

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

RENİUMUN O- VƏ N- DONOR LİQANDLI KOMPLEKS BİRLƏŞMƏLƏRİNİN SİNTEZİ VƏ XASSƏLƏRİ

İxtisas: 2303.01 - “Qeyri-üzvi kimya”

Elm sahəsi: Kimya

İddiaçı: **Fidan Daxil qızı Qüdrətova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim olunmuş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı-2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Kimya və qeyri-üzvi maddələrin texnologiyası” kafedrasının laboratoriyasında və “Yeni kimyəvi materiallar və texnologiyalar” ETL-də yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: kimya üzrə elmlər doktoru, professor
Minirə Məhəmməd Əli qızı Ağahüseynova

Rəsmi opponentlər: k.e.d., professor
İmir İlyas oğlu Əliyev
k.e.d., professor
Teymur Məmməd oğlu İlyaslı
k.ü.f.d., dosent
Gülputa Gülbaba qızı Şəfaqətova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının AMEA-ın akademik M.F.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.15 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

k.e.d., akademik
Dilqəm Bəbir oğlu Tağıyev

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

k.ü.f.d., dosent
Ülviyyə Əhməd qızı Məmmədova

Elmi seminarın sədri:

k.e.d., professor
Akif Şıxan oğlu Əliyev



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi: Qeyri-üzvi kimya cəmiyyətimizin gələcək elmi-texniki tərəqqisini və funksiyalaşdırılmasını müəyyən edən bir çox mühüm maddələr və materialların yaradılmasının əsasını təşkil edir. Hal-hazırda qeyri-üzvi kimyanın inkişaf etdiyi əsas istiqamətlərdən biri – koordinasiya birləşmələrin kimyasıdır. Son onillikdə qeyri-üzvi kimyanın inkişafının xarakterik tendensiyası D.İ.Mendeleyevin dövrü sisteminin bütün elementlərinin elmi-texniki tərəqqi sferasına intensiv cəlb edilməsidir. Nadir və səpələnmiş elementlərin koordinasiya kimyası xüsusi inkişaf tapmışdır. Bu elementlərə renium da aiddir. Renium kimyası üzrə biliklərin səviyyəsi dəfələrlə artmışdır, baxmayaraqki, reniumun kəşfindən cəmi 80 il vaxt keçmişdir. Unikal kimyəvi quruluşa malik reniumun yeni tip birləşmələri, kimyəvi rabitələrin əmələ gəlməsinə gətirib çıxaran yeni reaksiyalar – bütün bu sahələrdə fundamental nailiyyətlər mövcuddur. Reniumun tətbiq sahələrinin əsas sferaları neft-kimya sənayesi üçün katalizator və həmçinin avtomobillərin işlənməş qazlarının filtr-neytralizatorları istehsalı hesab edilir. Renium ilə promotorlaşdırılmış katalizatorlar müxtəlif texnoloji proseslərdə geniş istifadə olunur. Renium(V) komplekslərinin sintezi və praktiki istifadəsinin elmi əsaslarının öyrənilməsi problemi aktual olaraq qalır. Renium(V) kompleksləri elektronun ötürülməsi və oksigenin daşınması reaksiyalarının, elektrokatalizin və fotofiziki xassələrin öyrənilməsi zamanı istifadə olunur.

Reniumun geniş valent imkanları kimyəvi quruluş və rabitələr nəzəriyyəsi nöqtəyi-nəzərindən maraq kəsb edir. Bunu söyləmək kifayətdir ki, renium üçün +7-dən –1-ə qədər mümkün olan bütün oksidləşmə dərəcələri reallaşır ki, bu da həmin elementin kimyasının hərtərəfli öyrənilməsi üçün zəngin təcrübi material verir. Renium elementi mütləq şəkildə toksiki deyil, öz birləşmələrində mühüm fizioloji təsirə malikdir ki, bundan da terapeutik məqsədlərlə istifadə etmək olar. Son illərdə radioəczaçılıq preparatlarının hazırlanmasına marağın artması səbəbi ilə reniumun koordinasiya kimyası

əhəmiyyətli dərəcədə inkişaf etmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, onun kompleks birləşmələri insanın müxtəlif orqanlarının xərçəng xəstəliklərinin diaqnostika və müalicəsi üçün uğurla istifadə oluna bilər. Bu zaman radioterapevtik preparat spesifik molekulyar keçiricilərin köməyi ilə, müəyyən tip liqandlar və müəyyən strukturlu koordinasiyalı birləşmələr şəklində insanların xəstə orqanına bilavasitə ünvanlı şəkildə çatdırıla bilər. Renyumun S- və P-tərkibli liqandlarla kompleks birləşmələri sahəsində tədqiqatlar fonunda N- və O- tərkibli liqandlı birləşmələrinin öyrənilməsində müəyyən boşluqlar var. Mövcud vəziyyət hazırkı tədqiqatın qoyulmasında əhəmiyyətli rol oynamışdır.

Digər bir vəziyyət reniumun mühüm sinif kompleks birləşmələrinin – onun azot və oksigen tərkibli üzvi liqandlar ilə birləşmələrinin hərtərəfli tədqiq edilməsi zərurətidir. Ümumilikdə renium kimyasına marağın artmasına baxmayaraq, bu metalın kimyasında çox suallar qalır: liqandların təbiətindən asılı olaraq onun birləşmələrinin fiziki-kimyəvi xassələrinin dəyişməsində qanunauyğunluqlar hələ də öyrənilməmiş qalmışdır.

Üzvi liqandlar arasında o-fenantrolin, nikotinamid, imidazol, benzimidazol və ftalosianin daha böyük maraq kəsb edir. Bu liqandların tərkibində olan müxtəlif təbiətli donor atomların olması və malik olduqları farmakoloji xüsusiyyətlər ilə əlaqədardır.

Tədqiqatın obyektı və predmeti: Renyum(V)-in azot və oksigen tərkibli üzvi liqandlar olan o-fenantrolin, nikotinamid, imidazol, benzimidazol və ftalosianin ilə kompleks birləşmələri. Onların sintezinin yeni prinsiplərinin və konkret yollarının işlənilib hazırlanması, həmçinin istiqamətlənmiş fizioloji aktivlik ilə nisbətən daha perspektivli maddələrin aşkar edilməsi məqsədi ilə həmin birləşmələrin kimyəvi aktivliyinin və quruluşunun bəzi xarakterik xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi. Renyum (V)-in bir sıra N- və O-tərkibli liqandlarla komplekslərinin yeni, əlverişli və məqsədyönlü sintez üsullarının axtarışı və alınmış birləşmələrin daha dərin öyrənilməsi.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri: Renyumun tərkibində N- və O- donor atomları olan o-fenantrolin, nikotinamid, imidazol,

benzimidazol və ftalosianinin kompleksəmələgəlmə prosesinin öyrənilməsi, yeni komplekslərinin sintezinin optimal şəraiti və effektiv üsullarının işlənilib hazırlanması, kimyəvi rabitələrin və koordinasiya növlərinin təbiəti və fiziki-kimyəvi metodlardan istifadə etməklə onların tərkibi, quruluşu, fiziki-kimyəvi və katalitik xassələrinin tədqiqi.

Tədqiqat metodları: Kompleksəmələgətirən reagentlərin identifikasiyası və kompleks birləşmələrin tərkib və xassələrin öyrənilməsi üçün bir sıra kimyəvi və fiziki-kimyəvi analiz metodlarından: İQ və UB-spektroskopiya, element analizi, EPR, termoqravimetriya və s. istifadə olunmuşdur.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar: Müdafiəyə aşağıdakı məsələlər çıxarılır:

1. Re(V)-in fenantrolin, nikotinamid, imidazol, benzimidazol və ftalosianin ilə kompleks birləşmələrin istiqamətlənmiş sintez üsullarının işlənməsi;
2. Reniumun alınmış komplekslərdə oksidləşmə dərəcəsinin təyini;
3. Element analizi, İQ spektroskopiya, RSA, termiki analiz metodları ilə alınmış birləşmələrin tərkibinin, quruluşunun və xassələrinin öyrənilməsi;
4. İlkin reagentlərin nisbətindən, pH-dan, hidrogen-halogenid turşularının qatılığından asılı olaraq alınan komplekslərin əmələgəlməsi qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi;
5. Sintez olunmuş birləşmələrin konduktometriya üsulu ilə müxtəlif üzvi həlledici mühitində elektrolit tipinin müəyyən edilməsi və oksidləşmə reaksiyalarında katalitik xassələrin tədqiqi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi: Renium (V)-in bir sıra üzvi azot və oksigen donor tərkibli liqandlarla o-fenantrolin, nikotinamid, imidazol, benzimidazol və ftalosianin ilə əvvəllər təsvir edilməyən 19 komplekslərinin sintez üsulları işlənilib hazırlanmış onların quruluşu və xassələri öyrənilmişdir. Bütün sintez edilmiş birləşmələr infraqırmızı spektroskopiya (İQS), termoqravimetriya, konduktometriya, EUS və element analizi üsulları vasitəsilə

xarakterizə edilmişdir. Bəzi sintez edilmiş birləşmələrin elektrokimyəvi xassələri öyrənilmiş və rentgen struktur analiz metodu ilə quruluşu xarakterizə olunmuşdur. Liqandların növündən asılı olaraq onların dönər birelektronlu oksidləşmə və ya reduksiya qabiliyyəti müəyyən edilmişdir. Okso- və ya oksohidroksokomplekslərin əmələ gəlməsini təmin edən hidrogen-halogenid turşularının qatılığı müəyyən edilmişdir; sintez edilmiş komplekslərin termiki davamlılığı tədqiq edilmişdir; alınan Re(V) komplekslərin benzilfenilsulfidin və tsikloheksenin oksidləşməsi reaksiyalarında katalitik aktivliyi öyrənilmişdir və onların katalizator qismində tətbiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir. Bəzi Re kompleksləri üçün termodinamiki hesablamalar aparılmış və termodinamiki xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir. Alınan bütün komplekslərdə reniumun oksidləşmə dərəcəsi potensiometrlik titrləmə analiz metodu ilə müəyyən edilmişdir. Reniumun fenantrolin komplekslərinin liqandın xarici sferadan daxili sferaya yerdəyişməsi, nikotinamid kompleksinin heterotsiklik azot atomu vasitəsi ilə monodentat koordinasiyası və dimer quruluşu fiziki-kimyəvi metodlarla müəyyən olunmuşdur. Reniumun imidazol komplekslərinin monodentat koordinasiyası və bütün birləşmələrdə Re=O polar qrupun olması təsdiq olunmuşdur. Benzimidazol komplekslərinin isə tərkibinin HCl və HBr turşularının qatılığından, reagentlərin nisbətindən asılılığı və liqandın azot atomu vasitəsi ilə monodentat koordinasiyası aşkar edilmişdir. Reniumun ftalosianin kompleksinin yeni sintez üsulu təklif edilmişdir. Sintez nəticəsində yalnız bir formalı renium ftalosianin kompleksi alınmışdır və PcReO quruluşu müəyyən olunmuşdur. Reniumun karbonil- və amin-tərkibli üzvi bifunksional liqandlarla klaster birləşmələrinin sintez metodları işlənib hazırlanmışdır. Sintez olunmuş klaster komplekslərin tetraedrik quruluşu fiziki-kimyəvi metodlarla təsdiq olunmuşdur.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:

- renium (V)-in koordinasiyalı birləşmələrinin işlənib hazırlanmış sintez sxemləri digər sinif üzvi liqandlarla komplekslərinin sintezi üçün istifadə oluna bilər. Ayrılmış renium

(V) kompleksləri bioloji aktiv maddələr kimi istifadəsi olduqca perspektivlidir;

– sintez edilmiş kompleks birləşmələrin fiziki-kimyəvi tədqiqatlarının alınmış nəzəri və təcrübi nəticələri müasir bioqeyri-üzvi kimyanın inkişafında və elmi tədqiqatlarda öz töhfəsini verə bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi: Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı Respublika və Beynəlxalq konfranslarda məruzə edilmiş və müzakirə olunmuşdur. T.N.Şahtaxtinskiyin anadan olmasının 90 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans (Bakı 2015), XXIX Научно-техническая конференция «Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии» (Новосибирск 2015), Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX və XX Respublika elmi konfransı (Bakı 2015,2016), “Analitik kimya” kafedrasının 80 illik yubileyinə həsr olunmuş VI Respublika elmi konfransı (Bakı, 2015), XI Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России» (Москва 2016), XXIV Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения» (Москва 2016), IX Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки XXI века» (Москва 2016), II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Наука в движении: от отражения к созданию реальности» (Альметьевск 2017), 3rd International Turkic World Conference on Chemical Sciences and Technologies (Baku 2017), “Natural disasters and human life safety” International scientific- technical conference (Baku 2017), «Нефть и газ-2018, 2019» 72-я и 73-я Международная молодежная научная конференция (Москва 2018,2019), “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfransı (Gəncə 2018,2019), “Kimyanın aktual problemləri” XII və XIII Beynəlxalq elmi konfrans (Bakı 2018,2019), «Инновативные перспективы развития нефтепереработки и нефтехимии» (Баку 2018), Akademik M.Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev

qiraətləri” elmi konfransı (Bakı 2018), «Инновационные материалы и технологии-2019» (Минск 2019), “Radiation and chemical safety problems” International scientific-technical conference (Baku 2019), “Kimya texnologiyası və mühəndisliyinin innovativ inkişaf perspektivləri” (Sumqayıt 2019), XVIII Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибирь 2020), Actual Problems of Chemical Engineering. International Conference dedicated to 100th Anniversary of Azerbaijan State Oil and Industry University (Baku 2020).

Dissertasiya işinin mövzusu üzrə 36 elmi əsər dərc olunmuşdur. Onlardan 12 məqalə, 24 məruzə tezisləridir. Məqalələrdən ikisi tək müəllif, altısı isə beynəlxalq xülasələndirmə və indeksləmə sistemlərinə daxil olan dövrü elmi nəşrlərdə çap olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı: Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Kimya və qeyri-üzvi maddələrin texnologiyası” kafedrasının laboratoriyasında və “Yeni kimyəvi materiallar və texnologiyalar” ETL-də yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi: Giriş-10294, I fəsil-55719, II fəsil-26301, III-fəsil 87274, cəmi -211102 işarədən ibarətdir.

Dissertasiyanın quruluşu və həcmi: Dissertasiya giriş və 3 fəsildən- ədəbiyyat icmalı, eksperimental hissə, nəticələrin müzakirəsindən ibarətdir. Dissertasiya ümumi nəticələr və 158 sayda istinad olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya işinin həcmi komputer çapı ilə 154 səhifədən ibarətdir. İşdə 43 şəkil və 25 cədvəl vardır.

Müəllifin şəxsi töhfəsi. Dissertasiya işində əsas eksperimental tədqiqatların aparılmasında, ədəbiyyat məlumatlarının işlənməsində, məqalə və tezislərin hazırlanmasında müəllifin payı həlledici olmuşdur.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiyanın giriş hissəsində qoyulmuş mövzunun aktuallığı, işin konkret məqsədi, işin elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti, işin quruluşu və həcmi, aprobasiyası göstərilmişdir.

Birinci fəsil.

Altı bölmədən ibarət olan birinci fəsildə reniumun azot-, oksigentərkibli liqandlar ilə kompleks birləşmələrinin sintezi, struktur xüsusiyyətləri və xassələri sahəsində tədqiqatlara həsr edilmiş ədəbiyyat icmalısı göstərilmişdir. O cümlədən, struktur və bioloji aktivlik göstərən reniumun klaster birləşmələrinə xüsusi diqqət yetirilmişdir.

Ədəbiyyat işlərinin analizi göstərmişdir ki, reniumun S- və P-tərkibli liqandlarla kompleks birləşmələrin tədqiqatları fonunda N- və O- tərkibli liqandlarla birləşmələrinin öyrənilməsində müəyyən boşluqlar var. Mövcud vəziyyət hazırkı tədqiqatın qoyulmasında əhəmiyyətli rol oynamışdır.

İkinci fəsil.

İlkin reagentlər, onların xüsusiyyətləri, eksperimental texnika, istifadə olunmuş tədqiqat üsulları (element analizi, İQ-, UB-, elektron udma spektroskopiya-EUS, EPR, termoqravimetriya, RSA və molyar elektrikkeçiriciliyi) haqqında məlumatlar verilmişdir.

İkinci fəsildə Re(V)-in bir sıra N- və O- saxlayan liqandlarla sintez metodikası göstərilmişdir. Komplekslərin alınması məqsədi ilə liqandlar qismində fenantrolin (Phen), nikotinturşusunun amidi (NTA), imidazol (İM), benzimidazol (Bİ), ftalosianin (Pc) seçilmişdir. Qeyd olunan liqandların seçilməsi onların tərkibində N- və O- donor atomlarının olması və onların bioloji aktivlik göstərməsi ilə əlaqədardır. Liqandların struktur xüsusiyyətlərini nəzərə alaraq onların kimyəvi aktivlik nümayiş etdirməsi və fizioloji aktivlik göstərməsi tərəfimizdən proqnozlaşdırılmışdır.

Üçüncü fəsil.

Renium fenantrolinlə kompleks birləşmələri.

Liqand kimi fenantrolindən (Phen) istifadə olunmasına maraq onunla əlaqədardır ki, onun tərkibində iki donor azot atomu vardır və

metallarla bidentat liqand kimi koordinasiya oluna bilər. Re(V)-in Phen-lə 8 kompleks birləşməsi alınmışdır.

Sintez nəticəsində üç növ – okso-, hidrokso- və akva komplekslər alınmışdır. Sintez olunmuş komplekslərin İQ spektrləri çəkilmişdir. $[\text{Re}(\text{Phen})(\text{Ph}_3\text{P})\text{OCl}]$ -in İQ spektrində ilkin liqandda protonlaşmış azot atomunun $\nu(\text{N} - \text{H})$ titrəməsinə aid olan 3336 sm^{-1} -də udulma zolaqları itir. Renum metalının daxili sferasına Phen-in daxil olması zamanı 840 sm^{-1} -də udulma zolaqları intensivliyin azalması ilə yüksək tezlikli sahəyə sürüşür ki, bu da Phen-in metalın daxili koordinasiya sferasına daxil olmasının sübutu hesab edilir. Kompleksin spektrində koordinasiya olunmuş trifenilfosfinin udulma zolaqları ilkin $[\text{ReO}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_3]$ -nin spektrinə nisbətən öz vəziyyətini qoruyub saxlayır. $\nu(\text{Re}=\text{O})$ -a aid olan zolaq həmçinin 968 sm^{-1} -də yalnız öz intensivliyini müəyyən qədər azaldaraq öz vəziyyətini saxlayır.

İlkin reagentlərin və renumun fenantrolinə $[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{PPh}_3)\text{Cl}_2]\text{Cl}$ tərkibli kompleksinin İQ tezlikləri müqayisəli şəkildə cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

$[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{PPh}_3)\text{Cl}_2]\text{Cl}$ kompleksinin İQ-tezlikləri və quruluşları

Birləşmə	$\nu(\text{N-H}) (\text{sm}^{-1})$	$\nu(\text{C-H}) (\text{sm}^{-1})$	$\nu(\text{Re}=\text{O}) (\text{sm}^{-1})$
Phen	3336	840, 775, 715	-
$[\text{ReO}(\text{PPh}_3)\text{Cl}_3]$	-	-	968
$[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{PPh}_3)\text{Cl}_2]\text{Cl}$	-	848	968

Həmçinin renumun Phen-lə $[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{OH})_3]$ tərkibli kompleksinin İQ spektrləri verilmişdir. Renum ətrafında hidrosil qruplarının mövcudluğu 3300 sm^{-1} -də $\nu(\text{OH}^-)$ valent titrəmələrinin, 1044 sm^{-1} -də $\nu(\text{OH}^-)$ deformasiyalı titrəmələrinin meydana gəlməsi ilə təsdiq edilir. $720, 780, 848 \text{ sm}^{-1}$ -də və s. $\pi(\text{C-H})$ koordinasiya olunmuş fenantrolinə aid olan udulma zolaqları müşahidə edilir. Bu kompleksdə $\nu(\text{Re}=\text{O})$ valent titrəmələri 912 sm^{-1} -də meydana çıxır (cədvəl 2).

Eyni zolaq ilə ilkin $[\text{ReO}(\text{PPh}_3)\text{Cl}_3]$ ilə müqayisədə $\text{Re}=\text{O}$ udulma zolağının belə olduqca böyük yerdəyişməsini renium atomunun liqand əhatəsinin dəyişməsi ilə izah etmək olar.

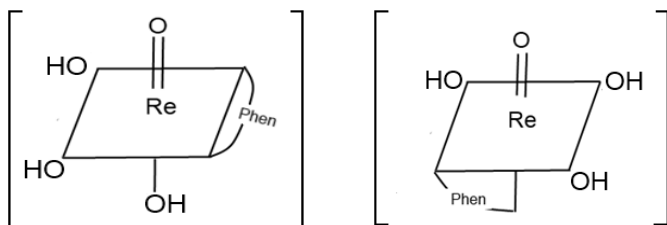
Cədvəl 2

Phen və $[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{OH})_3]$ kompleksinin xarakterik İQ-tezlikləri

Birləşmə	$\nu(\text{OH}^-)$ (sm^{-1})	$\sigma(\text{OH}^-)$ (sm^{-1})	$\nu(\text{C-H})$ (sm^{-1})	$\nu(\text{Re}=\text{O})$ (sm^{-1})
Phen			840, 775, 715	
$[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{OH})_3]$	3300	1044	848, 780, 720	912

Sintez nəticəsində alınmış Phen-in tərkibli $[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{OH})_3]$ -nin kompleksinin element analizinin və elektrikkeçiriciliyin ölçmələri dəlilləri əsasında bu birləşmə üçün aşağıdakı iki struktur formullarını təklif etmək olar.

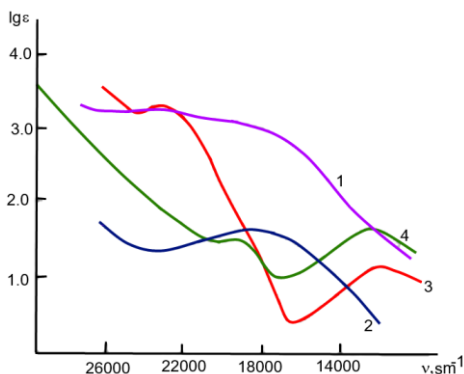
Sintez edilmiş birləşmələrin asetonitril məhlullarının EUS-nın ümumi xarakteri UB sahədə Phen-in xromofor sistemini xarakterizə edən üç udulma zolağının (48200-49600, 45200-45500, 36880-37560 sm^{-1}) mövcudluğu hesab edilir ki, bu da onun tədqiq edilən komplekslərin tərkibinə daxil olması faktını sübut edir.



Bununla yanaşı, tədqiq edilən birləşmələrdən hər birinin fərqləndirici xüsusiyyəti liqand əhatəsi sferasında qrupların təbiəti və fəza quruluşundan asılı olaraq metal-liqand sistemində elektron keçidi ilə əlaqədar olaraq, görünən sahədə udulma zolaqlarının

meydana gəlməsinin fərdiliyi hesab edilir ki, bu da alınmış komplekslərin identifikasiyası üçün istifadə oluna bilər.

Phen-in daxili sferadan renium (V)-in liqand əhatəsi sferasına keçidi $[\text{PhenH}_2][\text{ReOBr}_5] \rightarrow [\text{ReOPhenBr}_3]$ EUS-nin xarakterinin dəyişməsi ilə sübut edilir (şəkil 1). Bu zaman 12000 sm^{-1} -də uzundalğalı zolaqlar üçün ($[\text{PhenH}_2][\text{ReOBr}_5]$ birləşməsi) gipsoxrom yerdəyişmə (600 sm^{-1}) müşahidə edilir, belə ki, 19000 sm^{-1} -də zolaq əvəzinə ifadə edilmiş hiperxrom effekt ilə iki zolaqdan (23560 və 22400 sm^{-1}) ibarət olan maksimum meydana çıxır (şəkil 1).

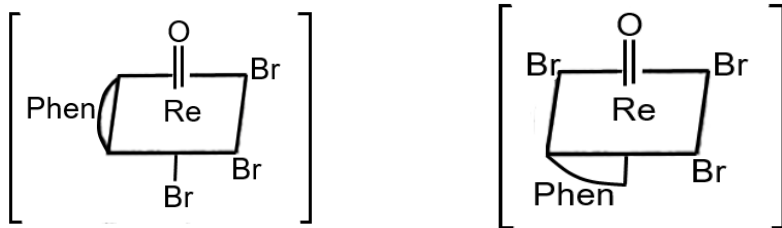


Şəkil 1. Renium (V)-in o-fenantrolin ilə kompleks birləşmələrinin elektron udulma spektrləri.

- 1 – $[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{Ph}_3\text{P})\text{Cl}_2]\text{Cl}$; 2 – $[\text{ReO}(\text{Phen})(\text{OH})_3]$;
3 – $[\text{PhenH}_2][\text{ReOBr}_5] \cdot \text{H}_2\text{O}$; 4 – $[\text{ReO}(\text{Phen})\text{Br}_3]$**

$[\text{PhenH}_2][\text{ReOBr}_5] \cdot \text{H}_2\text{O}$ kompleksin derivatoqramı çəkilmiş və iki endotermiki effekt müşahidə edilmişdir. Biri – 87°C -də kristallaşma suyunun ayrılmasına, digəri – 187°C -də Andersen qruplaşmasına uyğun gəlir.

Yuxarıda qeyd olunanları nəzərə alaraq $[\text{ReOPhenBr}_3]$ kompleksi üçün quruluş təklif olunmuşdur



[ReOPhenBr₃] birləşməsinin quruluşu

PhenH₂[ReOHal₅] tərkibli birləşmələr alınmışdır, onların termiki parçalanması nəticəsində [ReOHal₃Phen] tərkibli birləşmələr sintez olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, termiki parçalanma müvafiq hidrogen-halidin sərbəst çıxarılması və fenantrolin molekuluğunun xarici sferadan daxili sferaya yerdəyişməsi ilə davam edir.

Kompleksəmələgəlmə prosesinin energetik effektivliyinin qiymətləndirilməsi üçün prosesin termodinamiki göstəriciləri öyrənilmişdir. Entalpiya, Entropiya və Gibbs enerjisinin dəyişməsi hesablanmışdır. Rений (V)-in müxtəlif temperaturalarda HCl mühitində Phen ilə kompleks əmələ gətirməsinin tədqiq edilməsi göstərmişdir ki, fenantrolin və onun oksidləşmiş formasından ibarət olan sistemə H₂[ReOCl₅]-nin əlavə edilməsi prosesində potensialın yüksəlməsi baş verir ki, bu da renium (V) ilə kompleks əmələ gəlməsi prosesində onun oksidləşmiş formasının deyil, Phen-in iştirak etməsini sübut edir.

Az miqdarda H₂[ReOCl₅]-nin əlavə edilməsindən sonra titrləmə prosesində məhlul qəhvəyi rəng əldə edir ki, bu da renium (V)-in qatılığının yüksəlməsi zamanı ardıcıl olaraq tünd bənövşəyi, mavi, yaşıl rəngə qədər dəyişir. Yaşıl məhlula Phen-in əlavə edilməsi zamanı məhlulun rənginin əks istiqamətdə ardıcıl dəyişməsi baş verir. Hər bir titrləmə nöqtəsində ΔE-nin qiymətini müəyyən edərək Phen-in tarazlıq qatılığını hesablayırıq, bundan da istifadə edərək $\bar{n}$ -nin qiymətini hesablayırıq.

4-6 mol/l HCl mühitində 273-338 K temperatur intervalında renium (V)-in oksoqlorfenantrolin komplekslərinin əmələ gəlməsi funksiyasının müəyyən edilməsi üzrə təcrübi nəticələr alınmışdır.

Potensiometrik titrləmə məlumatları əsasında müxtəlif temperaturlarda renium(V)-in oksoqlorfenantrolin komplekslərinin əmələ gəlməsi ayrıləri qurulmuşdur ki, bu da 273-338 K temperatur intervalında kompleks əmələ gəlməsi prosesinin baş verməsinin oxşarlığını sübut edir. Temperaturdan asılı olmayaraq renium(V)-in Phen ilə ardıcıl beş kompleks forması əmələ gəlmişdir. 6 mol/l HCl mühitində müxtəlif temperaturlarda renium(V)-in oksoqlorfenantrolin komplekslərinin əmələ gəlmə ayrıləri müəyyən edilmiş və pK_i qiyməti cədvəl 3-də göstərilmişdir.

Cədvəl 3

273-338 K-də 6 mol/l HCl mühitində renium (V)-in oksoqlorfenantrolin kompleksləri üçün pK_i qiyməti

T, K	pK_1	pK_2	pK_3	pK_4	pK_5
273	3.98	3.6	3.22	2.85	2.35
288	3.75	3.3	2.9	2.5	2.14
298	3.59	3.13	2.72	2.33	2.02
308	3.47	2.96	2.52	2.08	1.8
318	3.38	2.86	2.41	2.00	1.76
328	3.2	2.68	2.26	1.92	1.7
338	3.00	2.47	2.01	1.77	1.66

Cədvəl 3-dən görünür ki, 6 mol/l HCl mühitində renium(V)-in oksoqlorfenantrolin komplekslərinin bütün pilləli əmələ gəlmə sabitləri temperaturun yüksəlməsi ilə azalır ki, bu da kompleks əmələgəlmə prosesinin ekzotermikliyi sübut edir.

Davamlılıq sabitinin qiyməti tərəfimizdən temperatur əmsalı üsulu ilə kompleks əmələgəlmə prosesinin termodinamiki xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi üçün istifadə edilmişdir.

Termodinamiki göstəricilərdən görünür ki, monoəvzlənmiş kompleks üçün ΔG -nin, ΔH -ın və ΔS_i -nin qiymətləri HCl-un qatılığına yüksəlməsi ilə artır.

Re(V)-in nikotin turşusunun amidi ilə kompleks birləşmələri.

Ədəbiyyatdan məlumdur ki, amid qrupunun azot atomu vasitəsilə koordinasiya meyillilik göstərmir. Nikotin turşusunun amidi (NTA) molekulunda iki digər donör atomlarının mövcudluğu həm monodentat, həm də bidentat koordinasiya imkanlarını fərz edir. Re(V)-in NTA ilə 1 kompleks birləşmə alınmışdır və tərkibi element analizi vasitəsi ilə təyin olunmuşdur.

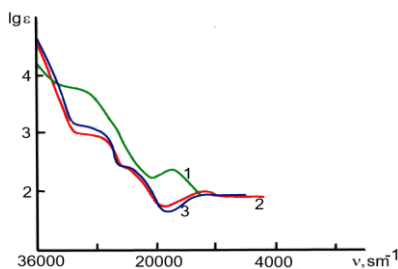
Bu kompleksin İQ spektrində 1680 sm^{-1} tezlikdə praktiki olaraq dəyişilməz olaraq qalır (sərbəst liqand spektrində olduğu kimi), digəri isə 1650 sm^{-1} -ə qədər daha uzun dalğalı sahəyə sürüşmüşdür. Belə ayrılma sis-yerləşmiş nikotinamid molekullarının qarşılıqlı təsiri və molekul daxili hidrogen rabitələrinin mümkün əmələ gəlməsi hesabına iki liqandların karbonil qruplarının qiymətə bərabər olmaması ilə əlaqədar ola bilər. 1620 sm^{-1} -də NH_2 -qrupunun deformasiyalı titrəməsinə aid olan udulma zolağı kompleksin spektrində dəyişikliklərə məruz qalmır ki, bu da bizə karbonil oksigeni və ya aminqrupu azotuna görə nikotinamidin koordinasiyasının olmamasını fərz etməyə imkan verir. Sərbəst liqandın heterotsiklik halqasının titrəməsinə aid olan 1030 sm^{-1} -də udulma zolaqlarının kompleksin spektrində iki 1050 sm^{-1} və 1020 sm^{-1} tərkib hissələrinə ayrılması heterotsikl azotu atomu vasitəsilə mərkəzi renium atomunda NTA koordinasiyasını göstərir. Kompleks birləşmənin $680\text{--}750\text{ sm}^{-1}$ sahəsində Re-O-Re rabitəsinin titrəməsinə uyğun gələn udulma zolaqları müşayət olunur. Lakin həmin yerdə Re-P rabitəsinin titrəməsi baş verir, ona görə də bu sahədə spektrin dəqiq aid edilməsi mümkün olmur. NTA ilə kompleksdə $\nu(\text{Re}=\text{O})$ -a aid olan İQ-spektrdə 969 sm^{-1} -də udulma zolaqları daha uzundalğalı sahəyə (925 sm^{-1}) sürüşmüşdür. Belə olduqca kiçik $\nu(\text{Re}=\text{O})$ qiyməti tərkibində xətti $\text{O} = \text{Re} - \text{O} - \text{Re} = \text{O}$ qruplaşması olan dimerdə müşahidə edilir (cədvəl 4).

NTA və onun kompleksinin xarakteristik İQ-tezlikləri

Birləşmə	$\nu(\text{C=O})$ (sm^{-1}) “amid I”	$\nu(\text{NH}_2)$ (sm^{-1}) “amid II”	$\nu(\text{halqa})$ (sm^{-1})	$\nu(\text{Re=O})$ (sm^{-1})
NTA	1680	1620	1030	
$[\text{Re}_2\text{O}_5(\text{NTA})_2(\text{Ph}_3\text{P})_2\text{Cl}_4]$	1680, 1650	1620	1050, 1020	925

Müxtəlif həlledicilərdə kompleks birləşmələrin EUS-nın öyrənilməsi göstərir ki, görünən sahədə spektral mənzərə zamanla dəyişir. Öyrənmək üçün tərəfimizdən dimetilformamid, asetonitril və xloroform kimi həlledicilərdə kompleks məhlullarından istifadə edilmişdir. Məhlulun qatılığı $C = 2,07 - 3,21 \text{ mol/l}$ -dir.

Müəyyən edilmişdir ki, görünən sahədə spektral mənzərə zamanla dəyişir. Belə ki, dəyişmə sürəti həlledicinin təbiətindən asılıdır: həlledici nə qədər donor hesab edilərsə, dəyişmə sürəti bir o qədər yüksək olar. Belə ki, DMFA-da kompleksin həll olmasından dərhal sonra çəkilmiş spektr görünən sahədə üç aşkar maksimum (13500 , 17880 və 29160 sm^{-1}), xloroform (23000 sm^{-1}) və UB sahədə (asetonitril) 38260 sm^{-1} -də maksimum verir. Sonuncu iki maksimumların vəziyyəti zamanla dəyişmir, lakin görünən sahədə 17880 sm^{-1} -də zolaq 6 saat ərzində tamamilə itir. Asetonitrildə belə hadisə iki sutkadan sonra müşahidə edilir, xloroformda isə spektral mənzərənin dəyişməsi baş vermir. Ədəbiyyat məlumatlarına əsasən 13500 sm^{-1} və 17880 sm^{-1} -də udulma zolaqlarını renium (V)-in oksixlorid komplekslərinə aid etmək olar. Həmçinin 23000 sm^{-1} -də zolaqlar alınmış kompleksin dimer quruluşunu bir daha sübut edir. Zamanla 17880 sm^{-1} -də zolaqların itməsini asidoliqandın həlledicinin donor molekulları ilə əvəz edilməsi ilə izah etmək olar ki, onunla qarşılıqlı təsir spektrin bu sahəsində aşkar edilmir. Nikotinamidin xromofor sistemini (29160 və 38260 sm^{-1}) xarakterizə edən zolaqların dəyişməz şəkildə saxlanması onu göstərir ki, nikotinamid xlorid-iona nisbətən kompleksdə daha möhkəm bağlıdır (şəkil 2).



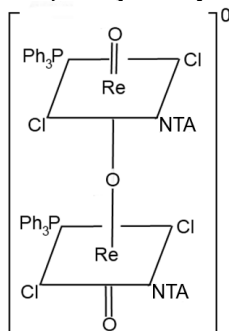
Şəkil 2 $[\text{Re}_2\text{O}_3(\text{NTA})_2(\text{Ph}_3\text{P})_2\text{Cl}_4]$ məhlulunun EUS $C = 6 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$ olduqda hazırlamadan dərhal sonra (1); 6 saat sonra (2); 18 saat sonra (3).

DMFA-da kompleks məhlulunun $C = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$ qatılığında zamanla molyar elektrikkeçiricilik dəyişir. Kompleks nümunəsinin həll olmasından sonra molyar elektrikkeçiriciliyin qiyməti qeyri-elektrolitik tip birləşməyə ($25000 \text{ m}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) uyğun gəlir, sonra isə tədricən artır və 1 saatdan sonra 1:1 elektrolitə uyğun gələn qiymətə ($65100 \text{ m}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) çatır.

Sonradan molyar elektrikkeçiriciliyin qiymətinin artması zəifləyir. 4 saatdan sonra o, $80050 \text{ m}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ -a çatır. Təcrübə başlanğıcından bir sutka sonra ölçmələr göstərir ki, stabilləşmə baş verir və molyar elektrikkeçiriciliyin qiyməti ($65 - 900 \text{ m}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) 1:1 tipli elektrolitə uyğun gələn ($83760 \text{ m}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) qiymət həddindən kənara çıxmamışdır.

Aparılan tədqiqatlar aşağıdakı komplekslərin quruluşunu verməyə imkan verir.

$[\text{Re}_2\text{O}_3(\text{NTA})_2(\text{Ph}_3\text{P})_2\text{Cl}_4]$ kompleksinin quruluşu



Renium(V) –in NTA ilə kompleksəmələgəlmə prosesinin susuz və qarışıq (su-etanol və su-DMSO) həlledicilərdə termodinamiki göstəriciləri öyrənilmişdir. Komplekslərin sabitlik göstəriciləri müəyyən edilmişdir.

Alınan nəticələr əsasında NTA-nın heterotsikl azot atomu vasitəsilə monodentat koordinasiya müəyyən olunmuşdur və iki nüvəli quruluşu təsdiqlənmişdir.

Renium (V)-in imidazol ilə kompleks birləşmələri.

Tədqiq etdiyimiz növbəti liqand olan imidazol (İm) biokimyəvi proseslər üçün mühüm əhəmiyyətə malikdir. İm sistemi fermentativ proton mübadiləsi proseslərində mühüm funksiyaları yerinə yetirən əvəzlənməz histidin amin turşuları əsasında durur. Re(V)-in imidazolla 6 kompleks birləşməsi sintez edilmişdir və element analizi metodu ilə komplekslərin tərkibi müəyyən olunmuşdur.

Məlumdur ki, müxtəlif tərkibli birləşmələrdə renium +1-dən +7-yə qədər oksidləşmə dərəcəsi göstərir. Oksidləşmə dərəcəsinin belə qiyməti ehtimal etməyə imkan verir ki, $H_2[ReOHal_5]$ tərkibli ilkin birləşmələrin liqandlar ilə qarşılıqlı təsiri prosesində disproporsionallaşma, hava ilə oksidləşmə, üzvi liqandların iştirakı ilə redoks reaksiyalar kimi proseslər nəticəsində reniumun +5 oksidləşmə dərəcəsi dəyişə bilər. Bununla əlaqədar olaraq, reniumun sintez edilmiş kompleks birləşmələrdə oksidləşmə dərəcəsinin müəyyən edilməsi mühüm hesab edilir. Bunun üçün işdə potensiometrik titrləmə üsulundan istifadə edilmişdir. Bəzi sintez edilmiş komplekslər üçün reniumun oksidləşmə dərəcəsinin müəyyən edilməsi üzrə nəticələr cədvəl 5-də göstərilmişdir.

Cədvəl 5-nin məlumatlarından göründüyü kimi, bütün sintez edilmiş kompleks birləşmələrdə renium 5-ə bərabər olan oksidləşmə dərəcəsinə saxlayır. Bu o deməkdir ki, Re (V)-in İm ilə kompleks birləşmələrinin sintezi nəticəsində reniumun oksidləşmə dərəcəsi dəyişmir və sabit qalır.

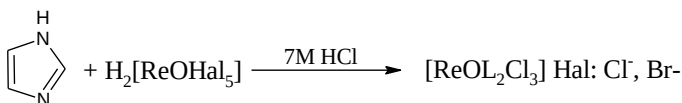
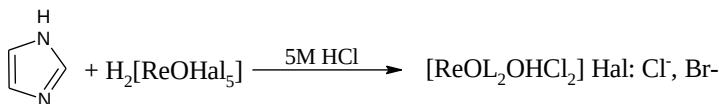
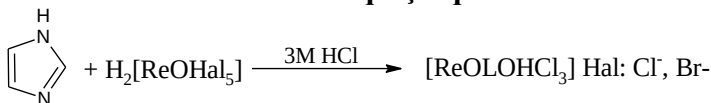
**Potensiometrik üsulla kompleks birləşmələrdə
reniumun oksidləşmə dərəcəsinin müəyyən edilməsi üzrə
nəticələr**

Nö	Birləşmə	Ekvivalent nöqtədə oksidləşdiricinin həcmi, ml	Kompleksin kütləsi	Elektronların sayı	Oksidləşmə dərəcəsi
1	$[\text{ReO}(\text{H}_2\text{O})\text{OHLCl}_2]$	0,70	0,0203	2	5,0
2	$[\text{ReO}(\text{H}_2\text{O})\text{OHLBr}_2]$	0,74	0,0285	2	5,1
3	$[\text{ReO}(\text{OH})\text{L}_2\text{Cl}_2]\text{H}_2\text{O}$	0,77	0,0302	2	5,1
4	$[\text{ReO}(\text{OH})\text{L}_2\text{Br}_2]\text{H}_2\text{O}$	0,68	0,0296	2	5,03

$\text{H}_2[\text{ReOHal}_5]$ (Hal=Cl, Br) birləşməsinin hidrogen-halogenid turşularının müxtəlif mühitlərində və ilkin reagentlərin müxtəlif nisbətlərində qarşılıqlı təsiri aşağıdakı sxem üzrə okso-, oksohidroksokomplekslərin əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır.

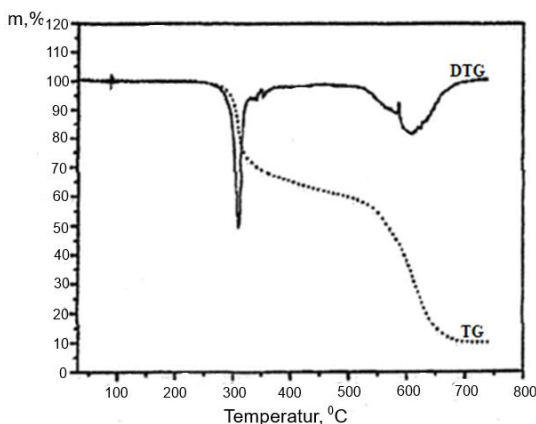
Müəyyən edilmişdir ki, hidrogen-halogenid turşularının qatılığından asılı olaraq müxtəlif liqand əhatəsi ilə komplekslər əmələ gəlir. Turşunun qatılığı yüksək olduqda $[\text{ReOHal}_3\text{L}_2]$ oksohidroksokomplekslər, turşunun qatılığı aşağı olduqda isə $[\text{ReOHal}_2(\text{OH})\text{L}_2]$ tərkibli oksohidroksokomplekslər əmələ gəlir.

$\text{H}_2[\text{ReOHal}_5]$ (Hal = Cl, Br) birləşməsinin hidrogen-halogenid turşularının müxtəlif mühitlərində qarşılıqlı təsiri



Həmin birləşmələrin İQ-spektrlərində renil qruplarının valent titrəmə zolağı 980 sm^{-1} -də aşkar edilir ki, bu da oksokomplekslərin əmələ gəlməsini göstərir və onların oktaedrik quruluşunu sübut edir.

Renium (V) kompleks birləşmələrinin termoparçalanma prosesinin öyrənilməsi üzrə məqsədyönlü tədqiqatlar aparılmışdır. $[\text{ReOBr}_3\text{L}_2]$ tərkibli komplekslərin termiki xassələrinin tədqiqi koordinasiyalı molekul və kristallaşma suyunun olmamasını sübut edir. $[\text{ReOBr}_3\text{L}_2]$ tərkibli kompleksin termoqramı göstərilmişdir (şəkil 3).

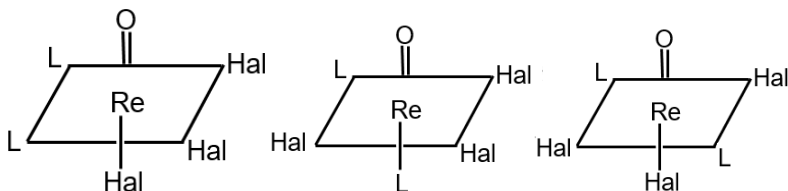


Şəkil 3. $[\text{ReOBr}_3\text{L}_2]$ tərkibli kompleksin termoqramı

$[\text{ReOBr}_3\text{L}_2]$ tərkibli birləşmə 300°C -dən başlayaraq ekzoeffekt ilə yüksək sürətlə parçalanmağa başlayır, bu zaman kompleksin kütləsi 65% azalır ki, bu da onun tərkibindən iki molekul hidrogen-bromid və ya renium oksidin ayrılmasına uyğun gəlir. Həmin kompleksin termolizi prosesi $560\text{--}600^\circ\text{C}$ -də tamamilə başa çatır.

Rentgenstruktur analiz dəlillərinə əsasən İm tərkibli 2növ renium kompleksləri üçün kristalloqrafik məlumatlar və valent bucaqlarının, əsas rabitə uzunluqlarının qiymətləri əldə edilmişdir.

Bütün tədqiqat metodlarının nəticələrinə əsasən kompleks üçün aşağıdakı quruluşları təklif etmək olar.

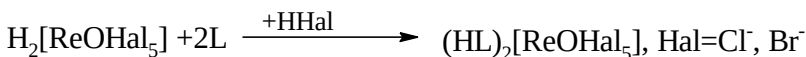


Re(V)-in İm ilə yeni koordinasiya birləşmələri sintez edilmiş və xarakterizə edilmişdir. İQ-spektroskopik üsulla müəyyən edilmişdir ki, alınmış komplekslərdə bütün liqandlar monodentat koordinasiya olunmuşdur. Bütün komplekslərin İQ-spektrlərində $\nu(\text{Re}=\text{O})$ valent titrəməsi üçün xarakterik olan zolaqlar aşkar edilmişdir.

Re(V)-in benzimidazolla kompleks birləşmələri. Renum (V) –in benzimidazolla koordinasiya üsulunun və tərkibinin təyin olunması üçün sintez olunmuş birləşmələr İQ-spektroskopiya, termoqravimetriya, konduktometriya metodları ilə öyrənilmişdir. Renumun Bİ liqandlı yeni kompleks birləşmələri sintez edilmiş və onların təqribi element analizi üsulu ilə öyrənilmişdir.

Bİ-un keçid d-metalları ilə kompleksləri molekulyar təbiətə malikdirlər. Bundan başqa Bİ və onun törəmələri özlərini Lyüis əsası kimi göstərir və su məhlulunda metal ionları hidrosidlər şəklində çökür, buna görə də kompleksmələgəlmə su mühitində deyil, güclü turşu mühitində aparılır. Liqandların koordinasiya yeri spektral xarakteristika üzrə və ya digər görüntülər ilə (məsələn, -derivatoqrafik) təyin edilir

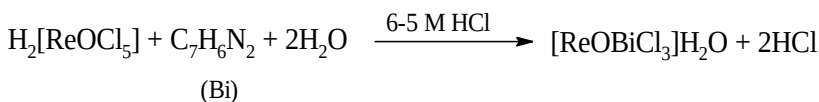
Öyrənilən komplekslərin alınması zamanı biz 1-8 mol/l hidrogenxlorid və hidrogenbromid turşu mühitindən istifadə etmişik. Güclü turşu mühitdən (7-8 mol/l turşu məhlulu) liqandların protonlaşmış molekulaları kompleks ion şəklində ayrılır.



Bu komplekslərin İQ spektrlərinin sərbəst liqandların İQ spektrlər ilə müqayisəsi növbəti nəticələri deməyə imkan verir:

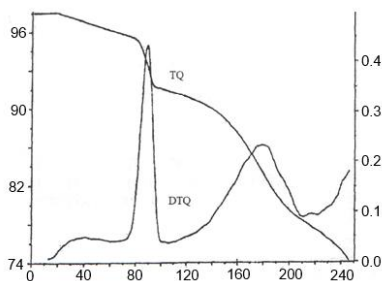
birinci, 1000 sm^{-1} sahədə $\nu(\text{Re}=\text{O})$ udulma zolağından ibarətdir, Re-Hal rabitələrinin rəqsləri aşağı 400 sm^{-1} –də çıxır. İkinci oxşar molekulyar komplekslər üçün xarakterik olaraq. $1400\text{-}1900\text{ sm}^{-1}$ sahədə liqandların koordinasi olunmasını göstərir.

Hidrogen-halogen turşularının $5\text{-}6\text{ mol/l}$ -ə qədər qatılığının aşağı düşməsi nəticəsində kompleks ayrılır hansı ki, Bİ renium (V) ionu daxili sferasına keçir. Bunlar nadir torpaq elementlərinin Bİ ilə komplekslərindən prinsipial olaraq fərqlənilir. Bundan başqa daxili koordinasiya sferasında hallogen ionlarını sıxlaşdırıb çıxararaq su molekulu yerini tutur. Beləliklə renium(V)-in benzimidazol ilə molekulyar komplekslərinin əmələgəlmə reaksiyasını aşağıdakı kimi təsvir etmək olar.



Spektrlərdən göstəriləni kimi $800\text{-}900\text{ sm}^{-1}$ -də komplekslərdə intensiv dublet zolaqların paylanması 740 sm^{-1} və 710 sm^{-1} maksimumunda və liqandlarda udulma zolaqlarının yerinin dəyişməsi baş verir. Derivatoqrammalarda xarici və daxili sferalı suların nisbətində fərq aydın görünür.

Belə ki, koordinasiyalı suyu olmayan komplekslər üçün kütlənin azalması, liqandların parçalanması ilə bağlı olub, $220\text{-}280^\circ\text{C}$ -də başlayır, xarici sfera suyu $65\text{-}80^\circ\text{C}$ -də parçalanır. Daxili sfera suyu isə $120\text{-}130^\circ\text{C}$ -də parçalanmağa başlayır. Kütlənin itməsi koordinasiya sularının mollarının sayına müvafiqdir. $[\text{ReOLHal}_3(\text{H}_2\text{O})]\text{H}_2\text{O}$ tərkibli komplekslər üçün H_2O molekulunun ayrılmasının iki mərhələsi var. Kristallik su $65\text{-}90^\circ\text{C}$ -də ayrılır, temperaturun artması ilə ikinci endoeffekt müşahidə olunur (şək.4). Bu onun dimerləşməsi nəticəsində kompleksin tərkibindən HCl və koordinasi olunmuş su molekulunun çıxarılması ilə baş verir.



Şəkil 4. $[\text{ReOLCl}_3(\text{H}_2\text{O})]\text{H}_2\text{O}$ kompleksin kütləsinin mütləq və nisbi itkisinin ayrılması

Kompleksin dağılması 250°C –də başlayır. Qızdırılmış məhsulun İQ spektrində $910\text{--}990\text{ sm}^{-1}$ $\nu(\text{Re}=\text{O})$ 725 sm^{-1} –də $\nu_{\text{as}}(\text{Re}-\text{O}-\text{Re})$ oksigen körpülü iki nüvəli renium kompleksləri üçün xarakterik zolaqlar görünür. Temperaturun 160°C -ə qədər yüksəlməsi ilə bir nüvəli komplekslərdən ikini nüvəli birləşmələrin, hansı ki, Bİ molekulunda körpülü liqandlar olan birləşmələrin əmələ gəlməsi baş verir. Elektrokimyəvi üsullardan biri olan konduktometriya ilə koordinasiya birləşmələrinin tərkib və xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir.

Xarici sferasında bu və ya digər işarəli ionlardan ibarət koordinasiya olunmuş birləşmələr elektrolitdirlər və sadə duzların məhlulları kimi onların məhlulları da müəyyən qanunauyğunla aparılır. Buna baxmayaraq, kompleks birləşmələri məhlullarının elektrikkeçiriciliyinin molyar qiyməti həlledicinin təsirinin davamlılığını xarakterizə edir (cədvəl 6).

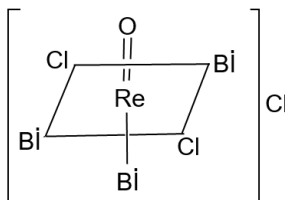
Cədvəl 6-dan göründüyü kimi, $(\text{HL})_2[\text{ReOHal}_5]$ tərkibli kompleks 2:1 tipli elektrolitlərə uyğun olaraq elektrikkeçiriciliyini molyar qiyməti vardır. Metanolda temperaturun qalxması zamanı elektrikkeçiriciliyinin molyar qiyməti əhəmiyyətli dərəcədə dəyişiklik olmur. Uyğun olaraq asetonda və DMFA-də temperaturun 50°C -ə qədər qalxması ilə μ qiyməti 1:1 tipli elektrolitin qiymətinə qədər enməsi baş verir.

Cədvəl 6

Renium(V)-in benzimidazol ilə molyar elektrikkeçiriciliyinin qiymətləri

№	Birləşmələr	Həllədicilər	$\mu, \text{Om}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$			
			20°C	30°C	40°C	50°C
1	$(\text{HL})_2[\text{ReOCl}_5]$	Aseton	180,60	168,00	154,20	144,70
		Metanol	200,47	198,60	196,30	192,44
		DMFA	159,96	132,21	119,68	89,34
2	$(\text{HL})_2[\text{ReOBr}_5]$	Aseton	198,74	190,02	186,55	170,21
		Metanol	206,45	202,93	198,23	196,66
		DMFA	167,54	144,17	128,96	90,09
3	$[\text{ReOLCl}_3(\text{H}_2\text{O})] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Aseton	43,61	46,96	49,96	52,31
		Metanol	59,45	69,26	69,26	74,38
		DMFA	20,22	44,52	44,52	67,96
4	$[\text{ReOLBr}_3(\text{H}_2\text{O})] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Aseton	46,64	48,73	50,09	53,95
		Metanol	62,25	67,33	71,64	77,56
		DMFA	21,26	38,48	49,71	71,42
5	$[\text{ReOLCl}_3] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Aseton	30,62	31,16	32,21	35,39
		Metanol	52,92	56,28	61,88	69,24
		DMFA	32,64	42,05	48,96	62,51
6	$[\text{ReOLBr}_3(\text{H}_2\text{O})] \cdot \text{H}_2\text{O}$	Aseton	42,54	46,91	50,50	54,64
		Metanol	66,62	68,91	72,26	74,09
		DMFA	36,36	49,72	56,68	64,84
7	$[\text{Re}_2\text{O}_3\text{L}_2\text{Br}_4(\text{H}_2\text{O})_2] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Aseton	8,18	8,24	8,71	8,80
		Metanol	10,69	14,49	20,06	30,21
		DMFA	40,69	56,24	72,82	116,93

Yuxarıda qeyd olunanların hamısını nəzərə alaraq, alınan kompleksi aşağıdakı şəkildə təsvir etmək olar.



Sintez edilmiş benzimidazol komplekslərinin tərkibinin HCl və HBr-in qatılığından, reagentlərin nisbətindən asılılığı və liqand

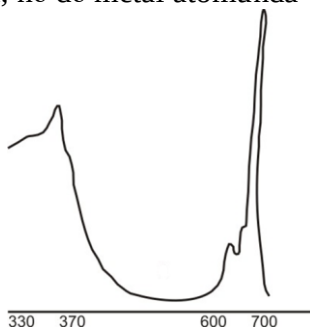
azot atomu vasitəsi ilə monodentat koordinasiya müəyyən edilmişdir.

Renium(V)-in ftalosianinlə kompleks birləşməsi.

Metalların ftalosianin kompleksləri (PcM) sahəsində tədqiqatlar son onillikdə çox sürətlə inkişaf edir. Bu sinif birləşmələrə maraq onunla əlaqədardır ki, təbiətdə porfirinlərin geniş yayılmış sintetik analoqu hesab edilən ftalosianinlər(Pc) unikal fiziki-kimyəvi xassələr nümayiş etdirir, yarımkəçirici və katalitik xassələrə malikdir, karbohidrogenlərin oksidləşməsi reaksiyalarında katalizator kimi istifadə olunması üçün perspektivli hesab edilir.

Şəkil 5-da məhlulların EUS göstərilmişdir, əsas zolaqların piklərinin hündürlükləri nisbəti (368-370 və 651-697 nm) 45% təşkil edir; 625-630 və 668 nm satellitlər yaxşı həll edilmirdir, bu, ftalosianinlərin monomer formaları üçün xarakterikdir. Spektrlərə baxdıqda görünür ki, sintez nəticəsində renium Pc-in yalnız bir forması əmələ gəlir.

Komplekslərin İQ-spektrində $940-945\text{ sm}^{-1}$ -də zolaq mövcuddur ki, bu da $\text{Re}=\text{O}$, rəbitəsinə uyğun gəlir. $3100-3700\text{ sm}^{-1}$ intervalında hər hansı zolağın olmaması onu göstərir ki, molekulun tərkibində nə liqandda, nə də metal atomunda OH qrupu yoxdur.



Şəkil 5. Reniumun ftalosianin ilə kompleks birləşməsinin elektron udulma spektri

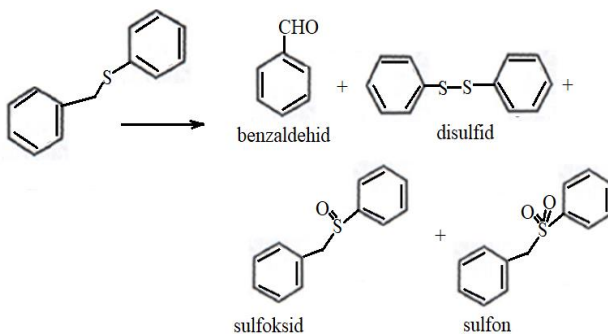
Renium Pc-lərin sintezi üçlü-butilftalodinitrilin ammonium perrenat ilə reaksiyası üzrə aparılmış, alınmış komplekslərin struktur

xüsusiyyətləri isə İQ, UB/Vis və EPR spektrlərin köməyi ilə öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, alınmış komplekslərin tərkibində yüksəkkovalentli $\text{Re}=\text{O}$ qrupları vardır və renil rabitəsi ilə paramaqnit renium kompleksləri üçün xarakterik EPR spektrləri göstərmir. Reniumun ftalosianin kompleksinin İQ-spektrlərində 945 sm^{-1} udulma zolağının meydana gəlməsi renil rabitəsi ilə əlaqədardır. Əlverişliliyi və yüksək çıxımı ilə fərqlənən renium ftalosianinlərin yeni sintez üsulu təklif edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, sintez nəticəsində yalnız bir formalı renium ftalosianin əmələ gəlir ki, bu formanı da fiziki-kimyəvi tədqiqatlar əsasında PcReO kimi yazmaq olar. Sintez olunmuş Re(V) komplekslərin oksidləşmə reaksiyalarında katalitik xassələri tədqiq olunmuşdur və bu birləşmələrin katalizator qismində tətbiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

Renium komplekslərin katalitik xassələrinin öyrənilməsi

Sintez olunmuş kompleks birləşmələrin 2 növ N- və O-saxlayan liqandları: 1) nikotin turşusunun amidi, 2) imidazol katalitik oksidləşmə reaksiyalarında tədqiq olunmuşdur.

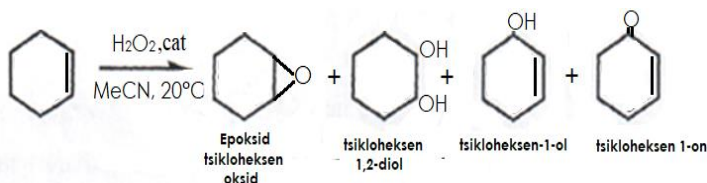
Benzilfenilsulfidin oksidləşməsini otaq temperaturunda katalizator kimi $[\text{ReOL}^2_2\text{Cl}_3]$, $[\text{ReOL}^2_2\text{Br}_3]$, $[\text{ReOL}^3_2\text{Cl}_3]$, $[\text{ReOL}^3_2\text{Br}_3]$ komplekslərdən istifadə edərək aparılmışdır. Bunun üçün benzilfenilsulfidin asetonitril məhluluna hidrogen peroksid və katalizator əlavə edilmişdir. Reaksiya 3 saat davam etmiş və reaksiyanın gedişinə yüksək effektivli maye xromatoqrafiya vasitəsilə nəzarət olunmuşdur. Benzilfenilsulfidin oksidləşmə reaksiyası aşağıdakı sxemdə göstərilmişdir.



Benzilfenilsulfidin oksidləşməsi nəticəsində benzilfenilsulfoksidin və benzilfenilsulfonun $[\text{ReOL}_2\text{Cl}_3]$ tərkibi kompleks üçün maksimal konversiya 91% ilə qarışıq alınmışdır. $[\text{ReOL}_2\text{Br}_3]$ tərkibli kompleks üçün 81% tərkibli komplekslər üçün reaksiya selektiv gedir. Komplekslər konversiyayı yaxşılaşdırmaqdan əlavə sulfoksidin alınması reaksiyasında selektivliyi də təmin edir.

Aparılan tədqiqatın nəticələrinə əsasən $[\text{ReOL}_2\text{Cl}_3]$ kompleks üçün gedən reaksiyanın sürəti (mol məhsul/mol.kat.saatda) 28-ə, $[\text{ReOL}_2\text{Br}_3]$ üçün isə 30-a bərabərdir.

İkinci sınaq substratı tsikloheksen olmuşdur, bu da həmçinin benzilfenilsulfid kimi hetero- və homolitik oksidləşmə mexanizmlərini fərqləndirməyə imkan verir. Sintez edilmiş renium metalkompleksləri homolitik oksidləşmə mexanizmləri üçün tipik olan məhsullar (2-tsikloheksen-1-ol və 2-tsikloheksen-1-on) ilə yanaşı, heterolitik oksidləşmə mexanizmləri üçün xarakterik olan məhsullar verir (epoksid və transtsiikloheksan-1,2-diol).



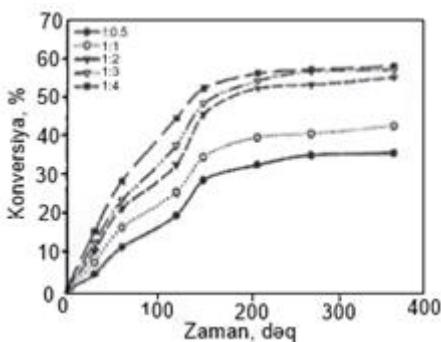
Cədvəl 7-də reaksiyanın başlanmasından 6 saat sonra tsikloheksenin konversiyaya və müxtəlif oksidləşmə məhsullarının selektivliyi haqqında alınan nəticələr verilmişdir.

Cədvəl 7

Renium katalizatorlarının iştirakı ilə tsikloheksenin H_2O_2 ilə oksidləşməsi

	Katalizator	Oksidləşdirici	Konversiya, %	Selektivlik, %			
				Epoks	SH-diol	SH-ol	SH-on
1	$[\text{ReOL}_2^2\text{Cl}_3]$	H_2O_2	35	37	8	-	53
2	$[\text{ReOL}_2^2\text{Br}_3]$	H_2O_2	31	43	5	-	50
3	$[\text{ReOL}_2^3\text{Cl}_3]$	H_2O_2	43	32	6	-	51
4	$[\text{ReOL}_2^3\text{Br}_3]$	H_2O_2	39	37	9	-	48

Cədvəl 7 -də göründüyü kimi ən yüksək selektivlik $[\text{ReOL}_2\text{Cl}_3]$ tərkibli kompleksin istifadəsində olur. Şəkil 10 –da göstərilən reaksiyanın müddətindən və H_2O_2 tsikloheksenin nisbətlərinin müxtəlif olma şəraitində konversiya asılılığı verilib. H_2O_2 tsikloheksenin nisbəti artdıqca $[\text{ReOL}_2\text{Br}_3]$ kompleksindən istifadə edəndə konversiya 55%-də 30%-ə qədər azalır (şəkil 6).



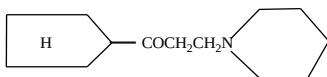
Şəkil 6. Tsikloheksenin müxtəlif nisbətlərdə reaksiyasının konversiyasının vaxtdan asılılığı. Reaksiyasının şərtləri: (0,51 gr, 5mmol) katalizator $[\text{ReOL}_2\text{Cl}_3]$ (20 mq., 5mol%), temperatur 70°C , CH_3CN (25ml).

Beləliklə, aparılan tədqiqatlar göstərir ki, renium kompleksləri tsikloheksenin oksidinə qədər oksidləşməsini stereoselektiv kataliz edir.

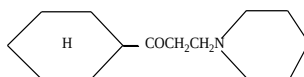
Reniumun klaster kompleksləri.

Qeyri-üzvi kimya sahəsində çalışan alimlərin diqqət sahəsinə, çoxnüvəli koordinasiya birləşmələr adlandırılan molekullarında bir neçə metal ionu olan və metallar arasında rabitə uzunluğunun kompakt metallarla müqayisədə nəzərə cəpəq dərəcədə qısa olduğu kompleks birləşmələr daha çox təsadüf etməyə başladı. Klassik birmərkəzli koordinasiya birləşmələrdən fərqli olaraq, bu birləşmələrdə liqandlar, bir-biri ilə sıx əlaqədə olan, bir neçə metal atomu (ionu) ilə əhatə olunurlar. Bununla əlaqədar, reniumun

tərkibində karbonil qrupu və xlor atomunun β -vəziyyətində amin fragmenti olan üzvi bifunksional liqandlarla (I və II) çoxnüvəli metal komplekslərinin alınması maraqlıdır.

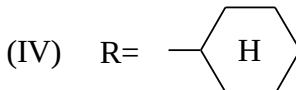
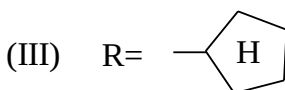
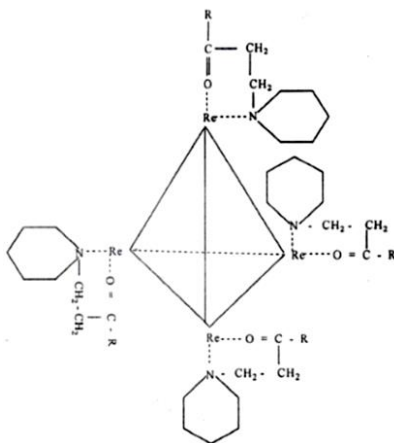


I



II

I və II liqandlarını əlavə etdikdə, tədricən, 30 dəqiqə ərzində suda çökən, uyğun olaraq III və IV klaster birləşmələri əmələ gəlirlər.



Alınmış qara-qəhvəyi çöküntü distillə edilmiş suda yuyulur və azot mühitində 35-40°C temperaturunda qurudulur. III və IV klaster birləşmələrinin ərime temperaturları, uyğun olaraq, 195°C və 212°C (parçalanmaqla) təşkil edirlər. Termoqravimetrik üsulla müəyyən edilmişdir ki, III və IV birləşmələri 187°C və 201°C temperaturlarına qədər davamlıdırlar, ancaq bu temperaturlardan yuxarıda 177°C- 229°C temperaturları intervalında endotermik effektlə müşayiət olunan I və II aminoketonlarının ayrılması prosesi baş verir. Alınmış klaster nümunələrin quruluşu element analiz

göstəriciləri, onların İQ spektrlərinin tədqiqi və termiqravimetrik metod əsasında müəyyən edilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. Rенийumun bir sıra N- və O- saxlayan donor üzvi liqandlarla (fenantrolin, nikotinamid, imidazol, benzimidazol, ftalosianin) kompleks birləşmələrinin sintez üsulları işlənilib hərlənmişdir. Cəmi 19 birləşmə ayrılıb, onlardan 11-i ilk dəfə alınıb.
2. Sintez edilmiş birləşmələrin tərkibi və quruluşu, kimyəvi rəbitənin təbiəti və koordinasiya növü, element analizi və müxtəlif fiziki-kimyəvi üsulların: İQ-spektroskopiya, EUS, termogravimetriya, RSA, molyar elektrikkeçiriciliyin nəticələri əsasında müəyyən olunub.
3. $\text{PhenH}_2[\text{ReOHal}_5]$ tərkibli birləşmələr alınmışdır, onların termiki parçalanması nəticəsində $[\text{ReOHal}_3\text{Phen}]$ tərkibli birləşmələr sintez olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, termiki parçalanma müvafiq hidrogen-halidin sərbəst çıxarılması və fenantrolin molekulunun xarici sferadan daxili sferaya yerdəyişməsi ilə davam edir.
 - Alınan nəticələr əsasında nikotinamidin heterosikl azot atomu vasitəsilə monodentat koordinasiyası müəyyən olunmuşdur və iki nüvəli quruluşu təsdiqlənib.
 - Re(V) -in imidazolla kompleks birləşmələrində liqandın monodentat koordinasiyası təyin olunub və İQ-spektrlərində $\nu(\text{Re}=\text{O})$ valent titrəməsi üçün xarakterik olan zolaqlar aşkar edilmişdir.
 - Sintez edilmiş benzimidazol komplekslərinin tərkibi turş mühitdə HCl və HBr -in qatılığından asılıdır, liqand isə bütün hallarda əvəzləyicisi olmayan azot atomu vasitəsi ilə monodentat koordinasiya olunub.
 - Əlverişliliyi və yüksək çıxımı ilə fərqlənən renium ftalosianinlərin yeni sintez üsulu təklif edilib. Müəyyən edilib ki, sintez nəticəsində yalnız bir formalı renium ftalosianin əmələ gəlir ki, bu formanı da fiziki-kimyəvi tədqiqatlar əsasında PcReO kimi yazmaq olar.

4. Sintez olunmuş Re(V) komplekslərin benzilfenilsulfidin və tsikloheksenin oksidləşməsi reaksiyalarında katalitik aktivliyi tədqiq olunmuşdur və onların katalizator qismində tətbiqinin mümkünlüyü göstərilmişdir.

5. Konduktometriya üsulu ilə müxtəlif üzvi həlledici mühitində elektroliz tipi müəyyən edilib, ona da öyrənilən kompleks birləşmələr aiddirlər. Müəyyən olunub: seçilmiş birləşmələr diamaqnitdirlər, o da Re(V) üçün xas olandır.

6. Bəzi Re kompleksləri üçün termodinamiki hesablamalar aparılmış və termodinamiki xüsusiyyətləri müəyyən edilmişdir.

7. Renumun karbonil- və amin- tərkibli üzvi bifunksional liqandlarla klaster birləşmələrinin sintez metodları işlənib hazırlanıb. Müəyyən olunub ki, renumun duzunun su molekulunda reduksiya zamanı metallik renumun ultradispers nanohissəciklər əmələ gətirir və onların qarşılıqlı təsirindən klaster birləşmələr yaranır. Sintez olunmuş klaster birləşmələrdə renumun tetraedrik koordinasiyası təsdiq olunub.

Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı nəşrlərdə öz əksini tapmışdır.

1. Ağahüseynova, M.M., Əmənullayeva G.İ., Qüdrətova F.D. Renumun N-donor üzvi liqandlarla klaster komplekslərinin sintezi // T.N.Şahtaxtinskiyin anadan olmasının 90 illik yubileyinə həsr olunmuş elmi konfrans, Akad. M.F.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, 2015, s.139.
2. Гудратова Ф.Д., Мамедова Л.Н. Комплексные соединения рения (V) с азотсодержащими гетероциклическими лигандами // XXIX Научно-техническая конференция «Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии». – Тезисы докладов. «РЕАКТИВ–2015», Новосибирск, 2015, с.94
3. Qüdrətova F.D. Renumun benzimidazol komplekslərinin sintezi və tədqiqi // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika elmi konfransı, Bakı, 2015, s.61-62.

4. Ağahüseynova, M.M., Qüdrətova F.D. Rенийun N-donor üzvi liqandlarla komplekslərinin sintezi və tədqiqi // “Analitik kimya” kafedrasının 80 illik yubileyinə həsr olunmuş VI Respublika elmi konfransı, Bakı, 2015, s.76-77
5. Агагусейнова М.М., Гудратова Ф.Д., Микаилова М.Р. Разработка новых Re и Ru–евых комплексных соединений – перспективных препаратов радиодиагностики онкологических заболеваний // XI Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России», Москва, 2016, с.187.
6. Агагусейнова М.М., Адыгезалова М.Б., Гудратова Ф.Д. Комплексные соединения рения с бензимидазолом: синтез и свойства // XXIV Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы в современной науке и пути их решения», Москва, 2016, с.98-100.
7. Агагусейнова М.М., Гудратова Ф.Д. Свойства комплексных соединений рения (V) с фенантролином // IX Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки XXI века», Москва, 2016, с.5-7.
8. Ağahüseynova M.M., Qüdrətova F.D., Mikayılova M.R. Re və Ru ftalosianin komplekslərinin sintezi və xassələri // Azərbaycan Ali texniki Məktəblərinin Xəbərləri jurnalı, Bakı, 2016, №3(103), s.67-70.
9. Qüdrətova F.D. Rенийun üzvi liqandlı komplekslərinin katalitik xassələrinin öyrənilməsi // Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XX Respublika elmi konfransı, Bakı, 2016, s.78-81.
10. Gudratova, F.D. Synthesis and physico-chemical properties of coordination compounds of rhenium (V) with imidazole and it's derivatives // II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Наука в движении: от отражения к созданию реальности», Альметьевск, 2017, с.385-387.

11. Aghahuseynova M.M., Gudratova F.D. Cluster complexes of rhenium // Norwegian Journal of development of the International Science, 2017, p.9-11.
12. Aghahuseynova M.M., Gudratova F.D. Synthesis and study of Re(V) complex compounds with benzimidazole // Azerbaijan Chemical Journal, 2017, №3, p.39-42.
13. Aghahuseynova, M.M., Gudratova F.D. “Rhenium (V) complex compounds with phenantroline” // 3rd International Turkic World Conference On Chemical Sciences and Technologies – 2017, p.182.
14. Aghahuseynova, M.M., Gudratova F.D. Development of new methods for the synthesis of cluster rhenium catalysts // International scientific- technical conference. Azerbaijan University of Architecture and Construction, 2017, p.322-323.
15. Гудратова Ф.Д. Комплексные соединения Re(V) // «Нефть и газ-2018» 72-я международная молодежная научная конференция, Москва, 2018, Том2, с.312.
16. Qüdrətova F.D. Rhenium (V) 1,10-phenanthroline kompleks birləşmələrinin sintezi və tədqiqi // “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” Beynəlxalq elmi konfrans. Gəncə, 2018, s.63-64.
17. Gudratova F.D. Synthesis and study of rhenium(V) complex compounds // “Kimyanın aktual problemləri” XII Beynəlxalq elmi konfrans, Bakı, 2018, p.221-222.
18. Gudratova F.D. Obtaining complexes of rhenium // «Инновативные перспективы развития нефтепереработки и нефтехимии», посвященная 110-летию академика В.С.Алиева, Баку, 2018, с.58.
19. Qüdrətova F.D. Rhenium (V)-in imidazol və metilimidazol ilə kompleks birləşmələri // Akademik M.Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev qıraətləri” elmi konfransı, Bakı, 2018, –s.234.
20. Aghahuseynova M.M., Gudratova F.D. Synthesis of rhenium phthalocyanine complexes by the reaction of tert-butylphthalodinitrile with ammonium perrhenate and peculiarities

- of their structure // Processes of Petrochemistry and Oil Refining, 2018, v.19, №4, p.450-454.
21. Гудратова Ф.Д., Агагусейнова М.М. Комплексы рениума (V) с метилбензимидазолом и пиридилбензимидазолом // «Инновационные материалы и технологии-2019», Минск, 2019, с.191-192.
22. Ağahüseynova M.M., Qüdrətova F.D. Комплексы рения на основе карбонильных и аминсодержащих органических бифункциональных лигандов // “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri” beynəlxalq elmi konfransı, Gəncə, 2019, s.80-81
23. Ağahüseynova M.M., Qüdrətova F.D. Rений(V)-in metil- və piridilbenzimidazolla kompleksləri // Azerbaijan Journal Of Chemical News, Bakı, 2019, № 1, s.47-53.
24. Гудратова Ф.Д. Synthesis and properties of Re (V) complexes // «Нефть и газ-2019» 73-я международная молодежная научная конференция, Москва, 2019, Том4, с.380.
25. Агагусейнова М.М., Гудратова Ф.Д. Комплексные соединения рения с N- содержащими гетероциклическими лигандами // Нефтепереработка и нефтехимия, Москва, 2019, №6, с.24-27.
26. Qüdrətova F.D. Rений (V) 1,10- fenantrolinlə kompleks birləşmələrinin sintezi və tədqiqi // Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri, 2019, №4(120), s.59-64.
27. Ağahüseynova M.M., Qüdrətova F.D. Особенности координации никотиновой кислоты в комплексах рения (V) // Kimyanın aktual problemləri XIII Beynəlxalq Elmi konfrans, Bakı, 2019, s.209
28. Агагусейнова М.М., Гудратова Ф.Д. Синтез комплексов рения и особенности координации никотиновой кислоты // Нефтегазохимия, Москва, 2019, № 2, с.18-20.
29. Ağahüseynova M.M., Qüdrətova F.D. Metalkompleks katalizatorlarının iştirakı ilə stirelin oksidləşmə reaksiyası // “Kimya texnologiyası və mühəndisliyinin innovativ inkişaf perspektivləri”, Sumqayıt, 2019, s.138-139.

30. Гудратова Ф.Д. Комплексные соединения рения (V) с амидом никотиновой кислоты // Промышленное производство и использование эластомеров, Москва, 2019, № 2, с.23-26.
31. Агагусейнова М.М., Гудратова Ф.Д. Синтез и структурные особенности фталоцианиновых комплексов рения // Нефтепереработка и нефтехимия, Москва, 2020, №2. с.18-20.
32. Гудратова Ф.Д. Октаэдрические кластерные комплексы рения (V) // XVIII Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибирь 2020», 2020, с.1004.1-1004.5
33. Гудратова Ф.Д. Использование синтезированных комплексных соединений рения в медицинской практике // XVIII Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибирь 2020», Сибирь, 2020, с.1005.1-1005.4.
34. Aghahuseynova M.M., Gudratova F.D. Cluster complexes of rhenium with carbonyl and amine-containing ligands // Изв. вузов. Химия и хим. Технология, 2021. v. 64. №1. p.47-51.
35. Aghahuseynova M.M., Gudratova F.D. Modeling the Complex Formation of Rhenium with Organic Nitrogen-Containing Ligands by Using Fuzzy Inference // 11th World Conference "Intelligent System for Industrial Automation" (WCIS-2020), Tashkent, Uzbekistan, 2020, p.442-452.
36. Gudratova F.D., Mikailova M.R., Agaguseynova M.M. Regularities of rhenium and ruthenium coordination with organic nitrogen-containing ligands // Actual Problems Of Chemical Engineering. International Conference dedicated to 100 th Anniversary of Azerbaijan State Oil and Industry University. Baku, 2020, p.62.



Dissertasiya müdafiəsi 10 mart 2022 il tarixində
saat 13⁰⁰ AMEA-ın akademik M.F.Nağıyev adına Kataliz və
qeyri-üzvi kimya institutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.15
Dissetasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ1143, Bakı şəhəri H.Cavid pr.,113

Dissertasiya ilə AMEA-ın akademik M.F.Nağıyev adına Kataliz və
Qeyri-üzvi Kimya Institutunun kitabxanasında tanış olmaq
mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları AMEA-ın
akademik M.F.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya
Institutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 08 fevral 2022 il tarixində
zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 03.02.2022

Kağızın formatı: A5

Həcm: 38689

Tiraj:100 nüsxə