

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

BİMETALLİK SEOLİT KATALİZATORLARI: SİNTEZİ, XASSƏLƏRİ VƏ DÜZDİSTİLLƏ BENZİNİN ÇEVİRİLMƏSİNDƏ KATALİTİK AKTİVLİYİ

İxtisas: 2307.01 – Fiziki kimya
Elm sahəsi: Kimya
İddiaçı: **Süsən Mirzəmməd qızı Şirinova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2023

Dissertasiya işi Naxçıvan Dövlət Universitetinin «Kimya» kafed-
rasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: – kimya elmləri doktoru, professor
Sabit Eyyub oğlu Məmmədov

Rəsmi rəhbər: – AMEA-nın müxbir üzvü, kimya elmləri
doktoru, dosent
Əliəddin Dəyyan oğlu Abbasov



kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Qəzənfər Müzəffər oğlu Bayramov

– kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Nailə Əsrəf qızı İmanova

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Ko-
missiyasının Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən
ED 2.16 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

kimya elmləri doktoru, professor
İbrahim Qərib oğlu Məmmədov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

kimya elmləri doktoru, dosent
Fərid Nadir oğlu Nağıyev

Elmi seminarın sədri:

kimya elmləri doktoru, dosent
Dünya Məhəmməd qızı Babanlı



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Son illər motor yanacaqlarına qoyulan «Avro-5» standartlarına cavab verən ekoloji xassələri yaxşılaşdırılmış yüksək oktanlı benzinlərin istehsalına tələbin artması müşahidə olunur. Bu sinif benzinlərin istehsalına keçid üçün aromatik karbohidrogenlərin (ARK) miqdarı normaya uyğun olması məqsədilə riforminq benzinin payına məhdudiyyət qoyulmuşdur. «Avro-4» və «Avro-5» sinif yanacaqlarda aromatik karbohidrogenlərə 35,0 həcm% benzola 1,0 həcm%, olefin karbohidrogenlərə isə 14,0 həcm%-ə qədər miqdarda məhdudiyyət qoyulmuşdur. Bu məhdudiyyətləri aradan qaldırmaq üçün izomerləşmə, efirləşmə və alkilləşmə proseslərin inkişafı və yeni daha effektiv katalizatorların işlənməsi prioritet istiqamətlərdir.

Hal-hazırda Respublikamızda yüksək oktanlı komponentlər almaq üçün katalitik krekinq, riforminq və alkilləşmə proseslərindən istehsal olunur. Bu proseslərin əsasında hazırlanan motor yanacaqları keyfiyyətinə görə «Avro-4» və «Avro-5» standartlarına cavab vermir. Bu yanacaqların əsas tərkibi riforminq benzinindən təşkil olunduğu üçün onun tərkibində ARK-in miqdarı 40%-dən, benzolun miqdarı isə 2,0%-dən çox olur.

Ənənəvi katalitik riforminq prosesi yüksək temperaturda (500-525°C) hidrogen-tərkibli qaz mühitində reniumla promotorlaşmış alüminoplatin katalizatorun iştirakında aparılır. Lakin bu katalizatorlar bir sıra çatışmazlıqlara malikdirlər: qiymətli komponentlərdən istifadə olunması aşağı termiki sabillik, mürəkkəb regenerasiya aparılma zərurəti, prosesin yüksək təzyiqdə aparılması, yüksək enerji sərfi. Bütün bunlar riforminq prosesini hidrogen qazın iştirakı olmadan prinsipial olaraq yeni şəraitdə aparılması üçün tərkibində nəcib metallar olmayan yüksək effektivli katalizatorların işlənməsini zəruri edir. Bundan başqa benzinlərin tərkibində riforminq benzinin payını azaltmaq üçün onun tərkibində izomerizətin miqdarını artırmaqla motor yanacağın keyfiyyətini tələb olan standarta çatdırmaq olar. İzomerizətlər benzinlərin ideal komponentləridir və onların tərkibində praktiki olaraq kükürd, olefinlər və aromatik karbohidrogenlər olmur. Müasir avtomobil benzinlərin keyfiyyətinin artırılması probleminin həllində izomerləşmə prosesinin prioritet istiqamət

hesab edilir.

Sənayedə istifadə olunan Pt/Al₂O₃-Cl növlü katalizatorlar yüksək aktivliyə malik olsalar da, onlar ekoloji tələbə cavab vermir. Onların istismarı zamanı daima xlorlaşdırıcı agentlər tələb olunur, avadanlıq korroziyaya uğrayır və böyük miqdarda turşu tullantılar əmələ gətirir. Bu katalizatorlar xammalın tərkibində olan azot və kükürlü birləşmələrə çox həssasdırlar, prosesdən öncə xammalın təmizlənməsi tələb olunur və onlar regenerasiya olunmur.

Hal-hazırda sənayedə pentan-heksan fraksiyaların izomerləşməsində xlorlaşdırılmış Pt/Al₂O₃ və mordenit əsasında Pt-seolit katalizatorlarından istifadə edilir.

Mordenit seoliti əsasında istifadə olunan Pt-katalizatorların aktivliyi xlorlaşdırılmış Pt/Al₂O₃ katalizatorlardan daha aşağıdır. Lakin bu növ katalizatorlar Pt/Al₂O₃-Cl katalizatorları ilə müqayisədə üstünlüyü onların xammaldakı əlavələrə davamlılığı və sadə regenerasiya olunmasıdır. Yüksək istismar keyfiyyətlərinə görə seolit katalizatorlara daha perspektiv baxılır.

Lakin orta məsaməli mordenit əsaslı katalizatorlar n-pentan və n-pentanın miqdarı daha yüksək olan C₅-C₆ benzin fraksiyaların izomerləşməsində daha yüksək izomerləşmə aktivliyi göstərilir. n-C₆-C₈ karbohidrogenlərlə zəngin olan benzin fraksiyaların izomerləşməsində onlardan istifadə olunduqda yüksək oktanlı şaxəli izoparafinlər alınmır və karbohidrogenlər əsasən hidrokrekinqə məruz qalırlar.

Ədəbiyyat məlumatların analizi göstərir ki, riforminq prosesinə alternativ olan hidrogensiz şəraitdə düzdistillə benzin fraksiyaların zənginləşdirilməsində yüksək silisiumlu ZSM-5 seoliti əsasında bifunksional katalizatorların işlənməsi daha perspektiv istiqamətdir.

Digər tərəfdən benzinlərin tərkibində izoquruluşlu C₆-C₈ karbohidrogenlərin miqdarını artırmaq üçün q.b. – 70°C və 85°C benzin fraksiyaların izomerləşməsi prosesi üçün müxtəlif məsaməli quruluşa malik seolit əsasında (Y, ZSM) katalizatorların işlənməsini zəruri edir.

Yuxarıda qeyd olunan üstünlüklər hidrogensiz mühitdə, aşağı temperaturda, atmosfer təzyiqdə düzdistillə benzin fraksiyaların zənginləşdirilməsi, dar benzin fraksiyaların izomerləşməsi prosesləri üçün Y, eləcə də ZSM-5 seolitləri əsasında katalizatorların işlənməsi müasir avtomobil benzinlərin ekoloji təmizliyinin, keyfiyyətinin artırılması problemin həllində bunların prioritet olmasını və iqtisadi səmə-

rəliyini təyin edir.

Tədqiqatın obyektı və predmenti. Tədqiqat obyektləri n-heksan, n-heptan, n-oktan, yüngül benzin fraksiyaları (q.b. – 70°C, – 85°C), qazokondensatın düzdistillə benzin fraksiyaları (q.b. – 70°C), onların izomerləşmə və aromatikləşmə məhsulları Pt, Ca, La, Gd, Ho, Zn, Ni, Zr, Cu, B, P, Ge, Co-ın birləşmələri ilə modifikasiya olunmuş Y və ZSM-5 seoliti əsasında katalizatorlardır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Bu işin əsas məqsədi yüngül benzin fraksiyalarının izomerləşməsi, qazokondensatın düzdistillə benzin fraksiyalarının hidrogensiz mühidə zənginləşdirilməsi prosesləri üçün Y və ZSM-5 seolitlər əsasında biseolit, eləcə də ZSM-5 seolitləri əsasında effektiv metalseolit katalizatorların işlənməsi, onların fiziki-kimyəvi, turşu xassələri ilə katalitik aktivliyi, seçiciliyi və stabilliyi arasında qarşılıqlı əlaqənin öyrənilməsi olmuşdur.

Məqsədə nail olmaq üçün aşağıda göstərilən təcrübi və nəzəri məsələlərin həlli ilə mümkün olmuşdur:

–hopdurulma və ion mübadilə üsulları ilə Y seoliti əsasında bi və polimetallik katalizatorların hazırlanması;

–keçid və nadir torpaq metalların təbiətinin və miqdarının Y əsaslı katalizatorların fiziki-kimyəvi, turşu və n-C₇-C₈ parafin karbohidrogenlərin və yüngül benzin fraksiyalarının izomerləşməsində katalitik xassələrinə təsirinin tədqiqi;

–Y və ZSM-5 əsasında bi və polimetallik biseolit katalizatorların hazırlanması, onların fiziki-kimyəvi xassələrinin və qazokondensatın benzin fraksiyalarının (q.b. – 70°) izomerləşməsində tədqiqi;

–seolit katalizatorların izomerləşmə seçiciliyi seolitlərin quruluş xüsusiyyətləri, turşu mərkəzlərin qüvvəsi və qatılığı, modifikasiyaedici metalın miqdarı və təbiəti arasında asılılığın müəyyənləşdirilməsi;

–ZSM-5 seoliti əsasında keçid metallar və qeyri-metallarla (B, P) bimetallik katalizatorların hazırlanması, onların fiziki-kimyəvi xassələri və hidrogensiz mühidə düzdistillə benzin fraksiyasının yüksək oktanlı komponentlərə çevrilmə prosesində katalitik xassələrinin tədqiqi;

–modifikasiyaedici metalın, qeyri-metalın təbiətinin, miqdarının

katalizatın tərkibində izoparafın və ARK-in miqdarı arasında asılılığın öyrənilməsi;

–yüksək izomerləşmə seçiciliyə və stabilliyə malik optimal katalizatorun seçilməsi;

Tədqiqatın metodları. Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində fiziki-kimyəvi analizin müasir metodlarından (RFA, İQS, NH₃-ün TPD, azotun aşağı temperaturda adsorbsiyası, SEM, qaz-maye xromatografiyası) istifadə etməklə həyata keçirilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

–n-C₆-C₈ və benzin fraksiyaların izomerləşməsi prosesində mübadilə kationunun, keçid metalların təbiətinin və miqdarının Y seoliti əsasında bi-, polimetallik katalizatorların aktivliyinə, eləcə də izomerləşmə seçiciliyinə təsiri;

–Modifikasiyanın katalizatorun fiziki-kimyəvi turşu xassələrinə təsiri və katalizatorun izomerləşdirici seçiciliyi arasında əlaqənin öyrənilməsi;

–Y və ZSM-5 seolitləri əsasında bimetallik biseolit katalizatorların hazırlanması, seolit və modifikasiyaedici metalların təbiətinin və miqdarının onun müxtəlif benzin fraksiyaların izomerləşməsində katalitik xassələrinə təsiri;

–Modifikasiya olunmuş seolit və biseolit əsasında katalizatorların fiziki-kimyəvi turşu və tekstur xassələrinin öyrənilməsi və katalitik xassələri ilə qarşılıqlı əlaqənin müəyyən edilməsi və dar benzin fraksiyaların izomerləşməsi prosesi üçün effektiv bifunksional biseolit katalizatorların işlənilib hazırlanma prinsipləri;

–ZSM-5 seoliti əsasında bimetallik B və P saxlayan katalizatorların sintezi və onların iştirakında hidrogensiz mühitdə qazokondensatın düzdistillə fraksiyasının zənginləşdirilməsi prosesinin qanunauyğunluqların tədqiqi, katalizatorların izomerləşdirici və aromatikləşdirici istiqamətlərə yönəldən aktiv mərkəzlərin müəyyənləşdirilməsi, onların seçiciliyini və stabilliyini təyin edən faktorların araşdırılması və yüksək effektivli bifunksional katalizatorun seçilməsi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. İlk dəfə olaraq C₅-C₆ n-parafın karbohidrogenlərin və yüngül benzin fraksiyaların izomerləşməsi prosesində Pt, Co, Ni, Ge, NTE metalları ilə modifikasiya olunmuş geniş məsaməli Y və orta məsaməli ZSM-5 seolitləri əsasında polimetallik

biseolit katalizatorların katalitik təsir qanunauyğunluqları öyrənilmiş və göstərilmişdir ki, həmin metalların seolitın struktur növünün uzlaşması yolu ilə katalizatorun izomerləşmə aktivliyini və seçiciliyini artırmaq olar.

Hər bir komponentin katalizatorunun aktivliyinə və izomerləşmə seçiciliyinə təsiri aşkar edilmişdir. Göstərilmişdir ki, iki çox yüklü kationla (Ca^{2+} - NTE^{3+}), keçid metallarla (Pt-Ni, Pt-Co) və Ge-la modifikasiya olunmuş bi- və polimetallik seolit (Y) və biseolit (Y-ZSM-5) katalizatorları yüksək izomerləşdirici qabiliyyətə malikdirlər. Polimetallik biseolit katalizatorları, yüngül benzin fraksiyalarının izomerləşməsindən yüksək oktanlı komponentlərin alınmasını təmin edir.

İlk dəfə olaraq ZSM-5 seoliti əsasında qeyri-metallarla (B, P) modifikasiya olunmuş bimetallik (Zn-Fe, Cu-Zn, Cu-Co, Cu-Zr, Co-Zr) katalitik sistemlər hazırlanmış, onların fiziki-kimyəvi xassələri və hidrogensiz mühitdə qazkondensatın düzdistillə benzinlərinin yüksək oktanlı komponentlərə çevrilməsi prosesində tədqiq olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, düzdistillə benzin fraksiyasından yüksək oktanlı komponentlərin alınması prosesində katalizatın çıxımı, izoparafın, ARK-in miqdarı, oktan ədədi ZSM-5 seolitinin tərkibində modifikasiyaedici metalın, eləcə də qeyri-metalın, təbiəti və miqdarı ilə nizamlanır. Ən yüksək katalitik aktivlik bimetallik Zr-Cu-B(P)-HZSM və Zr-Co-B(P)-HZSM katalizatorları göstərir: onun iştirakında alınan 94,2 (TM) oktan ədədli benzin fraksiyası ARK-in (<30,0%), benzolun (0,8-1,1%) və olefinlərin (1,2-2,1%) miqdarına görə «Avro-4» və «Avro-5» avtomobil benzin sinfinə dair tələblərə cavab verir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. İşdə alınmış nəticələr pentan-heksan, heksan-heptan fraksiyaların izomerləşməsi üçün aktiv və selektiv Pt tərkibli polimetallik biseolit katalizatorların hazırlanma üsulunun işlənməsinə əsas ola bilər. Düzdistillə benzin fraksiyasının hidrogensiz mühitdə aşağı temperaturda zənginləşdirilməsi prosesi üçün ZSM-5 əsaslı bimetallik katalizatorlar ənənəvi riforminq katalizatorlarına alternativ ola bilər.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas materialları, eləcə də alınan nəticələr adları aşağıda qeyd olunan Beynəlxalq və Respublika konfranslarında müzakirə olunmuş və materiallarında dərc olunmuşdur:

Tələbələr və gənc alimlər üçün II Beynəlxalq (XII Ukrayna) elmi konfransı (Vinnitsa, 2019); 6 cildə tezislər toplusu Ümumi və tətbiqi kimya üzrə XXI Mendeleyev Konqresi 4-cü cild (Sankt-Peterburq, 2019); Y.S. Klyaçkinanın anadan olmasının 85 illiyinə həsr olunmuş beynəlxalq iştirakla VI Ümumrusiya konfransının (1934-2000) tezisləri toplusu (Perm, 2019); Kimya texnologiyası və ətraf mühitin mühafizəsinin aktual məsələlərinin VIII Ümumrusiya Konfransı materialları toplusu (Çeboksarı, 2020); Tələbələrin və Aspirantların XIII Ümumukrayna Elmi Konfransı «Kimyəvi Karazin oxunuşları» tezislər toplusu (Xarkov, 2021); 9-cu Ümumrusiya Seolit Konfransının seolitlər və mezoporoz materialları tezisləri toplusu: nailiyyətlər və perspektivlər (Qrozni, 2021); Konfrans klasterinin tezislər toplusu (İvanovo, Rusiya, 2021); Beynəlxalq iştirakla Gənc Kimyaçıların XXV Ümumrusiya Konfransının tezislər toplusu (Nijni Novqorod, 2022); Ümummillə Lider Heydər Əliyevin 96, 99-cu ildönümlərinə həsr olunmuş “Kimyanın aktual problemləri” mövzusunda aspirantların, magistrantların və gənc tədqiqatçıların Respublika Elmi Konfranslarının materialları (Bakı, 2019, 2022).

Dissertasiya işinin materialları üzrə 9 məqalə (onlardan 5-i Beynəlxalq xülasələndirmə və indeksləmə sistemlərinə daxil olan dövrü elmi nəşrlərdə olmaqla) və 20 məruzənin tezisləri çap olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi Naxçıvan Dövlət Universitetinin «Kimya» kafedrasında bu istiqamətdə aparılan elmi tədqiqat işi planı üzrə yerinə yetirilmişdir.

Dissertasiya işinin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi «Giriş», 4 fəsil, «Nəticələr» və «İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı»ndan ibarətdir. 32 şəkil, 25 cədvəl və 173 adda mənbənin daxil olduğu ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla işin işarə ilə götürülmüş ümumi həcmi 183911 simvol (o cümlədən, Giriş – 14482 simvol, I fəsil – 64401 simvol, II fəsil – 22917 simvol, III fəsil – 33450 simvol, IV fəsil – 44511 simvol, Nəticələr – 4150 simvol) təşkil edir.

Aparılan tədqiqatlarda iddiaçının şəxsi töhfəsi. Seolit katalizatorların modifikasiyası və hazırlanması işləri, onların katalitik və turşu xassələrinin tədqiqi, tekstur, turşu, fiziki-kimyəvi xassələri, onların katalitik xassələri arasında əlaqənin şərhə, məqalə və tezislərin tərtib olunması, eləcə də çapa hazırlanması müəllif tərəfindən həyata keçirilmişdir.

DİSSERTASIYA İŞİNİN QISA MƏZMUNU

«Giriş» hissədə mövzusunun aktuallığı, işin məqsədi, həll olunacaq məsələlər, elmi yeniliklər, işin praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, ayrı-ayrı fəsillərin qısa məzmunu öz əksini tapmışdır.

Birinci fəsil ədəbiyyat icmalına həsr edilmişdir. Bu fəsildə seolitlərin quruluşu, fiziki-kimyəvi, karbohidrogenlərin və benzin fraksiyalarının çevrilməsində katalitik xassələri verilmişdir. Seolitlərin iştirakında qazokondensatın düzdistillə benzin fraksiyalarının izomerləşmə və aromatləşməsinin qanunauyğunluqları araşdırılmış modifikasiya üsullarını dəyişməklə seolitlərin fiziki-kimyəvi və katalitik xassələrinin nizamlanmasının mümkün olması qənaətinə gəlinmişdir.

İkinci fəsildə katalitik qurğu təsvir olunmuş, reagentlərin və reaksiya məhsullarının analizi, seolit katalizatorlarının hazırlanma üsulları, onların fiziki-kimyəvi və turşu xassələrinin tədqiqi metodları, təcrübələrin aparılması və məhsulların analiz metodikaları verilmişdir.

Üçüncü fəsildə aparılmış müzakirənin qısa icmalı

n-Heksanın izomerləşməsi reaksiyasında Y seoliti əsasında mono- və bimetalik katalizatorların katalitik xassələri. İşdə sistematik olaraq Y seolitinin Ca-, NTE metallarının kation və bikation formaları, keçid metalları (Ni, Co), Sn və Ge metallarla modifikasiya olunmuş Y və ZSM-5 seolitlər əsasında katalizatorlar hazırlanmış və onların fiziki-kimyəvi xassələri və katalitik aktivlikləri n-heksan, n-oktan, sənaye n-pentan, C₅-C₆ benzin fraksiyalarının (q.b. – 70°C və q.b. – 85°C) və n-C₇-C₈ parafin karbohidrogenlər qarışığının izomerləşməsi reaksiyasında sistemativ öyrənilmişdir.

Monometallic Pt/CaY seoliti n-heksanın izomerləşmə reaksiyasında aşağı aktivliyə və seçiciliyə malik olur. İzohexsanların maksimal çıxımına (58,5 küt.%) 350°C-də nail olunur, Pt/CaY katalizatorunun tərkibinə 0,3-0,8 küt.%-i Ho-um daxil edilməsi onun aktivliyinə və seçiciliyinə promotorlaşdırıcı təsir göstərir. Katalizator Ho-um ilə modifikasiya olunduqda onun miqdarından asılı olaraq izomerləşmə reaksiyasının temperaturu 10-40°C-ə qədər aşağı düşür. Modifika-

torun miqdarını 0,5 küt.%-nə qədər artırıqda optimal temperatur 320°C-yə qədər aşağı düşür, izoheksanların çıxımı 71,1%-ə, bu temperaturda izomerləşmə seçiciliyi isə 94,8%-ə qədər artır. Bimetallik katalizatorun tərkibində Ho-un miqdarını 0,8 küt.%-nə qədər artırıqda onun izomerləşmə aktivliyi və seçiciliyi bir qədər aşağı düşür. Optimal temperaturda (320°C) izoheksanların çıxımı 69,2%, seçiciliyi isə 92,8% təşkil edir. Beləliklə, Ho-um metalı Pt/CaY katalizatorunun aktivliyinə və seçiciliyinə promotorlaşdırıcı təsir edir. Bimetallik Pt Ho/CaY katalizatorunda Ho-un optimal miqdarı 0,5 küt.%-i təşkil edir.

0,5% Pt 0,5 % Ho/CaY katalizatorun tərkibinə Ni daxil etdikdə onun miqdarı, aktivliyi və seçiciliyi mühüm dərəcədə dəyişir. Onun tərkibinə 0,2 küt.%-i Ni daxil etdikdə katalizatorun aktivliyi və izomerləşdirici seçiciliyi artır. Optimal temperaturda (320°C) izoheksanların çıxımı 73,5 küt.%-nə qədər, izomerləşmə seçiciliyi isə 96,2%-ə qədər artır. Katalizatorun tərkibində nikelin miqdarını 0,3 küt.%-nə qədər artırıqda onun izomerləşmə aktivliyi və seçiciliyi aşağı düşür.

C5-C6 benzin fraksiyasının (q.b. – 70°C) izomerləşməsi prosesində Y seoliti əsasında bi- və polimetallik katalizatorların katalitik xassələri. Cədvəl 1-dən görünür ki, bimetallik BMSKT (0,5% Pt 0,5% Ho/CaY) kifayət qədər izomerləşmə aktivliyi göstərir. Onun iştirakında izopentanın miqdarı 18,8 küt.%-nə, izo-C5-C6 karbohidrogenlərin miqdarı 50,6 küt.%-nə qədər artır və bu səbəbdən alınan benzin fraksiyasının oktan ədədi 77,2 punkta qədər yüksəlir.

Bimetallik BMSKT katalizatoru 0,2 küt.%-i Ni (PMSKT-1; 0,5% Pt 0,5% Ho 0,2% Ni/CaY) və 0,2 küt.%-i Ge (PMSKT-2; 0,5% Pt 0,5% Ho 0,2% Ge/CaY) ilə modifikasiya olunduqda onun izomerləşmə aktivliyi və seçiciliyi daha yüksək olur. Polimetalseolit katalizatorları iştirakında benzin fraksiyasının tərkibində izopentanın miqdarı 20,1-21,5 küt.%-nə qədər, izo-C5-C6 karbohidrogenlərinin miqdarı 53,0-54,7 küt.%-nə qədər artır, oktan ədədi (OƏ) isə 80,3-81,0 punkta qədər yüksəlir. Xammal tərkibində 0,9 küt.%-i olan benzol tam çevrilməyə məruz qalır.

Cədvəl 1. Bi- və polimetallik Y seolit katalizatorların iştirakında qazokondensatın benzin fraksiyasının (q.b-70°C) izomerləşmə prosesinin göstəriciləri

Şərait: T=320°C, V=1,0 saat⁻¹, H₂/xamal=3:1(mol)

Göstəricilər	Xammal, küt. %	Katalizator		
		BMSKT	PMSKT-1	PMSKT-2
Etan+propan	0,1	6,3	5,3	5,0
Izobutan	0,6	2,1	2,9	3,0
n-butan	3,5	2,0	2,1	1,9
izopentan	14,2	18,8	20,4	21,5
n-pentan	28,9	22,1	21,5	20,7
Tsiklopentan	5,7	5,9	5,2	4,8
2,2-dimetilbutan	0,2	5,3	5,9	6,1
2,3-dimetilbutan+2 metilpentan	15,6	16,1	16,4	16,6
3-metil pentan	10,8	10,4	10,5	10,7
n-heksan	15,8	7,2	7,5	8,1
metilsikloheksan	3,6	2,4	2,1	1,6
Tsikloheksan	0,1	0,3	0,1	-
Benzol	0,9	0,2	-	-
izo-C ₅ -C ₆ k/h miqdarı	40,8	50,6	53,0	54,7
Oktan ədədi, TM	69	77,2	80,3	81,0

Polimetallik seolit katalizatorlarının izomerləşdirici aktivliyi qazokondensatın benzin fraksiyasının (q.b. – 70°C) 320-350°C temperatur intervalında çevrilməsində öyrənilmiş və göstərilmişdir ki, prosesin temperaturu karbohidrogenlərin çevrilməsinə mühüm dərəcədə təsir edir. Temperaturu 320°C-dən 350°C-yə qədər artırıdığında C₅-C₆ fraksiyasında karbohidrogenlərin parçalanması sürətlənir və qaz məhsulların miqdarı 8,7 küt.%-dən 14,6-15,6 küt.%-nə qədər artır. 320°C-də C₅-C₆ fraksiyanın tərkibində izopentanın miqdarı 16,4 küt.%-dən 26,3-27,2 küt.%-nə qədər, izoheksanların miqdarı 25,2 küt.%-dən 28,6-29,1 küt.%-ə qədər, OƏ isə 69,4-dən 79,2-80,2 punkta qədər yüksəlir. Prosesin temperaturunu 330°C-yə qaldırıdığında fraksiyanın tərkibində izo-C₅-C₆ karbohidrogenlərinin miqdarı 54,9-56,0 küt.%-dən 57,3-59,0 küt.%-nə qədər artır və bunun nəticəsində onun oktan ədədi 82,1-82,6 punkta qədər yüksəlir. Temperaturu 350°C-yə qədər artırıdığında parçalanma reaksiyası sürətlənir və izoparafınların miqdarı azalır. Alınmış nəticələr göstərir ki, 0,5% Pt

0,5%Ho 0,2% Ge/CaY polimetallik katalizatoru daha yüksək aktivlik göstərir. C₅-C₆ fraksiyasının tərkibinin müqayisəsi göstərir ki, tərkibində n-pentan və n-heksan karbohidrogenlərinin miqdarı daha çox olan fraksiyanın izomerləşməsi nəticəsində OƏ yüksək olan benzin fraksiyasının alınması mümkündür.

Beləliklə, Y seoliti əsasında polimetallik katalizatorlar orta temperaturu yüngül C₅-C₆ fraksiyasının (q.b. – 70°C) və C₆-C₇ benzin fraksiyasının (q.b. – 85°C) izomerləşməsində yüksək aktivlik göstərməklə «bir keçiddə» onun oktan ədədini 12,0-13,2 punkt artıraraq yüksək oktanlı qeyri-aromatik C₅-C₆ və C₆-C₇ izomerizatların alınmasını təmin edir.

Y seoliti əsasında polimetallik katalizatorların iştirakında n-oktanın və n-C₇-C₈ parafin karbohidrogenləri qarışığının izomerləşməsi. Geniş benzin fraksiyası (q.b. – 125°C) naften və ARK-ər ilə yanaşı C₅-C₈ alkanları ilə təmsil olunur. Həmin n- və izoalkanların molekullarının diametrlərinin ölçüləri 0,55-0,8 nm intervalında dəyişdiyinə görə onların izomerləşməsi üçün məsamələrinin ölçüləri ~0,9 nm olan Y seoliti əsasında hazırlanmış katalizatorlardan istifadə olunması daha perspektivdir. Bu səbəbdən Y seoliti əsasında yeni polimetallik katalizatorlar sintez edilmiş və onların katalitik xassələri model xammal kimi n-heptan və n-oktanın qarışığının izomerləşməsi reaksiyasında tədqiq olunmuşdur (cədvəl 2).

Cədvəl 2. n-C₇-C₈ parafin karbohidrogenlər qarışığının Y seoliti əsasında polimetallik katalizatorların iştirakında izomerləşməsi. Şərait: T=280°C, P=1,0 atm, V=1,0 saat⁻¹, H₂/xammal=3:1. Qarışığın tərkibi: n-C₇H₁₆: n-C₈H₁₈ (1:1 küt.%)

Katalizator	Məhsulların çıxımı,%			Σi-C ₇ -C ₈	S _{izo} %
	C ₂ -C ₆	Σi-C ₇ H ₁₆	Σi-C ₈ H ₁₈		
PMSKT-2	4,2	33,9	27,7	61,6	93,6
PMSKT-3	4,5	32,7	26,8	59,5	92,9
PMSKT-4	4,0	34,3	28,4	62,7	94,0

PMSKT-2 (0,5%Pt 0,2%GeHoCaY^{xx}); PMSKT-3 (0,5%Pt 0,2%GeLaCaY^x); PMSKT-4 (0,5%Pt 0,2%GeLaCaY^{xx}); İzomerləşmə seçiciliyi – S_{izo} %; Ho və La-nın miqdarı 0,8küt.%-i, ^xCa²⁺ və ^{xx}Ca²⁺ ilə mübadilə dərəcələri uyğun olaraq 86 və 91%.

Görünür ki, polimetalseolit katalizatorları n-C₇-C₈ parafin karbohidrogenləri qarışığının izomerləşməsi reaksiyasında yüksək katalitik aktivlik göstərilir.

Tərkibində Ca²⁺ kationları ilə mübadilə dərəcəsi 91%, Ho və ya La-la (0.8 küt.%) modifikasiya olunmuş polimetallik katalizatorlar daha yüksək aktivlik və seçicilik göstərilir. Bu katalizatorların katalitik xassələri bir-birinə çox yaxın olur. Onların iştirakında 280°C-də i-C₇-C₈ karbohidrogenlərinin çıxımının cəmi 61,6-62,7 küt.%-i, seçiciliyi isə 93,6-94,0 təşkil edir.

NTE ilə modifikasiya olunduqdan sonra Pt-seolit katalizatorunun katalitik xassələrinin dəyişməsinə modifikasiya nəticəsində əlavə Brensted (B) və Lyuis (L) növlü turşu mərkəzlərinin əmələ gəlməsi ilə izah etmək olar. La³⁺, La(OH)⁺, La(OH)²⁺ kationlar əlavə L-turşu mənbəyidir. Seolit NTE forması tərkibində həmişə brensted növlü «körpücük turşu» OH-qrupları saxlayır. La kationun ətrafında L-turşu mərkəzi iki OH-qrupu (La(OH)⁺) saxlaya bilər. Bu kation iki B-turşu mərkəzləri əmələ gətirməklə atomlardan ibarət mərkəzi qrupun yanında lokallaşır və onun yükünü kompensə edir. Buna görə NTE-CaY seolitlərdə B-turşu mərkəzlərinin yaranması L-mərkəzləri olan NTE kationlarının əhatəsində su molekullarının olması ilə əlaqədar olur. n-Oktanın izomerləşməsində lantanın Pt/0,86 CaY və Pt/0,91 CaY katalizatorlarının katalitik xassələrinə promotorlaşdırıcı təsir B- və L-turşu mərkəzləri nisbətinin dəyişməsi ilə şərtlənir. Y seolitinin Ca-formaları zəif (E<95 kC/mol) və orta (95<E<130 kC/mol) qüvvətli turşu mərkəzlərinə malik olurlar. Lakin zəif və orta qüvvətli turşu mərkəzlərin miqdarı uyğun olaraq 33,7-38,5 mkmol/q və 80,3-88,5 mkmol/q təşkil edir. Orta qüvvətli mərkəzlərin miqdarı az olduğundan Pt-seolit katalizatoru yüksək aktivlik göstərmir (cədvəl 3). CaY seolit tərkibinə 0,5-0,8 küt.%-i La daxil etdikdə orta qüvvətli turşu mərkəzlərin miqdarı kəskin artır (178,7-186,5 mkmol/q). Ge-um ilə modifikasiya nəticəsində orta qüvvətli turşu mərkəzlərin qüvvətli turşu mərkəzlərinə olan nisbəti daha çox artır (6.5-6.9), qüvvətli B-mərkəzlərin qatılığı azalır, yeni L-mərkəzlər yaranır.

Beləliklə, izomerləşmə reaksiyasında hər iki mərkəzlər iştirak edir. Lakin əsas rolu orta qüvvətli B-turşu mərkəzləri oynayır. İzomerləşmə seçiciliyi orta və qüvvətli B-turşu mərkəzlərinin nisbəti və yeni

əmələ gələn L-turşu mərkəzlərin miqdarı ilə nizamlanır.

Cədvəl 3. Pt-seolit katalizatorunun tərkibindəki La və Ge-un miqdarının turşu mərkəzlərin sayının aktivləşmə enerjisinə görə paylanması

Nümunə №	Modifikatorun miqdarı, küt.%-i		E<95 kC/mol	95< E < 130 kC/mol	E>130 kC/mol
	La	Ge			
0,86 CaY	-	-	38,5	80,3	-
0,91 CaY	-	-	33,7	88,5	-
0,86 CaY	0,5	-	27,2	132,2	25,4
0,86 CaY	0,8	-	20,6	178,7	31,2
0,86 CaY	1,0	-	14,7	184,5	42,1
0,91 CaY	0,8	-	18,8	186,5	33,7
0,86 CaY	0,8	0,1	30,1	190,3	29,1
0,86 CaY	0,8	0,2	32,4	192,5	27,7

Bimetallik Pt-Me/HZSM-5 katalizatorların n-pentan və sənaye n-pentan fraksiyanın izomerləşməsində katalitik xassələrinin tədqiqi. Orta məsələyə malik yüksək silisiumlu ZSM-5 seolitləri n-parafinlərin çevrilməsində perspektivli katalizatorlar sinfinə aid edilir.

Bu səbəbdən n-parafin karbohidrogenlərinin və yüngül benzin fraksiyalarının izomerləşməsi prosesi üçün ZSM-5 seoliti əsasında yeni daha seçici katalizatorun işlənməsi işin vacib məsələlərindən biri olmuşdur.

Bunları nəzərə alaraq n-pentan və sənaye n-pentan fraksiyasının izomerləşməsində Co, Ni və digər metallarla (Sn, Ge) modifikasiyanın Pt-tərkibli ZSM-5 əsasında katalizatorun aktivliyinə və seçiciliyinə təsiri öyrənilmişdir.

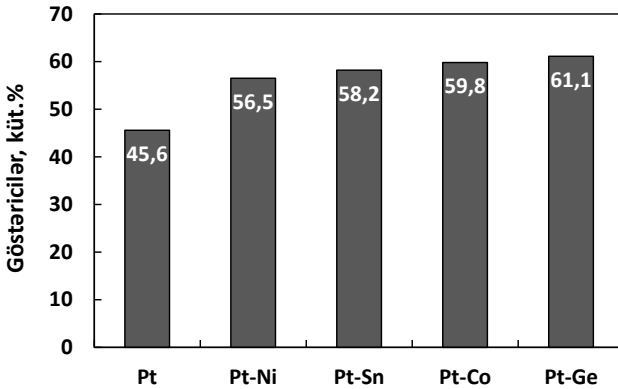
Göstərilmişdir ki, monometallik Pt/HZSM-5 katalizatoru n-pentanın izomerləşməsində yüksək aktivlik göstərir və 300°C izopentanın çıxımı 57.4 küt.%-i təşkil edir. Lakin onun seçiciliyi aşağı olur (91,2%).

Pt/HZSM-5 katalizatorunun tərkibinə 0,15 küt.%-i Co daxil etdikdə 280-320°C temperatur intervalında izopentanın çıxımı və katalizatorun izomerləşdirici seçiciliyi artır. Optimal temperaturda (300°C) izopentanın çıxımı 58,6-60.8 küt.%-nə qədər, izomerləşdirici seçicili-

yi isə 93,7-95.6%-ə qədər artır.

0,5% Pt 0,15% Co/HZSM-5 bimetallik katalizatoru sənaye n-pentan fraksiyası izomerləşməsi reaksiyasında sınaqdan keçirilmiş və müəyyən olunmuşdur ki, reaksiyanın temperaturunu 280°C-dən 320°C-yə qədər artırırdıqda onun izomerləşdirici aktivliyi artır. Daha yüksək izomerləşmə aktivliyi 300°C-də müşahidə olunur. Katalizatın tərkibində izopentanın miqdarı 53,9 küt.%-ə qədər artır, C₅ fraksiyanın tərkibində izopentanın miqdarı 59,8%-ə qədər yüksəlir. Prosesin gedişində xammalın tərkibində çox olan kükürlü və azotlu birləşmələr tamamilə parçalanaraq kənarlaşır.

Digər metalların (Sn, Ge, Ni) az miqdarda (0,15 küt.%) 0,5% Pt/HZSM-5 katalizatorun aktivliyinə təsiri 300°C-də sənaye izopentan fraksiyasının izomerləşməsində öyrənilmiş və alınan nəticələr şəkil 1-də verilmişdir, Pt/HZSM-5 katalizatorunun tərkibinə 0,15 küt.%-i miqdarında Ni, Sn, Co, Ge əlavə edilməsi onun izomerləşdirici aktivliyinə promotorlaşdırıcı təsir edir.



Şəkil 1. İkinci metalın təbiətinin 0,5% Pt/HZSM-5 katalizatorun pentan fraksiyasının izomerləşməsində izopentanın miqdarına təsiri (T=300°C, v=1,0 saat⁻¹, H₂/xammal=3:1)

300°C-də izopentanın C₅ fraksiyasında miqdarı 45,6 küt.%-dən 61,1 küt.%-nə qədər artır. Daha yüksək izomerləşdirici aktivliyi bimetallik Pt-Co və Pt-Ge katalizatorlar göstərilir.

Bimetallik biseolit katalizatorları iştirakında qazokondensatın yüngül benzin fraksiyasının orta temperaturu izomerləşməsi.

Qazokondensatın yüngül C₅-C₇ benzin fraksiyasının izomerləşməsi prosesində geniş məsaməli (Y) və orta məsaməli (ZSM-5) seolitlərin uzlaşdırılması ilə hazırlanmış Pt-tərkibli biseolit katalizatorların katalitik xassələrinin və onun izomerləşmə aktivliyinə və seçiciliyinə modifikatorun təsirinin öyrənilməsi olduqca vacib və aktualdır.

Görünür ki, orta məsaməli olan ZSM-5 seoliti əsasında Pt-tərkibli katalizatorun iştirakında parafın, naften karbohidrogenlərin hidrokreninqi və n-pentanın izomerləşməsi gedir. 280°C-də C₂-C₄ qaz karbohidrogenlərin çıxımı yüksək olur və 13,3 kütl.% təşkil edir. Məhsulların tərkibində izohexsanların çıxımının artması müşahidə olunmur. 2,2-dimetilbutan və 2,3-dimetilbutanın kinetik diametrləri (~0,62 nm) ZSM-5 seolitinin kanallarının kəsiyindən böyük olması onların kanallarda əmələgəlməsinə sterik çətinliklər yaradır. Pt/HZSM-5 katalizatorun iştirakında yalnız n-pentanın izomerləşməsi seçici gedir (cədvəl 4).

Cədvəl 4. Pt-tərkibli mono- və biseolit katalizatorları iştirakında qazokondensatın benzin fraksiyasının (q.b. – 70°C) izomerləşməsinin göstəriciləri.

Şərait: 280°C (KT-1, KT-2); 300°C (KT-3, KT-4) V=2 saat⁻¹, H₂/xammal=3:1 (mol)

Göstəricilər	Xammalın tərkibi, kütl. %	Məhsulların çıxımı, kütl. %			
		KT-1	KT-2	KT-3	KT-4
Etan+propan	0,1	8,2	0,9	2,9	2,5
İzobutan	0,6	2,3	0,8	1,4	0,9
n-butan	3,5	2,8	2,1	2,4	1,9
İzopentan	14,2	22,6	17,6	23,1	26,7
n-pentan	28,9	21,6	26,1	19,8	16,6
Tsiklopentan	5,7	6,3	6,0	5,3	5,1
2,2-dimetil butan	0,2	0,3	5,2	6,5	7,1
2,3-dimetil butan+2-metil pentan	15,6	15,0	16,6	16,6	17,0
3-metil pentan	10,8	10,4	11,0	11,4	11,2
n-heksan	15,8	7,5	10,5	8,2	8,6
Metil tsikloheksan	3,6	2,2	2,3	1,8	1,8
Tsikloheksan	0,1	0,7	0,8	0,6	0,6
Benzol	0,9	0,1	0,1	-	-
C ₅ -C ₆ izomerlərin fraksiyada miqdarı	40,8	48,3	50,4	57,6	62,0
Oktan ədədi (TM)	69	78,4	77,2	81,8	86,0

Qeyd. KT-1 (0,5% Pt-HZSM-5); KT-2 (0,5% Pt-Gd Ca Y); KT-3 (0,5% Pt-Gd Ca Y+20%HZSM-5); KT-4 (KT-3+0,15% Ge)

ZSM-5 əsasında katalizatorlardan fərqli olaraq Pt-tərkibli genişməsaməli Y seoliti (kanalların kəsiyi 0,7-0,8 nm) iştirakında n-pentan və

n-heksanın şaxəli izomerlərə izomerləşməsi seçici gedir. Bu katalizatorun (KT-2) iştirakında daha qiymətli 2,2-dimetilbutanın miqdarı 5,2 küt.%-nə qədər artır. Həmin katalizatorun iştirakında karbohidrogenlərin hidrokrekinqi qismən gedir.

Monoseolit katalizatorlar ilə müqayisədə Pt-tərkibli biseolit katalizatoru (KT-3) n-pentan və n-heksana qarşı daha yüksək izomerləşdirici qabiliyyətə malikdir. Onun iştirakında 300°C artırıqda izoparafınların miqdarı 57,6 küt.%-nə, benzinin oktan ədədi isə 81,8-ə qədər təşkil edir (cədvəl 4).

Biseolit katalizatorunun tərkibinə 0,15 küt.% Ge (KT-4) daxil olunması onun izomerləşdirici aktivliyinin mühüm dərəcədə artmasına səbəb olur. 300°C temperaturda KT-4 katalizatoru iştirakında izoparafınların miqdarı 62,0 küt.%-nə, oktan ədədi isə 86-ə qədər artır. Benzinin oktan ədədi 17 punkt artır. Temperaturu 320°C-ə qədər artırıqda onun izomerləşdirici aktivliyini bir qədər aşağı düşür. Biseolit katalizatorunun tərkibində Ge-un miqdarını 0,3 küt.%-nə (KT-5) artırıqda isə onun izomerləşdirici aktivliyini artırmır, əksinə C₅-C₆ izoparafınlarının miqdarını 60,3%-ə qədər aşağı salır.

Beləliklə, katalizatorun izomerləşdirici aktivliyi seolitın təbiəti və modifikatorun təbiəti və miqdarından asılı olur. İzoparafın karbohidrogenlərinin miqdarı və benzinin oktan ədədi geniş məsaməli və orta məsaməli (Y, ZSM-5) seolitlərin uzlaşması və Pt tərkibli bimetallik katalizatorun tərkibindəki modifikasiyəcici əlavənin (Ge) miqdarı ilə tənzimlənir.

Dördüncü fəslin qısa xülasəsi

Düzdistillə benzin fraksiyasının zənginləşdirilməsində ZSM-5 seoliti əsasında mono- və bimetallik Fe- və Me(Cu, Zn, Ni)-Fe-P tərkibli katalizatorların turşu və katalitik xassələri. Katalitik riforminq hidrogen mühitində və yüksək temperaturda (490-530°C) aparıldığı üçün alınan benzin fraksiyasının OƏ əsasən ARK-nin hesabına təmin olunur.

Bu səbəbdən düzdistillə benzin fraksiyalarının nisbətən aşağı temperaturlarda istifadə etməməklə çevirmə prosesi üçün ZSM-5 seoliti əsasında yeni daha yüksək izomerləşdirici qabiliyyətə malik bimetallik katalizatorların sintezi və onların xassələrinin tədqiqi

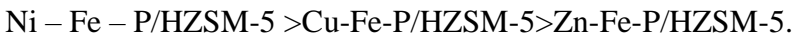
aparılmışdır.

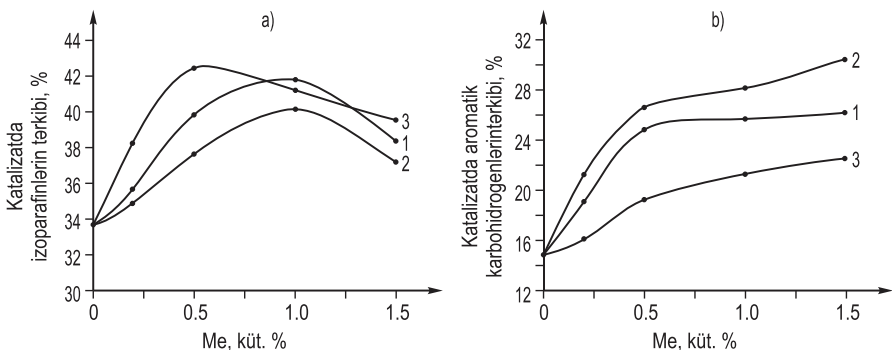
Xammal kimi aşağıdakı karbohidrogen tərkibli düzdistillə fraksiyasından istifadə olunmuşdur (küt.%): Parafinlər – 28,3; izoparafinlər – 29,5; naftenlər – 33,4; ARK-lər – 8,8; oktan ədədi (MM) – 58.

HZSM-5 seoliti iştirakında düzdistillə benzin fraksiyası əsasən krekinə məruz qalır və bu səbəbdən temperaturu 350°C-dən 430°C-yə qədər artırıqda maye məhsulların çıxımı 71,8%-dən 64,2%-ə qədər azalır. Temperatur artdıqca maye məhsulların tərkibində ARK-nin miqdarı artır. Oktan ədədi isə aromatik karbohidrogenlərin hesabına 58-dən 74-ə qədər artır. HZSM-5 seolitinin tərkibinə 1,0-3,0% miqdarda Fe daxil etdikdə optimal temperaturda (380°C) izoparafinlərin miqdarı 34.2-36.2%-nə qədər, ARK-nin miqdarı isə 22.8-26.8%-nə qədər artır. Maye məhsulların çıxımı az dəyişir. 3% Fe HZSM-5 katalizatoru 1,0-2,0 küt.%-i fosforla modifikasiya olunduqda maye məhsulların çıxımı mühüm dərəcədə artır(74.1-77.4%), izoparafinlərin və ARK-nin miqdarı az dəyişir. 3% Fe 2% P-HZSM-5 katalizatoru 0.5-1.5 % Cu, Zn və Ni ilə modifikasiya olunduqda maye məhsulların çıxımı artır, katalizatda izoparafinlərin və ARK-nin miqdarı dəyişir. Bundan başqa modifikasiya nəticəsində koksun miqdarı mühüm dərəcədə aşağı düşür.

Şəkil 2-dən görünür ki, katalizatorun izomerləşdirici və aromatikləşdirici qabiliyyəti mühüm dərəcədə metalın təbiəti və miqdarından asılı olur. Daha yüksək izomerləşdirici qabiliyyəti Ni metalı ilə modifikasiya olunmuş bimetalik katalizator göstərir. Metalın miqdarını 1.0 küt.%-dən çox artırıqda katalizatorun aromatikləşdirici qabiliyyəti artır. Daha yüksək aromatikləşdirici seçiciliyi Zn ilə modifikasiya olunan katalizator göstərir.

İzomerləşdirici seçiciliyinə görə bimetalik seolit katalizatorları aşağıdakı sıra üzrə düzülür:





Şəkil 2. 3,0%FeMe2,0%P/HZSM-5 katalizatorlarda modifikasiyaedici metalın qatılığı ilə katalizata izoparafinlərin (a) və ARK-nin (b) miqdarı arasında asılılıq.

Aromatlaşdırıcı seçiciliyinə görə bimetallik katalizatorlar aşağıdakı sıra üzrə düzülür:



Seolit katalizatorların katalitik xassəsinə modifikasiyanın təsirini izah etmək üçün onların turşu xassələri tədqiq olunmuşdur.

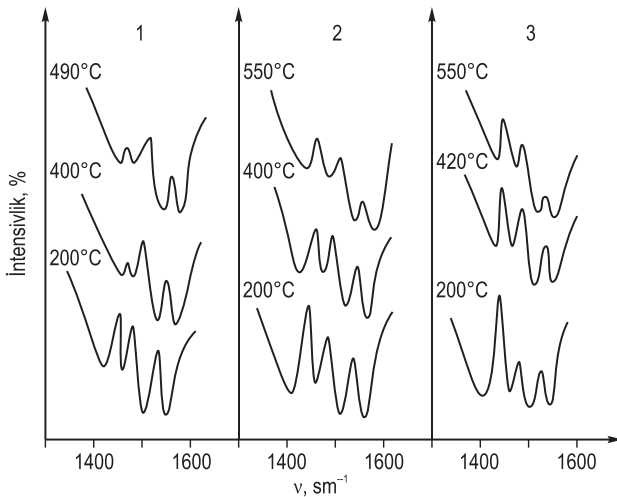
HZSM-5 seoliti qüvvətli B-turşu mərkəzlərinə (538 mkmol/q) və zəif L-turşu mərkəzlərinə malikdir. Onun tərkibinə 3.0%Fe daxil etdikdə qüvvətli Brensted turşu mərkəzlərinin qatılığı 312 mkmol/q-a düşür, lakin bu zaman yeni qüvvətli Lyuis turşu mərkəzləri əmələ gəlir (55 mkmol/q). Katalizator əlavə olaraq 2.0 küt.% P-la modifikasiya olduqda qüvvətli B-mərkəzlərinin qatılığı 126 mkmol/q-a düşür. 3.0%Fe/HZSM-5 katalizatoru ayrı-ayrılıqda Zn, Ni, Cu, metalları və P ilə modifikasiya olunduqda qüvvətli B-mərkəzlərinin kəskin azalması və yeni qüvvətli L-mərkəzlərinin əmələ gəlməsi baş verir.

Katalizatorların modifikasiya nəticəsində turşu xassələrinin dəyişməsinə aşağıdakı kimi izah etmək olar.

Seolitin modifikasiyası və termiki emalı prosesində metal ionları onun turşu xassəli hidroksil qrupları ilə əlaqədə olaraq protonun bir hissəsini metal ionları ilə əvəz edir və bunun nəticəsində qüvvətli B-turşu mərkəzlərinin qatılığı azalır və yeni daha qüvvətli ($\text{Me}^{\delta+}\text{O}^{\delta-}$) L-turşu mərkəzləri əmələ gəlir. Bundan başqa metal və onun müxtəlif oksidləmiş strukturlarının bir hissəsi nanohissəcik şəklində seolitin

mikroməsamələrində və onun səthində yerləşərək kristal qəfəsdə alüminiumun koordinasiya-doymamış ionları ilə əlavə L-turşu mərkəzləri əmələ gətirir.

Keçid metallarla modifikasiya nəticəsində ilkin seolitin (H-ultrasil) L-turşu mərkəzlərindən fərqli olaraq yeni və daha güclü L-mərkəzlərinin əmələ gəlməsini Fe və Cu-la modifikasiya olunmuş katalizatordan piridinın İQ spektrləri təsdiq edir. Modifikasiya olunmuş nümunələrinin aprotion mərkəzlərindən adsorbsiya olunmuş piridinın desorbsiyası hətta 550°C-də vakkumlaşmadan sonra da səthdən tam desorbsiya olunmur (şəkil 3).



Şəkil 3. Modifikasiya olunmuş H-ultrasillərdə adsorbsiya olunmuş piridinın İQ-spektrləri: 1 – H-ultrasil; 2 – Fe-ultrasil; 3 – Cu-ultrasil.

Beləliklə, HZSM-5 seoliti keçid metalları ilə modifikasiya olunduqda turşu mərkəzlərinin yenidən paylanması baş verir: qüvvətli B-turşu mərkəzlərinin qatılığı azalır və yeni daha qüvvətli L-turşu mərkəzləri yaranır.

n-Parafinlər və naftenlərin dehidrogenləşməsində modifikasiya olunmuş katalizatorların katalitik aktivliyində əsas rol keçid metalları ilə modifikasiya nəticəsində formalaşan $Me^{\delta+} O^{\delta-}$ növlü L-turşu mərkəzləri oynayır. Bu mərkəzlər n-parafin, naften və hidrogen molekullarına qarşı qüvvətli polyarlaşma qabiliyyətinə malik olurlar və bu

karbohidrogenlərin çevrilməsində katalizatorun dehidrogenləşmə aktivliyinə cavabdeh olurlar . B-mərkəzlərinin əsas rolu karbokationun əmələgəlməsindən ibarət olur.

Zr, Cu və B-la modifikasiya olunmuş ZSM-5 seoliti əsasında mono- və bimetallik katalizatorların iştirakında qazokondensatın düzdistillə benzin fraksiyasından yüksək oktanlı benzinlərin alınması. Modifikatorların təbiətinin və miqdarının HZSM-5 seolitinin turşu və katalitik xassələrinə təsirini tədqiq etmək üçün onun əsasında bimetallik Zr-Cu və Zr-Cu-B-HZSM-5 katalizatorları hazırlanmış və onların katalitik xassələri öyrənilmişdir.

Monometallik 2% Cu/HZSM-5 katalizatoru ortoborat turşusu ilə modifikasiya olunduqda maye məhsulların çıxımı 73,7%-ə qədər artır, lakin bu zaman izoparafınlərin miqdarı praktiki olaraq dəyişmir, ARK-nin miqdarı isə mühüm dərəcədə azalır (22,8 %). Maye məhsulların tərkibində yüksək oktanlı izoparafınlərin miqdarını artırmaq üçün 2%Cu1% B/HZSM-5 katalizatoru 0,5-1,0 küt.% Zr ilə modifikasiya olunmuşdur.

Katalizatorun tərkibində Zr-nin miqdarını 1,0 küt.%-ə qədər artırıdıda maye məhsulların tərkibində izoparafınlərin miqdarı mühüm dərəcə artaraq 43,5 küt.%-i təşkil edir, ARK-nin miqdarı cəmi 2,5% artır. 380°C-də alınan katalizatın OƏ 94,2 punkta qədər yüksəlir. İlkin qazokondensatla müqayisədə oktan ədədi 34,5 punkt artır. Bimetallik katalizatorun tərkibində Zr miqdarını 1,5 küt.%-nə qədər artırıdıda izoparafınlərin miqdarı artmır, lakin ARK-nin miqdarı bir qədər artır (28,3%).

Beləliklə, 1,0 % Zr 2% Cu 1% B/HZSM-5 bimetallik katalizatoru optimal izomerləşdirici və dehidrogenləşdirici funksiyalarına malik olur və 380°C temperaturda katalizatın çıxımı 78,2%, OƏ isə 94,2 (TM) olmaqla tərkibində izoparafın karbohidrogenləri üstün olan benzin almasına imkan verir.

Düzdistillə benzin fraksiyasının zənginləşməsi prosesinin göstəricilərinə bimetallik katalizatorların regenerasiyasız işləmə müddətinin təsiri. Katalizatorun ən vacib xassələrindən biri onun regenerasiyasız stabil işləmə müddətidir. Bimetallik seolit katalizatorlarının işləmə müddətinin prosesin göstəricilərinə təsiri öyrənilmişdir (cədvəl 5).

Cədvəl 5. Bimetallik seolit katalizatorlarının regenerasiyasız işləmə müddətinin düzdistillə benzin fraksiyasının zənginləşdirilməsi prosesinin göstəricilərinə təsiri

Göstəricilər	İşləmə müddəti, saat				
	10	50	100	150	200
1,0% Zr 2% Cu /HZSM-5 (kat. 1)					
Reaktorun temperatur, °C	380	400	420	440	460
Katalizatorun çıxımı, küt. %	74,2	76,8	78,8	80,2	82,1
Katalizatın karbohidrogen tərkibi, küt.%-i					
n-parafin+naften k/h	28,0	31,4	37,2	39,2	43,5
İzoparafın k/h	41,4	39,8	35,1	33,2	30,8
Olefin k/h	0,9	1,6	3,6	5,2	6,0
Aromatik k/h	29,7	27,2	24,1	22,4	19,7
Benzol	1,2	1,3	1,7	1,9	2,3
Oktan ədədi (TM)	91,6	88,1	84,3	80,2	76,8
1,0% Zr 2,0% Cu 1,0% B/HZSM-5 (kat 2)					
Reaktorun temperaturu, °C	380	400	420	440	460
Katalizatorun çıxımı, küt.%	78,2	79,3	82,1	84,5	85,6
Katalizatın karbohidrogen tərkibi, küt.%					
n-parafin+naften k/h	28,7	29,2	31,4	32,7	35,5
İzoparafın k/h	43,5	42,8	41,9	40,8	40,1
Olefin k/h	0,7	1,2	1,6	2,1	2,7
Aromatik k/h	27,1	26,8	25,1	24,4	21,7
Benzol	0,8	1,1	1,4	1,9	2,3
Oktan ədədi (TM)	94,2	93,5	91,2	88,4	85,1

Katalizatın çıxımını yüksək saxlamaq üçün təcrübələrin gedişində reaksiyanın temperaturu 380°C-dən tədricən 460°C-yə qədər qaldırılmışdır. Bimetallik 1,5% Zr 2% Cu//HZSM-5 (Kat. 1) iştirakında 380-460°C temperatur intervalında katalizatın çıxımı 74,2-82,1 küt. %-i təşkil edir. Bu katalizatorun işləmə müddəti 50 saatdan çox olduqda katalizatın tərkibində izoparafın və ARK-nin miqdarı mühüm dərəcədə azalır. 200 saat işləmə müddətində katalizatın tərkibində izoparafınlərin miqdarı 41,4 küt.%-dən 30,8 küt.%-nə, ARK-nin miqdarı isə 29,7 küt.%-dən 19,7 küt.%-nə qədər azalır. Bu səbəbdən katalizatın OƏ (TM) 91,6-dan 76,8 punkta düşür.

Bimetallik 1,5%Zr2%Cu1% B//HZSM-5 (Kat. 2) katalizatoru isti-

rakında həmin şəraitdə katalizatın çıxımı daha yüksək olur və 78,2-85,6 küt.%-i təşkil edir. Kat. 1 ilə müqayisədə Kat. 2 daha stabil işləyir. 20 saat işləmə müddətində katalizatın tərkibində izoparafinlərin miqdarı yüksək səviyyədə olur və 40,1 küt.%-i təşkil edir.

Bimetallik KT-2 katalizatorunun yüksək stabilliyə malik olması hidrogen qazının iştirakı olmadan katalizatoru stasionar lay texnologiyası ilə istismar etmək olar. Regenerasiyasız 200 saat işləmə müddətindən sonra katalizatorun səthində tədricən koks yığıldığından onun dezaktivləşməsi dönmə xarakter daşıyır: 500°C-də 2 saat müddətində oksidləşdirici regenerasiyadan sonra katalizator ilkin aktivliyini tam bərpa edir.

NƏTİCƏLƏR

1. İlk dəfə olaraq yüngül benzin fraksiyaların izomerləşmə prosesində geniş məsələli Y və orta məsələli ZSM-5 seolitləri əsasında polimetallik biseolit katalitik sistemlərin katalitik təsir qanunauyğunluqları öyrənilmiş və göstərilmişdir ki, nadir torpaq, eləcə də keçid metalları ilə seolitın struktur növünün uzlaşması yolu ilə katalizatorun izomerləşmə aktivliyini və seçiciliyini artırmaq olar.

2. Müəyyən edilmişdir ki, iki çox yüklü kationla (Ca^{2+} , La^{3+} , Ho^{3+}) və keçid metalları ilə (Pt, Ni, Ge, Co) modifikasiya olunmuş bi- və polimetallik seolit və biseolit katalizatorları n-C5-C8 parafin karbohidrogenlərin və yüngül benzin fraksiyasının izomerləşmə prosesində yüksək izomerləşdirici aktivlik göstərirlər. İzomerləşmənin aktiv mərkəzləri 178,7-186 mkmol/q qatılıqlı orta qüvvətli turşu mərkəzləri ($95 < E < 135$ kC/mol) hesab olunur.

3. Yüngül benzin fraksiyaların izomerləşmə yolu ilə motor yanacaqların yüksək oktanlı komponentlərin alınması prosesində Y və ZSM-5 seolitlərin və onların uzlaşması əsasında bi- və polimetallik katalizatorların katalitik təsirinin qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, metalseolit katalizatorların izomerləşmə seçiciliyi seolitlərin quruluş xüsusiyyətləri, turşu mərkəzlərin qüvvəsi və qatılığı, modifikasiyaedici metalın təbiəti, miqdarı və seolitın məsələlərində əmələgələn intermediatın quruluşu ilə təyin olunur. Y və ZSM-5 seolitlərin optimal nisbətində (4:1) bimetallik biseolit katalizatorunu (0,5 Pt 0,8 NTE-CaY-HZSM-5) 0,1-0,15 küt.% miqdarında

germanium ilə modifikasiyası 300°C-də izoparafınların miqdarını 62%-ə qədər, qazokondensatın benzin fraksiyasının OƏ 86-a qədər artmasına imkan verir.

4. Müəyyən olunmuşdur ki, orta məsələli ZSM-5 seoliti əsasında Pt-tərkibli polimetallik katalizatorlar yalnız n-pentanın izomerləşməsində yüksək izomerləşdirici aktivlik göstərirlər. Genişməsəməli Y seoliti əsasında polimetallik katalizatorlar isə C₆-C₇ n-parafin və yüngül benzin fraksiyalarının izomerləşməsində yüksək aktivliyə malik olurlar.

5. İlk dəfə olaraq keçid metal (Cu, Zn, Fe, Co, Ni, Zr) və qeyri metallarla (B,P) modifikasiya olunmuş ZSM-5 seoliti əsasında bimetallic katalizatorlar hazırlanmış və onların fiziki-kimyəvi xassələri və hidrogensiz mühitdə qazkondensatın düzdistillə benzinlərin zənginləşdirilməsində tədqiq olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, düzdistillə benzin fraksiyasından yüksək oktanlı komponentlərin alınması prosesində katalizatın çıxımı, izoparafın, ARK-in miqdarı və OƏ ZSM-5 seolitinin tərkibində modifikasiyaedici metalın və qeyri-metalın təbiəti və miqdarı ilə nizamlanır. Ən yüksək katalitik aktivlik bimetallic Zr-Cu-B(P)-HZSM və Zr-Co-B(P)-HZSM katalizatorları göstərirlər: onun iştirakında alınan 94,2 (TM) OƏ-li benzin fraksiyası ARK-in (<30,0%), benzolun (0,8-1,1%) və olefinlərin (1,2-2,1%) miqdarına görə «Avro-4» və «Avro-5» avtomobil benzin sinfinə dair tələblərə cavab verir.

6. İlk dəfə olaraq keçid metal (Cu, Zn, Ni, Co, Fe, Zr) və qeyri metallarla (B, P) modifikasiya olunmuş ZSM-5 seoliti əsasında bimetallic katalizatorlar hazırlanmış və müəyyən olunmuşdur ki, bu əlavələrin 0,5-2,0 küt.% miqdarda əlavə olunması seolitinin qüvvətli brensted turşu mərkəzlərin zəifləməsinə və yeni daha qüvvətli lyuis turşu mərkəzlərin əmələgəlməsinə və zənginləşmiş benzin fraksiyasında izoparafın karbohidrogenlərin miqdarının artmasına səbəb olur.

7. Müəyyən olunmuşdur ki, modifikasiya nəticəsində katalitik xassələrin dəyişməsi turşu mərkəzlərinin yenidən paylanması və yeni aktiv mərkəzlərin yaranması ilə əlaqədardır: Brensted turşu mərkəzlərinin qatılığının və qüvvəsinin azalması, yeni təcrid olunmuş Meⁿ⁺, Me-O növlü lyuis turşu mərkəzlərinin və metallik mərkəzlərin yaranması və bu mərkəzlərin benzin fraksiyasının tərkibinə daxil olan n-parafınların izomerləşməsi və naftenlərin dehidrogenləşməsi

reaksiyalarında iştirakı.

8. İlk dəfə olaraq göstərilmişdir ki, HZSM-5 seolitinin 1,5% Co; 1,0% Zr və 1,0% B ilə promotorlaşması 350-380°C temperatur intervalında qaz kondensatın düzdistillə benzin fraksiyasının zənginləşdirilməsində maye məhsulun çıxımının artmasına, katalizatda izoparafinlərin miqdarının yüksəlməsinə və katalizatorun 200 saat stabil işlənməsinə imkan verir. İzoparafinlərin (40,1-43,5%) ARK-in (24,4-27,1%), benzolun (0,8-1,1%) və olefinlərin (1,2-2,1%) miqdarına görə alınan 94,2 (TM) oktan ədədli benzin fraksiyası «Avro-4» və «Avro-5» avtomobil benzin sinfinin tələblərinə tam olaraq cavab verir.

Dissertasiyanın əsas məzmunu və alınan nəticələr aşağıdakı əsərlərdə dərc edilmişdir.

1. Мирзалиева, С.Э. Изомеризация н-октана на биметаллических Pt-Ge / CaY цеолитных катализаторах, содержащих катионы лантана / С.Э.Мирзалиева, А.З.Мамедова, С.М.Ширинова [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия, –2019, №5, –с.9-11.
2. Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф., Ширинова, С.М. Превращение газоконденсата на биметаллических катализаторах на основе цеолита ZSM-5 // Сетевое издание Нефтегазовое дело, –2019, №4, –с. 155-172.
3. Мамедов, С.Э. Каталитические свойства биметаллических Zr-Zn-содержащих ультрасилов в превращении прямогонной бензиновой фракции // С.Э.Мамедов, Н.Ф.Ахмедова, С.М.Ширинова [и др.] // Башкирский химический журнал, – 2019, Т. 26, №1, –с.39-43.
4. Ширинова, С.М. Изомеризация н-гексана на биметаллических Pt-Ni/CaY цеолитных катализаторах, содержащих катионы гольмия // С.М.Ширинова, Г.Т.Мусаева, С.Э.Мамедов [и др.] // Нефтегазохимия, – 2020, –№1, –с.53-57.
5. Ширинова, С.М. Изомеризация н-пентана и промышленной фракций н-пентана на биметаллическом PtCo/HZSM-5 катализаторе // Нефтепереработка и нефтехимия, –2020, №5, –с.24-26.

6. Мамедов, С.Э. Превращение прямогонной бензиновой фракции газоконденсата на модифицированных катализаторах на основе цеолита ZSM-5 / С.Э.Мамедов, С.М.Ширинова, Н.Ф.Ахмедова [и др.] // Bakı Universitetinin Xəbərləri, Təbiət elmləri seriyası, –2020, №4, –s.13-17.
7. Мамедов, С.Э. Превращение прямогонной бензиновой фракции газоконденсата на биметаллических катализаторах на основе цеолита ZSM-5 / С.Э.Мамедов, Н.Ф.Ахмедова, С.М.Ширинова [и др.] // Мир нефтепродуктов, –2021, №1, – с.12-17.
8. Mamedov, S.E. Effect of Modification on the Catalytic Properties and Stability of Catalysts Based on ZSM-5 Zeolite in Obtaining High-Octane Gasoline from the Straight-Run // S.E. Mamedov, S.M.Shirinova, N.F.Akhmedova [et al.] // Chemistry for Sustainable Development, –2022, №2, –с. 182-186.
9. Ширинова, С.М. Среднетемпературная изомеризация легкой прямогонной бензиновой фракции газоконденсата на биметаллических биецеолитных катализаторах // Naхçivan Dövlət Universitetinin Elmi Əsərləri, Təbiət və tibb elmləri seriyası, – 2022, №3, –s. 94-97.
10. Ширинова, С.М., Мирзалиева, С.Э., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф. Изомеризация Н-гептана и Н-октана на биметаллических цеолитных катализаторах содержащих катионы редкоземельных элементов // Материалы IV Всероссийский научный симпозиум (с международным участием) «Актуальные проблемы теории и практики гетерогенных катализаторов и адсорбентов», – Иванова-Суздаль, – 1 – 3 июля, – 2019, –с.345-346.
11. Ширинова, С.М., Мирзалиева, С.Э., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф. Исследование свойств биметаллических катализаторов на основе цеолитов типа ЦБМ в облагораживании прямогонной бензиновой фракции // Материалы IV Всероссийский научный симпозиум (с международным участием) «Актуальные проблемы теории и практики гетерогенных катализаторов и адсорбентов», – Иванова-Суздаль, – 1 – 3 июля, – 2019, –с.432-434.
12. Ширинова, С.М., Мамедова, А.Э., Мирзалиева, С.Э., Ах-

- медова, Н.Ф. Превращение прямогонной бензиновой фракции на Биметаллических цеолитных катализатор // Материалы VI Всероссийской конференции с международным участием, посвящённой 85-летию со дня рождения, чл.-корр. РАН Ю.С. Клячкина (1934-2000), – Пермь, – 20 – 24 мая, – 2019, – с.153.
13. Ширинова, С.М., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф., Мирзалиева, С.Э., Алиев, Т.А. Превращение прямогонной бензиновой фракции на Zr-содержащем пентасиле // II International scientific conference «Current Chemical Problems», –Vinnytsia: –2019, –с.149.
 14. Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф., Ширинова, С.М., Мирзалиева, С.Э. Безводородный риформинг низкооктановых бензиновых фракций на полиметаллических катализаторах на основе цеолита типа ZSM-5 // Материалы Менделеевского съезда по общей и прикладной химии, Т. 4, –секция 6, – с.129.
 15. Ширинова, С.М., Ибрагимова, Р.Р., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф., Алиев, Т.А. Превращение н-гексана на модифицированных цеолитах ZSM-5 // Ümumilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın aktual problemləri» XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı, –Bakı, –15 – 16 May, –2019, – s.22-23.
 16. Ширинова, С.М., Мамедов, С.Э., Ибрагимова, Р.Р., Мусаева, Г.Т. Изомеризация газоконденсатных парафинов C5-C6 на металлцеолитных катализаторах перспективный процесс для получения высокооктановых компонентов неэтилированного бензина // Ümumilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı, –Bakı, – 15 – 16 May, –2019, –s.284
 17. Ширинова, С.М., Ахмедова, Н.Ф., Мамедов, С.Э., Исмаилова, С.Б. Облагораживание прямогонных бензиновых фракций на цеолитах типа ZSM-5, модифицированных редкоземельными элементами // Ümumilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant,

magistr və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı, – Bakı, – 15 – 16 May, –2019, –s.285-286.

18. Ширинова, С.М., Мирзалиева, С.Э., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф. Превращение газоконденсата на биметаллических катализаторах на основе цеолита типа Y // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı, –Bakı, – 15 – 16 May, –2019, –s.293.
19. Ширинова, С.М., Мирзалиева, С.Э., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф., Алиев, Т.А. Получение высокооктановых бензинов из газовых кондансатов на модифицированных цеолитах ZSM-5 // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistr və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı, –Bakı, – 15 – 16 May, –2019, –s.294.
20. Мамедов, С.Э., Ширинова, С.М., Ахмедова, Н.Ф., Мирзалиева, С.Э. Каталитические свойства биметаллических катализаторов на основе цеолита ZSM-5 в превращении прямогонной бензиновой фракции // III International (XIII Ukrainian) scientific conference for students and young scientists «Current Chemical Problems», –Vinniysia: – 25 – 27 march, – 2020, – с.127.
21. Ширинова, С.М. Каталитические свойства модифицированных цеолитов ZSM-5 в облагораживании прямогонной бензиновой фракции // Сборник материалов VIII Всероссийской конференции «Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды», посвященной к 60-летию Публичного акционерного общества «Химпром», –Чебоксары: – 16 – 17 апреля, –2020, –с.275.
22. Ширинова, С.М., Мирзалиева, С.Э, Ахмедова, Н.Ф., Мамедов, С.Э., Исмаилова, С., Ахмедов Э.И. Изомеризация н-парафиновых углеводородов C₆-C₈ на биметаллических Pt-Ge/CaY цеолитных катализаторах, содержащих катионы редкоземельных металлов // Bakı Dövlət Universiteti Kimya fakültəsinin «Analitik kimya» kafedrasının yaradılmasının 85

- illiyinə həsr olunmuş «Koordinasion birləşmələr kimyası» VIII Respublika Elmi konfransı, – 22 – 23 dekabr, – 2020, – с.54.
23. Ширинова, С.М., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф., Алиев, Т.А. Изомеризация прямогонной бензиновой фракции (н.к. – 70°C) газоконденсата на металлсодержащих биеоолитных катализаторах // Материалы 9-ой Всероссийской цеолитной конференции «Цеолиты и мезопористые материалы: достижения и перспективы», –Грозный: – 5 – 9 октября, –2021, – с.120-121.
 24. Ширинова, С.М., Ахмедова, Н.Ф., Мирзалиева, С.Э., Исмаилова, С. Облагораживание прямогонной бензиновой фракции газоконденсата на модифицированных пентасилах // Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların «Kimyanın Aktual Problemləri» XIV Beynəlxalq Elmi Konfransı, – Bakı: –2021, – 25 – 26 may, –s.404-405.
 25. Ширинова, С.М., Ахмедова, Н.Ф., Мамедов, С.Э., Алиев, Т.А. Исследование каталитических свойств биметаллических катализаторов на основе цеолита типа ZSM-5 в процессе облагораживания прямогонных бензиновых фракций газоконденсата // Материалы XIII Всеукраинской научной конференции студентов и аспирантов «Химические Каразинские чтения», –Харьков: – 20 – 21 апреля, –2021 года, – с.142-143.
 26. Ширинова, С.М., Ахмедова, Н.Ф., Мирзалиева, С.Э., Мамедов, С.Э. Превращение прямогонной бензиновой фракции на цеолитах типа ZSM-5, модифицированных переходными металлами // Материалы XII Российской конференции «Актуальные проблемы нефтехимии» (с международным участием), – Грозный: – 5 – 9 октября, –2021, –с.150-151.
 27. Ширинова, С.М., Ахмедова Н.Ф., Мирзалиева С.Э., Мамедов С.Э., Ахмедов Э.И. Превращение прямогонной бензиновой фракции газоконденсата на модифицированных цеолитах типа ZSM-5 // Кластер конференций 2021: VI Международная научная конференция по химии и химической технологии, – Иваново: – 20 – 24 сентября, –2021, –с.331-332.
 28. Ширинова, С.М., Ахмедова, Н.Ф., Мамедов, С.Э., Мирзалиева,

- С.Э. Получение высокооктановых бензинов из прямогонной фракции газоконденсата на биметаллических катали заторах на основе цеолита ZSM-5 // V International (XV Ukrainian) scientific conference for students and young scientists. «Current chemical problems (ССР-2022), –Vinnytsia, –2022, – с.80-105.
29. Ширинова, С.М., Мамедов, С.Э., Ахмедова, Н.Ф., Мирзалиева, С.Э. Получение высокооктановых бензинов из прямогонных бензинов газоконденсата на биметаллических катализаторах на основе цеолита типа ZSM-5 // XXV Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием), –Нижний Новгород: – 19 – 21 апреля, –2022, – Россия, – с.346.

Dissertasiyanın müdafiəsi **24 noyabr 2023-cü il** tarixində saat **12⁰⁰-da** Bakı Dövlət Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.16 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1148, Bakı ş., Z. Xəlilov küç. 33, Bakı Dövlət Universiteti, Əsas bina

Dissertasiya ilə Bakı Dövlət Universitetinin Elmi Kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Avtoreferatın elektron versiyası Bakı Dövlət Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat **23 oktyabr 2023-cü il** tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 13.10. 2023
Kağızın formatı: A5
Həcm: 39340 işarə
Tiraj: 100 nüsxə