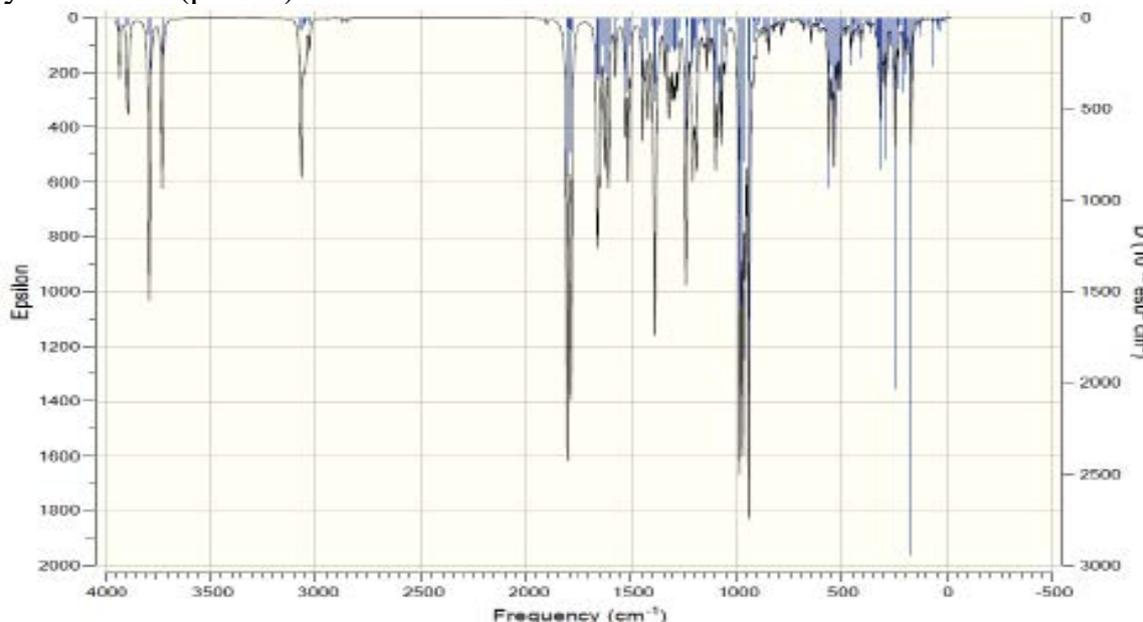
**Таблица 2**

**Энергия диссоциации групп ОН в фенольном кольце молекулы кверцетина**

Комплекс	7-ОН	5-ОН	3-ОН	3'-ОН	4'-ОН
Кверцетин-Fe(II)	14,17	26,08	17,40	16,28	14,36

Из таблицы 2 видно, что энергии диссоциации связей ОН в положениях 7, 4', 3', 3 и 5 фенольного кольца возрастают. Кроме того, водорода ОН группы в состояниях 7, 4', 3', 3 легко заменяются на ионы Fe<sup>2+</sup>.

Кроме того, с помощью программы Gaussian 09 были рассчитаны ИК-спектры комплекса Fe(II) и кверцетина и сопоставлены с экспериментальными результатами (рис. 2).



**Рис.2. ИК спектры кверцетина и его комплекса с ионами Fe(II), рассчитанные в Gaussian 09 и полученные экспериментально**

Из рис.2 видно, что образующиеся в ИК-спектрах комплекса высокоинтенсивные пики в диапазоне 1600 - 100 см<sup>-1</sup> относятся к валентным колебаниям связей С-Н ароматических колец, а пики в диапазон 3500 - 300 см<sup>-1</sup> к деформационными колебаниями ОН-групп. Также можно отметить, что пик спектра при 627 см<sup>-1</sup> формируется за счет деформационных колебаний связи Fe-O.

В квантово-химической оценке комплексообразования ионов Co(II) с кверцетином. Энергия связей, образуемых фенолом-ОН группы в молекуле кверцетина, и распределение электронной плотности в них имеют важное значение к образованию металлокомплексов. Поэтому энергии связи комплекса кверцетина с катионами Co(II) рассчитаны методом Ab initio. Полученные результаты представлены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Энергии связи комплекса кверцетина с катионом Co(II), рассчитанные Ab initio методом**

Комплекс	4C=O va 3-ОН, кДж/моль	3'-ОН va 4'-ОН, кДж/моль	3C=O va 5-ОН, кДж/моль
Кверцетин-Co (II)	61,248	64,152	70,115

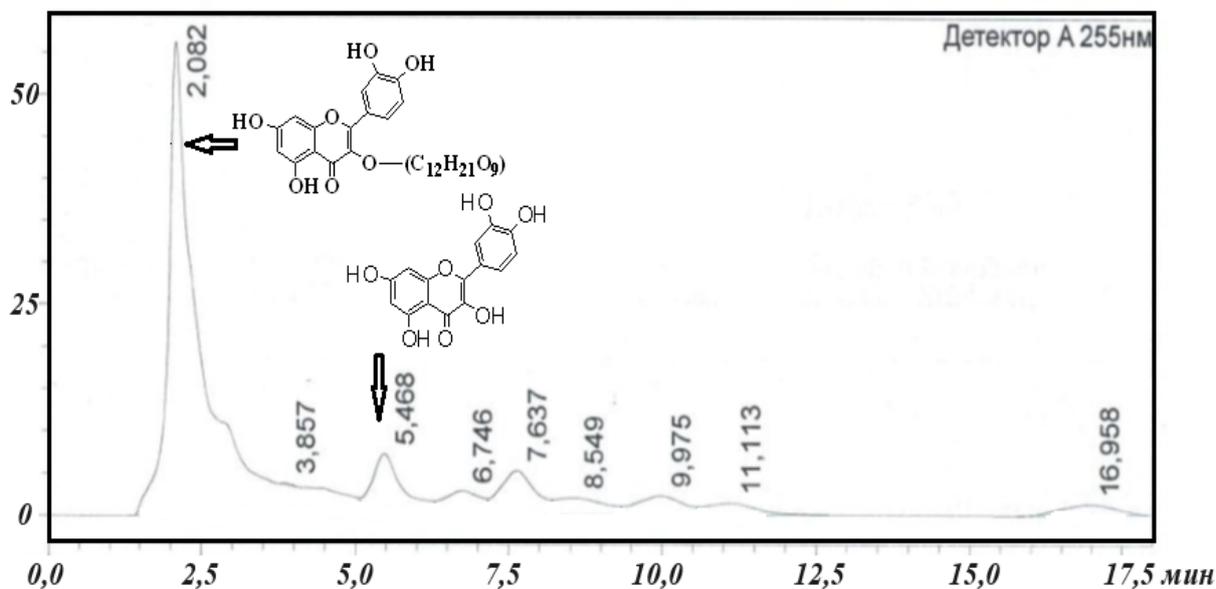
Из данных, представленных в таблице 3, можно отметить, что энергия связи зависит от положения ОН-группы в кольце и составляет 61,248, 64,152 и 70,115 кДж/моль соответственно.

В главе IV диссертации «**Комплексные соединения, образуемые некоторыми ионами d-элемента с кверцетином и рутином**» представлены данные, полученные в результате изучения разделения флавоноидов, содержащихся в растении кодонопсис, методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, синтеза, стабильности и описание комплексных соединений кверцетина и рутина с ионами d-элемента.

**Высокоэффективная жидкостная хроматография флавоноидов растения кодонопсис.** Флавоноиды – полифенольные соединения ряда C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>, которые синтезируются практически во всех растительных организмах, активно участвуют в окислительно-восстановительных процессах в растительном организме, участвуют в размножении растений, действуют как аттрактанты растениями насекомых. Флавоноиды, обнаруженные в растениях, представляют собой большую группу полифенольных соединений C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> (более 5000). Следовательно, растения можно использовать в качестве источника флавоноидов. Одним из растений, содержащих флавоноиды, является кодонопсис (Codonopsis).

Пробу массой 10,0 г, взятую для выделения флавоноидов из кодонопсиса, измельчали и экстрагировали 40% раствором этанола на обратном холодильнике (t = 75°C) в течение 30 минут. Полученные экстракты после охлаждения фильтровали и фильтраты использовали для определения флавоноидов в растениях.

Колонку размером 4,6×150 мм, заполненную эталонной фазой C18, использовали для разделения и определения флавоноидов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. В качестве элюента использовали 5% раствор ацетонитрила и ортофосфорной кислоты (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) в воде (pH=3,5) в соотношении 1:3. Расход элюента - 0,8 мл/мин. Спектрофотометрический детектор, 255 нм. Объем образца, подаваемого в колонку, составляет 5 мкл. Хроматограмма растительных экстрактов, полученных в оптимальных условиях, представлена на рисунке 3.

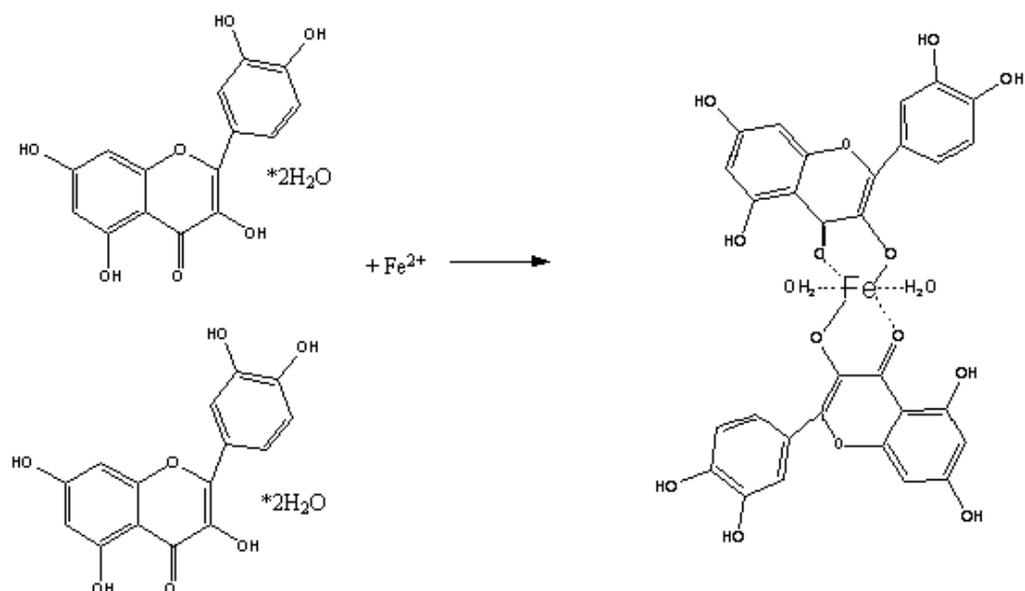


**Рис.3. Хроматограмма экстракта растения кодонопсис**

Для количественного анализа строили графики зависимости концентрации стандартных растворов от высоты хроматографического пика (площади) отдельно для кверцетина и рутина, а степень зависимости калибровочной кривой оценивали путем расчета коэффициента корреляции. Количество рутина, определенное в пробе, составило  $63,762 \pm 5,212$  мг/100 г, а количество кверцетина -  $1,084 \pm 0,082$  мг/100 г. Кверцетин (99,8%) и рутин (99,2%) хроматографически отделяли от образца, очищали и использовали в дальнейших исследованиях по оценке устойчивости комплексов.

**Синтез комплекса кверцетина с ионами железа (II) и оценка ее стабильности.** Флавоноиды образуют комплексы с некоторыми d-металлами как полифункциональные соединения. Поэтому получение комплексов флавоноидов с некоторыми ионами d-металлов является одной из актуальных задач. Кроме того, комплексы улучшают фармакологические и биологические свойства флавоноидов.

**Синтез комплекса.** При комнатной температуре смешивали растворы 0,120 г кверцетина (C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>), растворенного в 25 мл метанола, и 0,055 г FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, растворенного в 10 мл метанола. Смесь непрерывно перемешивали на водяной бане, снабженной обратным холодильником, при 60°C в течение 2 часов, а затем охлаждали до комнатной температуры. В результате происходит следующая реакция (рис. 4):



**Рис.4. Уравнение реакции кверцетина с ионами Fe(II)**

Полученный темно-коричневый осадок промывали водой, затем метанолом, с целью очищения от непрореагировавших  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и кверцетина и сушили. Полученное комплексное соединение было использовано для исследований физико-химических свойств комплексов.

Полученный комплекс растворим в смеси метанол-вода (объемное соотношение 1:1), этаноле, ДМСО (диметилсульфоксид), трис-НСl-ДМСО, нерастворим в воде и четыреххлористом углероде.

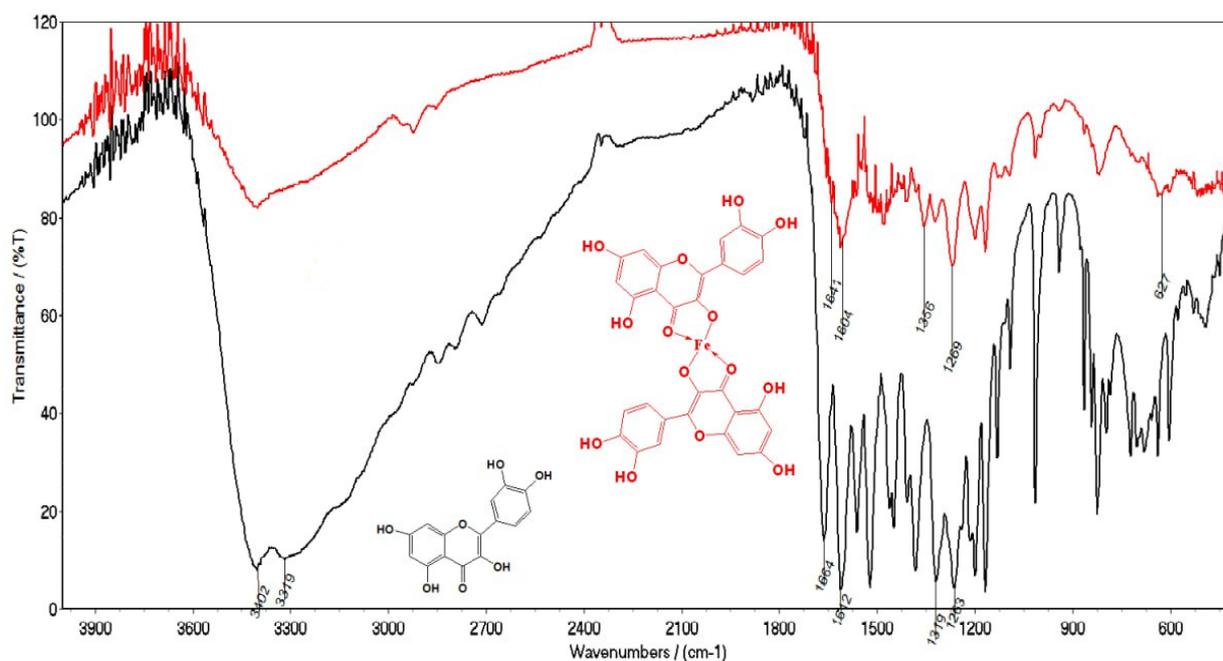
Сухой образец использовали для получения ИК-спектров полученного комплексного соединения, а его раствор в смеси метанол:вода (1:1) - для получения УФ- и видимого спектров.

По ИК-спектру образца была определена структура синтезированного комплекса (рис. 5). Значения характеристических спектров кверцетина и комплексного соединения представлены в таблице 4.

**Таблица 4**

**Полосы поглощения в ИК-спектрах комплекса кверцетина с ионом  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{cm}^{-1}$**

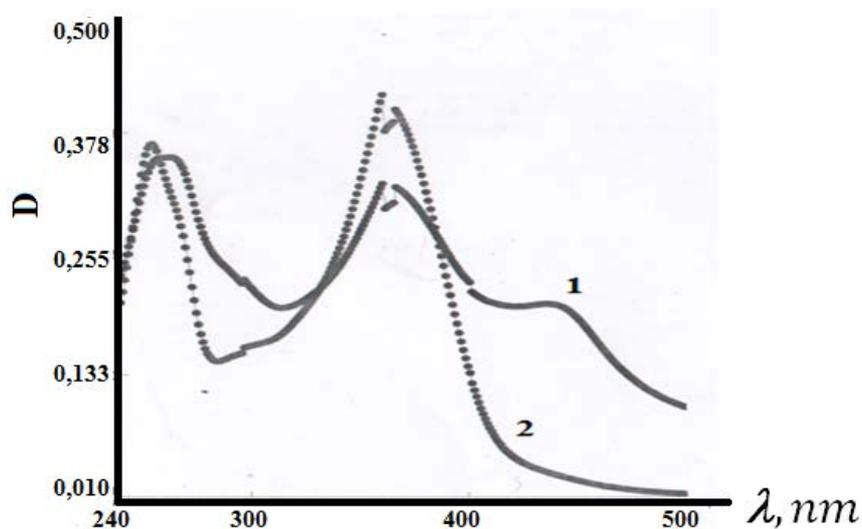
	$\nu(\text{C}=\text{O})$	$\nu(\text{C}=\text{C})$	$\nu(\text{O}-\text{H})$	$\nu(\text{C}-\text{O}-\text{H})$	$\nu(\text{C}-\text{O}-\text{C})$	$\nu(\text{Fe}-\text{O})$
Кверцетин	1664	1612	3402-3319	1319	1263	-
Комплекс	1641	1604	3205	1356	1269	627



**Рис.5. ИК-спектры кверцетина и его комплекса с Fe(II)**

Как видно из данных, представленных в таблице 4 и рисунка 5, спектр  $\text{C}=\text{O}$  свободного кверцетина появляется при  $1664 \text{ см}^{-1}$ , тогда как в комплексе этот спектр смещается до  $1641 \text{ см}^{-1}$ . Этот сдвиг подтверждает связывание карбонильного кислорода с ионом металла. Спектры при  $1612 \text{ см}^{-1}$  и  $1263 \text{ см}^{-1}$  связаны с колебаниями  $\nu(\text{C}=\text{C})$  и  $\nu(\text{C}-\text{O}-\text{C})$ , которые в металлокомплексе сдвинуты до  $1604 \text{ см}^{-1}$  и  $1269 \text{ см}^{-1}$  соответственно. Это доказывает, что произошла координация металла. Кроме того, колебательный спектр  $\text{Fe}-\text{O}$  при  $627 \text{ см}^{-1}$  указывает на образование металлокомплекса, тогда как свободный кверцетин не имеет такой связи. При наличии молекулы воды в кверцетине, взятом в качестве реагента, формировались широкодиапазонные спектры для частот  $3402\text{-}3319 \text{ см}^{-1}$  в кверцетине и  $3205 \text{ см}^{-1}$  в комплексе содержание (ОН) группы.

Кроме того, синтезированный комплекс был исследован также методом УФ-спектроскопии. УФ-спектр комплекса получен в растворе образца в смеси метанола и воды (1:1) и представлен на рис.6.



**Рис.6. Спектры поглощения комплекса (1) и чистого кверцетина (2)**

Как видно из данных, представленных на рисунке 6, в УФ-спектре поглощения кверцетина зафиксированы два основных максимума поглощения. Эти спектры характеризуют поглощение кольца В при 372 нм (полоса I) (циннамоильная система) и поглощение кольца А при 256 нм (полоса II) (бензольная система). УФ-спектры поглощения комплекса являются результатом батохромных сдвигов. В спектре комплекса в растворе метанола и воды (соотношение 1:1) соответствует 263 нм (полоса IV) и 436 нм (полоса III). Появление новых максимумов указывает на то, что в комплексе происходят батохромные сдвиги на 7 нм и 64 нм. Эти изменения легко наблюдать по спектрам, представленным на рис. 6. Эти сдвиги подтверждают образование комплекса кверцетина с железом. Кроме того, это можно объяснить батохромным сдвигом поглощения обеих полос и кислой природой протона 3-гидроксигруппы, поэтому обмен происходит за счет 3-ОН-группы, а водородная связь образуется за счет 4-кетогруппы. Тот факт, что 5-ОН-группа не участвовала в образовании комплекса, объясняется его низкой протонной кислотностью и появлением сферических затруднений.

**Оценка устойчивости комплексов кверцетина с ионом  $Me(II)$ .** Для изучения состава и устойчивости комплексных соединений, образующихся под действием комплексообразующих металлов (M) и лиганда (R) в растворе, обычно готовят серию изомолярных растворов с различным соотношением начальных концентраций реагентов, а затем измеряют УФ-спектры (оптические плотности) этих растворов на определенных длинах волн ( $\lambda$ ). На основании результатов, полученных методом изомолярных серии, рассчитана константа устойчивости ( $\beta$ ) образующегося в растворе комплексного соединения. Обычно наряду с константами устойчивости определяют и моляльный коэффициент поглощения комплексного соединения. Которая рассчитывается по следующей формуле:

$$\varepsilon_{ij} = \sqrt{\frac{A_i \cdot (A_j)^2 - A_j \cdot (A_i)^2}{A_j \cdot C_{Mi} \cdot C_{Ri} - A_i \cdot C_{Mj} \cdot C_{Rj}}}$$

где  $\varepsilon_{ij}$ -молярный коэффициент поглощения комплекса;  $C_{Mi}$ ,  $C_{Mj}$ ,  $C_{Ri}$ ,  $C_{Rj}$  начальные концентрации ионов металла (M) и лиганда (R) в растворах  $i$  и  $j$  соответственно;  $A_i$  и  $A_j$  — разные оптические плотности одних и тех же растворов при разных  $\lambda$ , нм.

На основании среднего значения молярного коэффициента поглощения рассчитывают константу устойчивости ( $\beta'_K$ ) исследуемого комплексного соединения по следующей формуле:

$$\beta'_K = \frac{A/\varepsilon_K}{\left(C_R - \frac{A}{\varepsilon_K}\right) \cdot \left(C_M - \frac{A}{\varepsilon_K}\right)},$$

Для определения константы устойчивости готовили растворы кверцетина ( $C_{15}H_{10}O_7$ ) и  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  с исходной концентрацией 0,0001 моль/л, затем из полученных растворов приготовили ряд изомолярных серий, для изучения оптической плотности. Данные приведены в таблице 5.

**Таблица 5**

**Серия изомолярных растворов**

№	$C_{Me}$ моль/л	$C_R$ моль/л
1	0,00010	0,00090
2	0,00020	0,00080
3	0,00030	0,00070
4	0,00040	0,00060
5	0,00050	0,00050
6	0,00060	0,00040
7	0,00070	0,00030
8	0,00080	0,00020
9	0,00090	0,00010

Оптические плотности приготовленных растворов измеряли в кварцевой кювете толщиной  $l = 1$  см. Полученные результаты представлены в таблице 6. Аналогичные измерения были проведены в разных средах, значениях pH 2,0, 4,0, 6,0, 7,0 и 9,0.

**Таблица 6**

**Оптическая плотность, измеренная в изомолярном ряду при pH=7,0**

№	$C_M$ моль/л	$C_R$ моль/л	$C_M/C_R$	A 273 nm	A 402 nm
1	0,00010	0,00090	0,11	0,059	0,037
2	0,00020	0,00080	0,25	0,097	0,072
3	0,00030	0,00070	0,43	0,079	0,064
4	0,00040	0,00060	0,67	0,083	0,067
5	0,00050	0,00050	1,00	0,068	0,054
6	0,00060	0,00040	1,50	0,071	0,059
7	0,00070	0,00030	2,33	0,056	0,050
8	0,00080	0,00020	4,00	0,056	0,052
9	0,00090	0,00010	9,00	0,064	0,055

Определенные в результате экспериментов значения молярных коэффициентов поглощения ( $\epsilon$ ) в различных средах для комплексов кверцетина и рутина с ионами Fe(II) и Co(II) представлены в таблице 7.

**Таблица 7**

**Значения молярных коэффициентов поглощения комплексов в различных средах**

№	pH	273 nm	402 nm
Комплекс кверцетина с Fe(II)			
1	2,0	$\epsilon = 6,95 \cdot 10^{-5}$	$\epsilon = 2,23 \cdot 10^{-5}$
2	4,0	$\epsilon = 2,39 \cdot 10^{-5}$	$\epsilon = 2,43 \cdot 10^{-5}$
3	6,0	$\epsilon = 7,33 \cdot 10^{-5}$	$\epsilon = 6,44 \cdot 10^{-5}$
4	7,0	$\epsilon = 1,32 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon = 1,11 \cdot 10^{-4}$
5	9,0	$\epsilon = 1,30 \cdot 10^{-4}$	$\epsilon = 2,45 \cdot 10^{-4}$
Комплекс кверцетина с Co(II)			
6	7,0	$\epsilon = 1,50 \cdot 10^{-3}$	$\epsilon = 9,00 \cdot 10^{-4}$
Комплекс рутина с Fe(II)			
7	7,0	$\epsilon = 1,51 \cdot 10^{-3}$	$\epsilon = 4,56 \cdot 10^{-4}$
Комплекс рутина с Co(II)			
8	7,0	$\epsilon = 1,82 \cdot 10^{-3}$	$\epsilon = 4,44 \cdot 10^{-4}$

Из данных таблицы 7 видно, что значение молярного коэффициента поглощения изменялось в зависимости от среды раствора. На их основе рассчитаны константы устойчивости комплексного соединения ( $\beta'_K$ ). Полученные результаты представлены в таблице 8.

**Таблица 8**

**$\beta'_K$ - константы устойчивости комплекса в различных средах**

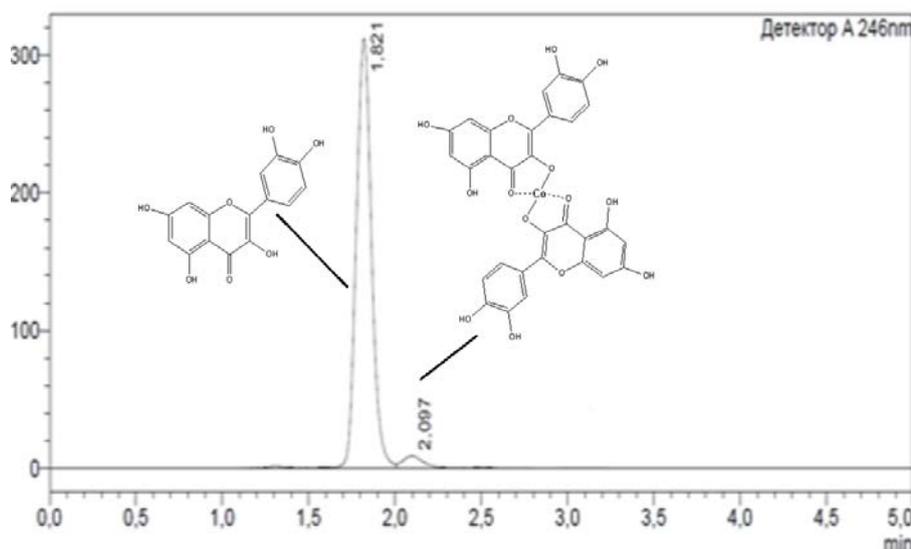
№	pH	273 nm	402 nm
Комплекс кверцетина с Fe(II)			
1	2,0	$\beta'_K = 2,10 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,08 \cdot 10^{-3}$
2	4,0	$\beta'_K = 3,14 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,61 \cdot 10^{-3}$
3	6,0	$\beta'_K = 2,24 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,27 \cdot 10^{-3}$
4	7,0	$\beta'_K = 1,94 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,04 \cdot 10^{-3}$
5	9,0	$\beta'_K = 2,07 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 2,77 \cdot 10^{-3}$
Комплекс кверцетина с Co(II)			
6	7,0	$\beta'_K = 1,20 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 1,05 \cdot 10^{-3}$
Комплекс рутина с Fe(II)			
7	7,0	$\beta'_K = 1,22 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 1,10 \cdot 10^{-3}$
Комплекс рутина с Co(II)			
8	7,0	$\beta'_K = 1,40 \cdot 10^{-3}$	$\beta'_K = 1,05 \cdot 10^{-3}$

По данным табл. 8 можно отметить, что влияние среды раствора на устойчивость комплексов незначительно, а связи в образующихся комплексах являются преимущественно ковалентными и нековалентными, то есть супрамолекулярными системами.

Анализ комплексов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Методом ВЭЖХ также анализировали комплексные соединения, образуемые кверцетином и рутином с  $Fe^{2+}$  и  $Co^{2+}$ , т.е. продукты реакции. Для этого были выбраны следующие оптимальные условия:

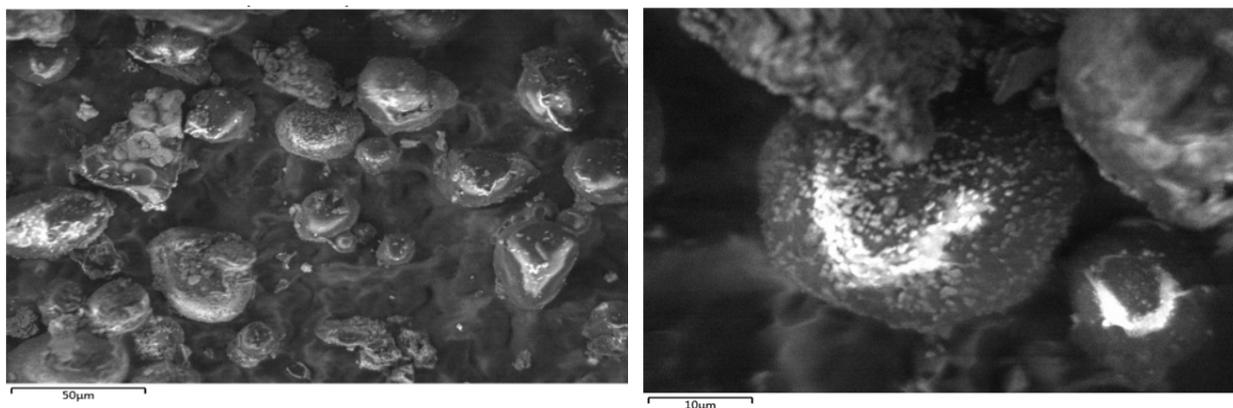
Время анализа, мин	5
Температура	30°C
Расход элюента, мл/мин	1 мл/мин
$\lambda$ , nm	246 nm
Буфер	фосфатный буфер
pH	2,80
Элюент	60% ацетонитрил+40% фосфатный буфер
Неподвижная фаза	C18; 150мм x 4,6мм, 5 мкм

Хроматограмма продуктов реакции кверцетина с ионами  $Co^{2+}$ , полученных в ВЭЖХ, представлена на рис. 7. Как видно из хроматограммы на рисунке 7, чистый кверцетин в реакционной смеси и его комплекс с ионами  $Co^{2+}$  образуют пики. Их количество определялось методом абсолютной оценки. Состав смесей, полученных по изомолярному ряду в указанных выше хроматографических условиях, также был изучен методом ВЭЖХ, на основании которого было доказано образование комплексов.



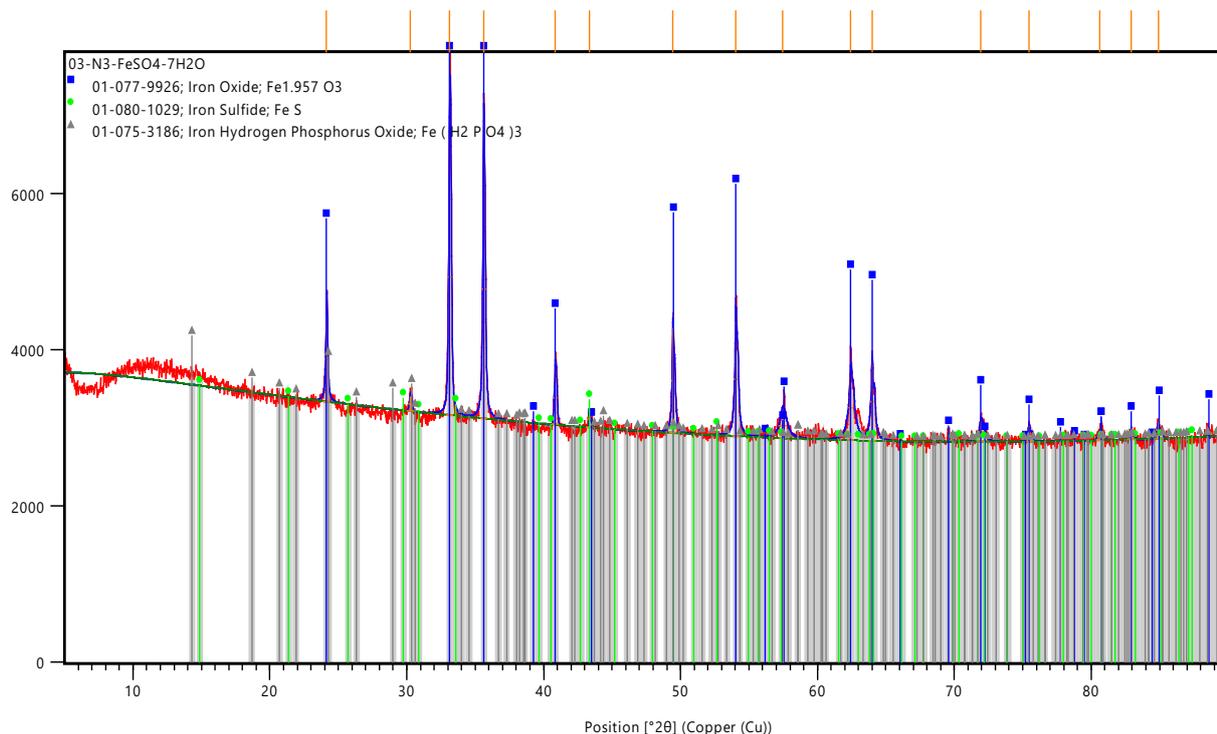
**Рис.7. Хроматограмма комплекса кверцетина  $Co(II)$ , полученная в ВЭЖХ**

Полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа изображения комплексов кверцетина с ионами  $Fe^{2+}$  и  $Co^{2+}$  представлены на рис. 8.



**Рис.8. I-500, II-2000-кратное увеличение изображений комплекса кверцетина с Fe(II) в сканирующем электронном микроскопе.**

Портулак огородный (*Portulaca oleracea*) был выбран для проведения синтеза в растительной клетке. Его ячейка действует как микрореактор. Учитывая наличие флавоноидов в клеточной жидкости, ионы  $Fe^{2+}$  доставлялись в клетку. Для этого готовили 0,005 М раствор  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  и подкармливали им указанной травой в течение 1 месяца. После этого портулак огородный собирали, сушили и прокаливали в печи при температуре 750-800°C. Полученную золу подвергали дифрактометрическому анализу. Дифрактограмма которого представлена на рис. 9.



**Рис. 9. Дифрактограмма продукта прокаливания**

По результатам анализа основной состав образца состоит из  $Fe_{1,957}O_3$ , очень незначительного количества  $FeS$  и  $Fe(H_2PO_4)_3$ . Это доказывает, что растительную клетку можно использовать в качестве микрореактора при синтезе наноразмерных оксидов железа и других металлов.

Таким образом, были синтезированы комплексы кверцетина и рутина с некоторыми ионами d-элемента, изучены их свойства квантово-химическими методами, оценена устойчивость образующихся комплексов и изучена их образование в растительных клетках.

По результатам полученных супрамолекулярных систем из флавоноидов с ионами некоторых d-элементов и их исследований сделаны следующие выводы:

## ВЫВОДЫ

1. С использованием базиса 6-31G\* методом Ab initio исследованы комплексы кверцетина и рутина с ионами  $Fe^{+2}$  и  $Co^{+2}$ , а также энергия водородной связи, образованной 4C=O и 3-OH. в комплексе кверцетин-Fe(II) составила 28,912 кДж/моль, а для связи между 3'-ОН и 4'-ОН равна 76,361 кДж/моль.

2. Строение соединений, образованных ионами  $Fe^{+2}$  и  $Co^{+2}$  с кверцетином и рутином, установлено методами УФ- и ИК-спектроскопии и подтверждено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

3. Оценена устойчивость комплексов кверцетина и рутина с ионами  $Fe^{+2}$  и  $Co^{+2}$  в различных средах и доказана зависимость значений констант нестабильности от pH.

4. Установлено, что продукты термического разложения соединений, образованных ионами некоторых d-элементов с флавоноидами, соответствуют их оксидам ( $Fe \rightarrow Fe_{1,957}O_3$ ).

5. Метод синтеза комплексных соединений кверцетина с ионами  $Fe^{+2}$  и  $Co^{+2}$  внедрен в практику на совместном предприятии «Samarkand England Eco-Medical»

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
PhD.03/30.12.2019.K.02.05 AT SAMARKAND STATE UNIVERSITY  
NAMED AFTER SH.RASHIDOV**

---

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY NAMED AFTER SHAROF  
RASHIDOV**

**ISMATOV DAVLAT MUKHIDDIN UGLI**

**SYNTHESIS AND STUDY OF SUPRAMOLECULAR SYSTEMS OF IONS  
OF SOME d-ELEMENTS WITH FLAVONOIDS**

**02.00.04 – Physical chemistry**

**DISSERTATION ABSTRACT OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)  
IN CHEMICAL SCIENCES**

**Samarkand – 2024**

The theme of dissertation for doctor of philosophy (PhD) was registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.4.PhD/K559.

The dissertation research has been carried out at the Samarkand State University named after Sh.Rashidov.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online at [www.samdu.uz](http://www.samdu.uz) Scientific Council and on website of «ZiyoNet» information-education portal ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:** Mukhamadiev Nurali Kurbonalievich  
Doctor of chemical sciences, professor

**Scientific advisor:** Suyariyon Kurbon Jura  
Candidate of chemical sciences, docent

**Official opponents:** Eshmamatova Nodira Bakhramovna  
Doctor of chemical sciences, docent

Muradova Dilafuz Kadirovna  
PhD, docent

**Leading organization:** Termiz state university

The defense of the dissertation will take place on "6" *may* 2024 at «13<sup>00</sup>» o'clock at the meeting of the Scientific Council awarding scientific degrees Ph.D.03/30.12.2019.K.02.05 at Samarkand State University named after Sh.Rashidov (address: 140104, Samarkand city, University Blvd., 15, Institute of Biochemistry, Building of the Chemistry Department, room 220.Ph: (99866) 239-11-40, fax; (99866) 239-11-40. e-mail: [devonxona@samdu.uz](mailto:devonxona@samdu.uz)).

The dissertation has been registered at the Information Resource Centre of Samarkand State University named after Sh.Rashidov № *11*. (Address; 140104, Samarkand city, University Blvd., 15, IRC, Ph.: (99866) 239-11-51. E-mail: [m\\_nasrullaeva@mail.ru](mailto:m_nasrullaeva@mail.ru)).

The abstract of the dissertation has been distributed on «*21*» *february* 2024 y.  
Protocol at the register № *4* dated «*21*» *february* 2024 y.



**A.M. Nasimov**  
Chairman of the Scientific Council  
awarding scientific degrees, doctor  
of technical sciences, professor

**J.R. Uzokov**  
Scientific Secretary of the  
Scientific Council awarding  
scientific degrees, PhD

**O.N. Ruzimuradov**  
Chairman of the Scientific Seminar  
under Scientific Council awarding  
scientific degrees, doctor of  
chemical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)

**The purpose of the research work** is to study the formation mechanisms of supramolecular systems of flavonoids with the ions of some d-elements and the stability of their complexes.

**The objects of the research work:** flavonoids of quercetin and rutin, salts of some d-elements and their complex compounds.

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

The structure, energy, electronic properties and reactivity of quercetin and rutin complexes of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$  ions were determined by the quantum chemical method;

Supramolecular complexes of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$  ions with quercetin and rutin were synthesized, their structure was established using UV and IR spectroscopy, and it was proven that the complexes are formed due to non-covalent bonds;

The stability of complexes of  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$  ions with quercetin and rutin at various pH values was assessed by the isomolar series method and it was found that the influence of the environment on the stability of the compounds is insignificant;

The micro-X-ray method determined the products of thermal decomposition of complexes of quercetin and rutin with  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Co}^{2+}$  ions and proved that metal oxides are formed as the main products.

**Implementation of the research results.** Based on the scientific results of complex compounds of flavonoids with d-metal ions:

the methodology for determining the stability of the complex compounds of  $\text{Fe}^{2+}$  ions with quercetin was implemented into practice at the joint venture "Samarkand England Eco-Medical" (Reference No. 01/1-249 dated May 24, 2023 of the "Samarkand England Eco-Medical" joint venture). As a result, it became possible to deliver  $\text{Fe}^{2+}$  ions to the human body in the form of their complexes with quercetin;

the methodology of determining the stability of the complex compounds of  $\text{Co}^{2+}$  ions with quercetin has been implemented into practice at the joint venture "Samarkand England Eco-Medical" (Reference No. 01/1-250 dated May 24, 2023 of the "Samarkand England Eco-Medical" joint venture). As a result, it became possible to deliver  $\text{Co}^{2+}$  ions to the human body in the form of their complexes with quercetin.

**The structure and volume of the thesis.** The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, a list of references and appendices. The volume of the dissertation is 103 pages.

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

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Ismatov D. M., Mukhamadiev A. N., Mukhamadiev N. K., Keldiyorov M. A. Study of the chemical composition of allium oreoprasum alcoholic extract //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2021. – V. 2. – №. 2. – P. 255-259. ISSN 2660-4159.

<https://www.cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS/article/view/78>

2. Ismatov D. M., Arzimurodova X., Muxamadiyev A.N., Muxamadiyev N.Q., Uzoqov J.R. Kversetin flavonoidining Fe(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasini kvant kimyoviy baholash // Илмий ахборотнома, СамДУ. – 2022. - Т.131. – 1-сон. - 46-49 бет. (02.00.00 №9)

DOI: <https://doi.org/10.59251/2181-1296.v1.1312.114>

3. Arzimurodova X., Ismatov D. M., Uzokov J. R., Mukhamadiyev A. N., Mukhamadiev N. Q., Fattoyeva N. H. Quantum chemical evaluation of complex formation of Co (II) ions with quercetin molecule //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2022. – V. 3. – №. 3. – P. 338-344. ISSN 2660-4159.

<https://cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS/article/view/791>

4. Ismatov D. M., Mukhamadiyev N. Q. Synthesis of quersetin complex compounds with iron (II) ions assessment of its stability //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2022. – V. 3. – №. 3. – P. 329-337. ISSN 2660-4159.

<https://cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS/article/view/790>

5. Ismatov D. M., Mirzakhadjayeva L., Toshmatova R. V., Mukhamadiyev N. Q. Spectrophotometrical evaluation of the stability of melanine complex with Cu (II) ion //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2022. – V. 3. – №. 3. – P. 325-328. ISSN 2660-4159.

<https://www.cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS/article/view/789>

6. Ismatov D. M., Suyariyon K. D., Muhamadiyev N. Q. Synthesis of complex compounds of Iron (II) ions with quercetin in different environments and evaluation of their stability constants //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2023. – V. 4. – №. 3. – P. 476-483. ISSN 2660-4159.

<https://www.cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS/article/view/786>

**II bo'lim (II часть; part II)**

7. Ismatov D. M., Muxamadiyev N. Q. Kodonopsis o'simligi tarkibidagi flavonoidlarning yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi // Funktsional polimerlar fanining zamonaviy xolati va istiqbollari mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjuman (19-20 mart 2020). – Toshkent, 2020. - 131 b.

8. Ismatov D. M., Muxamadiyev N. Q., Ubaydullaev J. N. Arpabodiyon o'simligi tarkibidagi flavonoidlarni yuqori samarali suyuqlik xromatografiyasi usulida o'rganish // Tovarlar kimyosi hamda xalq tabobati muammolari va istiqbollari mavzusidagi Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya (18-19 sentyabr 2020). – Andijon, 2020. - 61-62 b.

9. H.I. Usmonova., Ismatov D. M., A.N. Muxamadiyev., N.Q. Muxamadiyev., M.A. Keldiyorov. Anzur piyoz metanolli ekstraktining GX-MS analizi // “Zamonaviy kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika miqyosidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi onlayn ilmiy-amaliy anjumani to‘plami (4-5 dekabr 2020). – Buxoro, 2020. - 447-448 b.

10. Ismatov D. M., Mukhamadiev N.Q., Arzimurodova Kh. Study of the quercetin complex with Fe(II) // "Actual problems of the chemistry of natural compounds» Scientific conference of young scientists (March 17, 2022). – Toshkent, 2022. – P. 196.

11. Ismatov D. M., Muxamadiyev N.Q. Kversetinni Fe(II) ioni bilan kompleksining barqarorligini spektrofotometrik usulda baholash // «Инновационные технологии переработки минерального и техногенного сырья химической, металлургической, нефтехимической отраслей и производства строительных материалов» Институт общей и неорганической химии АН РУз (12-14 май 2022). – Ташкент, 2022. - 79-81 ст.

12. Ismatov D. M., Muxamadiyev N.Q. Kversetin flavonoidining Fe(II) ionlari bilan hosil qilgan kompleks birikmasini kvant kimyoviy baholash // “Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiya (19-21 may 2022). – Termiz, 2022. - 53-54 b.

13. Ismatov D. M., L.Mirzaxadjayeva., R.V.Toshmatova., N.Q.Muxamadiyev. Melaninni Cu(II) ioni bilan kompleksining barqarorligini spektrofotometrik usulda baholash // Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida kimyo texnologiya, kimyo va oziq-ovqat sanoatidagi muammolar va ularni bartaraf etish yo‘llari» mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya (3-4 iyun 2022). – Namangan, 2022. – T.2. - 349-351 b.

14. Ismatov D. M., Muxamadiyev N.Q. Co(II) ionlarining flavonoid kversetin bilan kompleks hosil qilishini kvant kimyoviy baholash // «Kimyoning rivojida fundamental, amaliy tadqiqotlar va ularning istiqbollari» mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani (22-23 sentyabr 2022). – Toshkent, 2022. - 227-229 b.

15. Ismatov D. M., Muxamadiyev N.Q. Kversetin-temir (II) kompleksining UB-tahlilini o‘rganish // “Kimyo va kimyo ta’limi muammolari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjuman (20 sentabr 2022). – Qo‘qon, 2022. - 17-19 b.

16. Ismatov D.M., Suyariyon K.D., Muxamadiyev N.Q. Kversetinning Zn(II) ioni bilan xosil qilgan kompleksini barqarorlik konstantasini UB-spektrofotometrik usulda aniqlash // “Koordinatsion birikmalar kimyosining hozirgi zamon muammolari” mavzusida Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya (22-23 dekabr 2022). – Buxoro, 2022. - 195-198 b.

Avtoreferat Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universitetining “Ilmiy axborotnoma”  
jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlari o‘zaro  
muvofiqlashtirildi (07.12.2023).

Bosmaxona tasdiqnomasi:



4268

2024-yil 19-fevralda bosishga ruxsat etildi:  
Ofset bosma qog‘ozi. Qog‘oz bichimi 60x84<sub>1/16</sub>.  
“Times” garniturasini. Ofset bosma usuli.  
Hisob-nashriyot t.: 2,7. Shartli b.t. 2,0.  
Adadi 100 nusxa. Buyurtma № 19/02.

---

SamDChTI nashr-matbaa markazida chop etildi.  
Manzil: Samarqand sh., Bo‘stonsaroy ko‘chasi, 93.