

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**TƏBİİ ADSORBENTLƏRİN SƏTHİNİN ELEKTRİK
BOŞALMASININ TƏSİRİ İLƏ
MODİFİKASİYASI**

İxtisas: 3303.01 - Kimya texnologiyası və mühəndisliyi

Elm sahəsi: Texnika elmləri

İddiaçı: **İlhamə Həşim qızı Zəkiyeva**

**Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyasının**

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2022

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutunun “Yüksək gərginliklərin fizikası və texnikası laboratoriyasında” yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər: Texnika elmləri doktoru, akademik
Arif Məmməd oğlu Həşimov

Rəsmi opponentlər: Texnika elmləri doktoru, akademik
Ağadadaş Mahmud oğlu Əliyev

Texnika elmləri doktoru, professor
Muxtar Məmməd oğlu Səmədov

Texnika elmləri doktoru, dosent
Nizami İbrahim oğlu Mürsəlov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri: Kimya elmlər doktoru, akademik
Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Zaur Zabil oğlu Ağamaliyev

Elmi seminarın sədri:

Texnika elmləri doktoru, dosent
Səyyarə Qulam qızı Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Yer üzərindəki bütün canlıların yaşaması üçün vacib komponent olan suyun çirklənməsi dünya miqyasında ən böyük qlobal problem hesab olunur. Hal-hazırda su hövzələrinin çirklənməsinin əsas səbəbi su hövzələrinə təmizlənməmiş və ya kifayət qədər təmiz olmayan sənaye, toxuculuq, dəri emalı müəssisələri, sabun sexləri, bələdiyyə və kənd təsərrüfatı müəssisələrinin çirkab sularının axıdılmasıdır. Sənaye müəssisələrinin durmadan artan tempi, onların tullantıları ilə çirklənmiş su hövzələrinin təmizliyinə, eyni zamanda ətraf mühitin ekoloji vəziyyətinə mənfi təsir göstərir. Digər tərəfdən isə bütün dünyada təmiz su ehtiyatının getdikcə tükənməsi problemi yeni su mənbələrinin axtarışına olan tələbatı artırır.

Hal-hazırda suyun əsas təmizlənmə üsulu kimyəvi təmizlənmə üsuludur. Lakin bu üsulun çatışmayan cəhəti-suyun xlorlanması, çox miqdarda koagulyantların istifadəsi, suyun sulfat, xlorid və digər maddələrlə suyun zənginləşdirilməsi kimi müxtəlif kimyəvi reagentlərdən istifadə olunmasıdır.

Bu problemin enerjियəqənaət və ekoloji təhlükəsizlik baxımından həlli yolu bir tərəfdəntexnoloji proseslərin təkmilləşdirilməsi əsasında sənaye istehsalının modernləşdirilməsi, digər tərəfdən isə enerji və materiallardan səmərəli istifadə etməkdir. Hazırda bu istiqamətdə reagentlərdən istifadə etmədən suyu təmizləmək üçün yeni, texnoloji cəhətdən effektiv əməliyyatların axtarışı istiqamətində işlər aparılır. Bu üsullar arasında bərk adsorbentlər də daxil olmaqla (təbii və süni seolit, silikagel və s.) suyu çirkləndirməyən üsullardan istifadə etməklə yanaşı, elektrik sahəsi və elektrik boşalması kimi təmizlənmə prosesi olmayan xarici fiziki təsir üsullarından da istifadə olunur.

Suyun təmizlənməsinin elektrotexnoloji üsulu kifayət qədər yeni texnologiyaları özündə birləşdirir. Bu istiqamətin inkişafı göstərir ki, elektrotexnoloji üsul ənənəvi təsir üsullarından bir sıra üstünlüklərə malikdir. İlk növbədə bu təsir üsullarının tətbiqi reagentlərdən istifadədən imtina etməyə imkan verir. Elektrik sahələri və qaz boşalmalarının müxtəlif texnoloji proseslərə güclü

təsirivə materialın xassələrini idarə etmə qabiliyyəti onların geniş istifadəsinə səbəb olmuşdur.

Hazırda elm və praktika üçün maraq kəsb edən vacib məsələlərdən biri elektrik sahəsinin və müxtəlif mənşəli boşalmaların sorbsiya proseslərinə təsirinin öyrənilməsidir. Bu baxımdan bu üsulların tətbiqinin perspektivli istiqamətlərindən biri materialın səthinin aktivləşdirilməsi, modifikasiyası və ya adsorbsiya proseslərinin stimullaşdırılmasıdır.

Elektrik qazboşalmalarının adsorbsiya prosesinə effektiv təsiri az enerji tutumu, səmərəliliyi, istehsal qabiliyyəti ilə adsorbsiya prosesinə birbaşa müdaxilə imkanı ilə müəyyən olunur. Bu zaman səthi kombinə olunmuş quruluşa malik üzvi və ya qeyri-üzvi komponentlərdən ibarət olan material elektrik qaz boşalmalarının təsiri nəticəsində daha effektiv modifikasiya olunur. Bu qaz boşalmaları sırsına tacvari, arakəsməli və məşəl boşalması daxildir.

Bərk adsorbentlərdən istifadə edərək çirkab suların təmizlənməsi üçün yeni, daha səmərəli texnoloji proseslər, həmçinin adsorbsiya proseslərinə elektrik xarici fiziki təsirlərini istifadə edən metodlar üzərində axtarışlar aparılır. Qazboşalmalı üsullar ənənəvi emal metodlarına nisbətən əhəmiyyətli üstünlüklərə malikdir, ilk növbədə bu tətbiqin həyata keçirilməsi reagentlər və zəruri vasitələrin istifadəsindən imtina etməyə imkan verir.

“Elektrik sahələrinin və qazboşalmalarının təsiri ilə təbii adsorbentlərin modifikasiyası” adlı mövzunun seçilməsinin aktuallığını təsdiq edən amillərdən biri respublikada böyük təbii seolit ehtiyatlarının olması ilə yanaşı həmin materialın adsorbsiya prosesinə elektrikin təsirinin intensivliyi haqqında elmi məlumatın nisbətən az olmasıdır.

Tədqiqat obyektləri və predmeti. Tədqiqat obyektlərikimi ehtiyatları Azərbaycan Respublikasında 28 milyon tona yaxın olan Aydağ yatağının təbii adsorbentləri, həmçinin sintez edilmiş bir fazalı seolit seçilmişdir. Tədqiqat obyektlərinin seçilməsi, təbii seolitlərin mikro məsələli quruluşa malik olması və nisbətən ucuz başa gəlməsinə əsaslanır. Çoxfazlı adsorbentlərdə adsorbsiya prosesi hər fazada eyni cür getmir və bu da onların analizini çətinləşdirir. Bir fazalı adsorbentlər isə tədqiq olunan adsorbentin

xüsusi növünü xarakterizə edən adsorbsiya mexanizmləri haqqında məlumat əldə etməyə imkan verir. Bu səbəbdən birfazlı sintez olunmuş seolit seçilmişdir.

Tədqiqat obyektinin seçilməsi modifikasiya üsulu ilə adsorbentlərin adsorbsiya qabiliyyətini artıraraq ətraf mühitə zərər verən sənaye tullantı sularını təmizləməklə ekologiyanın mühafizəsini təmin etməyə əsaslanır.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri: Tədqiqatın məqsədi elektrik sahələri və qazboşalmalarının təsirinə məruz qalan təbii adsorbentlərin səthinin modifikasiyası nəticəsində yaranan dəyişiklərin fiziki-kimyəvi mexanizmlərinin araşdırılması və alınan nəticələr əsasında sənaye çirkab sularının təmizlənməsi üçün yeni iqtisadi cəhətdən səmərəli, ekoloji təmiz, yüksək adsorbsiya effektivinə malik adsorbentlərin işlənilməsidir.

Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həllinə baxılmışdır:

–Elektrik qazboşalmalarının təbii və sintez olunmuş bir fazlı adsorbentlərin səthinə təsirinin tədqiqi;

–Təbii və sintez edilmiş bir fazlı adsorbentin səthinə və quruluşuna müxtəlif elektrik boşalmalarının təsirinin mexanizminin araşdırılması;

–Elektrik boşalmasına məruz qalan təbii seolit əsasında kompozitin dielektrik parametrlərinin öyrənilməsi;

–Təbii adsorbentin səthinə təsir göstərən elektrik qazboşalmalarının optimal xarakteristikalarının seçilməsi;

–Bu işdə hazırlanmış metodlardan istifadə edərək çirkab suların təmizlənməsini xarakterizə edən parametrlərin seçilməsi, prosesin araşdırılması və əsaslandırılması;

Tədqiqat metodları: İş zamanı təbii və sintez edilmiş adsorbentin səthinə dəyişdirmək üçün tacvari, arakəsməli və məşəl qazboşalmaları kimi elektrik boşalmalarından istifadə edilmişdir. Elektrik qazboşalması ilə işlənmiş seolitəin səthindəki elektrik yükünü müəyyən etmək üçün ENDIM iki koordinatlı qeydedici cihazdan istifadə edərək temperatur və zaman funksiyası kimi ölçülən və qeydə alınan termal stimullaşdırılmış relaksasiya üsulundan istifadə edilmişdir. Təbii Seolitəin elektrik müqavimətinin dəyişməsinin

nəmlik dərəcəsiindən asılılığı E6-13A teraommetr ilə ölçülmüşdür. Kompozitin xarakteristikasındaki elektrik və struktur dəyişikliklərinə elektrik boşalma rejimlərinin təsirini müəyyən etmək üçün Advance D8 difraktometrində rentgen analizi aparılmışdır. Elektrik boşalmalarına məruz qalmış təbii seolitə əsaslanan kompozit materialın elektrofiziki parametrlərinin ölçülməsi E7-20 rəqəmsal immittans ölçmə cihazı ilə aparılmışdır.

Müxtəlif növ elektrik boşalmalarına məruz qalan təbii adsorbentlərdən istifadə edən sənaye müəssisələrinin çirkab sularının təmizlənməsi üçün qurğunun əsas texnoloji sxemini işləyib hazırlanmış, təklif edilmiş və layihələndirilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:

- Elektrik qazboşalmalarının təsiri nəticəsində təbii adsorbentin səthinin modifikasiya metodikas;
- Elektrik qazboşalmalarının təsirinə məruz qalan adsorbentlərdə elektrik yükü vəziyyətinin yaranması;
- Elektrik qazboşalmalarının təsirinə məruz qalan adsorbentlərin kristal quruluşunun yaxşılaşdırılmasını təsdiqləyən rentgenoqrafik nəticələr;
- Arakəsməli elektrik qazboşalmasının təsirindən adsorbentdə yığılan elektrik yükünün sıxlığının hissəciklərin ölçüsündən asılılığı.
- Elektrik qazboşalması təsirindən təbii adsorbent-şabazit və qeyri polyar polietilen PE-ə əsaslanan kompozit materialın yeni elektrofiziki xüsusiyyətləri və dielektrik parametrləri;
- Elektrik qazboşalması təsirindən istifadə edərək sənaye çirkab sularının təmizlənməsi üçün yeni effektiv adsorbsiya metodu.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Dissertasiyada ilk dəfə olaraq:

- Tacvari, arakəsməli və məşəl qazboşalmalarının təsiri altında təbii və sintez edilmiş bir fazalı adsorbentin səthinin modifikasiyası üsulunun işlənilməsi;
- İlk dəfə olaraq termostimullaşdırılmış relaksasiya (TSR) üsulu ilə tac, arakəsməli və məşəl qazboşalmaları nəticəsində əmələ gələn təbii və sintez edilmiş bir fazalı adsorbentin yüklü vəziyyətinin öyrənilməsi;

- Tacvari, arakəsməli və məşəl boşalmalarının həm təbii, həm də sintez edilmiş bir fazalı adsorbentlərə təsiri nəticəsində onların adsorbsiya qabiliyyətinin əhəmiyyətli dərəcədə artırılması;
- Elektrik qazboşalması ilə işlənmiş təbii seolit əsasında kompozitin struktur dəyişiklikləri, elektrik xüsusiyyətlərindəki dəyişikliklər, rentgen spektrlərinin kristallaşma dərəcəsi, intensivliyinin artması və əlavə məsamələrin yaranmasının aşkar edilməsi məsələlərinə baxılmışdır.

Tədqiqatın nəzəri və praktik əhəmiyyəti. Əldə edilmiş nəticələrə əsasən, müxtəlif növ elektrik qazboşalmaları ilə aktivləşdirilmiş təbii adsorbentlərdən istifadə edərək, sənaye müəssisələrində çirkab suların yeni effektiv adsorbsiya üsulu ilə təmizlənməsi prosesi işlənmişdir. Güclü elektrik sahələrinin tətbiqi zamanı təbii adsorbentin səthinin aktivləşmə proseslərinin xarakteri və nümunələri haqqında məlumat əldə etmək üçün müxtəlif növ elektrik boşalmalarının təsiri altında iş aparmaq üçün metodologiya işlənmişdir.

Aprobasiyası və nəşr olunmuş elmi işlər

Dissertasiya materialları əsasında 25 elmi məqalə, o cümlədən xarici və yerli jurnallarda 13 məqalə, Beynəlxalq Elmi-Praktik Konfransda 11 məqalə və 1-ci tezis çap edilmişdir. Aşağıdakı elmi jurnallarda dərc olunmuş elmi məqalələri: “Журнал Технической Физики”, “Электронная обработка материалов”, “Физика и Химия обработки материалов”, “Энергетика”; “AMEA-nın Xəbərləri”, “Energetikanın problemləri”, “Fizika”.

Dissertasiyanın əsas nəticələri 2004-cü ildə İranda “Second International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering”(ICTPE); 2006-cı ildə Türkiyədə keçirilən “Third International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering” beynəlxalq konfransda; 2008-ci ildə Rumıniyada keçirilən “4-th International Conference on TPE”- beynəlxalq konfransda; 2009-cu ildə İspaniyada “5-th International Conference on TPE” üzrə 5-ci Beynəlxalq konfransda; həmçinin 2009-cu ildə Bakıda Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının aspirantlarının elmi konfransında məruzə edilmişdir; 2010-cu ildə İranda “6-th International Conference on TPE”- konfransda; 2011-ci

İldə Kiprdə “7-th International Conference on TPE” 7-ci Beynəlxalq konfransda, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının gənc alim və mütəxəssislərinin 2014-cü ildə Bakıda keçirdiyi Beynəlxalq elmi-praktik konfransında; 2015-ci ildə Bakıda "Azərbaycanda su ehtiyatlarının istifadəsi və idarə edilməsinin müasir problemləri" adlı elmi-praktik konfransda, 2016-cı ildə İspaniyada "12-th International Conference on TPE" da və "15-th International Conference" 2019-cu ildə Türkiyədə konfransında müzakirə olunmuşdur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.

Təqdim olunan iş, Azərbaycan Respublikası Milli Elmlər Akademiyasının Fizika İnstitutunda "Güclü elektrik sahələrinin və qaz boşalmaların texnoloji proseslərə təsirinin elmi istifadəsinin əsaslarının inkişafı" mövzusunda aparılan işlərin tərkib hissəsini təşkil edir.

Müəllifin şəxsi iştirakı:Dissertasiya işində şərh olunan elmi-praktiki nəticələr dissertant tərəfindən şəxsən yerinə yetirilən təcrübələrdən əldə edilmişdir. Aparılan təcrübələrin ideyası, alınan nəticələr və onların əsasında yazılmış məqalələr həmmüəlliflər ilə müzakirə edilmişdir.

Dissertasiya işinin həcmi, quruluşu və əsas məzmunu.

Dissertasiya işi girişdən (17951), 4 fəsildən (I fəsil (47242), II fəsil (27742), III fəsil (58260), IV fəsil (21437)), nəticələrdən (2370), 40 şəkil, 11 cədvəl və 117 adda istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarət olmaqla 156 səhifədə 178608 işarə olmaqla öz əksini tapmışdır.

İŞİN QISA MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatların məqsədi, elmi yenilik, müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar, işin elmi və praktiki əhəmiyyəti, tədqiqat üsulları və obyektləri, məsələləri ifadə olunmuşdur.

1.Elektrik boşalmalarının təsiri ilə təbii adsorbentlərin səthinin modifikasiyası.Birinci fəsildə maye - bərk faza sərhədində adsorbsiya proseslərinin hazırki vəziyyətinə həsr olunmuş əsərlərin

icmalı verilmiş, həmçinin müxtəlif növ elektrik qazboşalmalarının bərk səthlərə və adsorbsiya proseslərinə təsiri barədə ədəbiyyat məlumatları təhlil edilmişdir. İcmal nəticəsində adsorbentlərin səthində baş verən proseslər, adsorbsiya mexanizmi və müxtəlif adsorbentlərin səth quruluşu ətraflı təsvir olunmuş və ədəbiyyat məlumatlarının təhlili əsasında problemin ifadəsi formalaşdırılmışdır.

Məlumdur ki, adsorbsiya prosesində iştirak edən qüvvələr kimyəvi proses zamanı yaranan qüvvələrlə eyni təbiətlidir. Əgər adsorbsiya prosesinə məruz qalmış molekul materialın səthində aktivləşmiş boş mərkəzə düşərsə, bu zaman həmin molekul aktivləşmiş mərkəzlə qarşılıqlı əlaqəyə girir. Qaz boşalmasının təsiri nəticəsində maddənin molekulları ionlaşır və adsorbentin səthində gedən proseslər asanlaşır.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, 30-dan çox təbii seolit və onların yataqları sənaye emalı üçün çox əlverişlidir. Daha çox yayılmış təbii seolitlər - şabazit, mordenit, klinoptilolit və s.-dir. Ədəbiyyat təhlili göstərir ki, məsaməli materialların səthinin və quruluşunun modifikasiyası adsorbentlərin selektivliyini artırır, onların struktur və fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin tənzimlənməsini yaxşılaşdırır.

Bəzi dielektrik və kompozit materialların qazboşalmasının təsiri ilə modifikasiyası araşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, qazboşılması zamanı materialın həcmi xassələri dəyişir, əsasən qeyri-üzvi məsaməli adsorbentlərdə və onlar əsasında alınmış kompozitlərində yük halının yaranması baş verir. Yük halının yaranması qeyri-üzvi məsaməli adsorbentlərdə – KCM markalı silikogellərdə, klinoptilolit, seolit, təbii adsorbentlər və polimer (PE) əsasında hazırlanmış kompozit materiallarda tədqiq edilmişdir.

Elektrotexnologiyada xüsusi maraq doğuran materiallara müxtəlif texnoloji təsirin növləri ətraflı araşdırılmışdır. Ədəbiyyat məlumatlarının analizi əsasında məsələnin qoyuluşu tərtib edilmişdir.

2. Təbii adsorbentin səthinin elektrik boşalmalarının təsiri ilə aktivləşməsinə dair tədqiqatların aparılması metodları. İkinci fəsilə eksperimental qurğuların təsviri və tədqiqat üsullarının seçilməsinin əsaslandırılması haqır olunmuşdur. Həmçinin, müxtəlif elektrik qazboşalmalarının təsiri altında təbii və bir fazalı sintez

edilmiş adsorbentin səthinin modifikasiyası üçün hazırlanmış üsullar təsvir edilmişdir. Adsorbentlərin seçimi, adsorbentə elektrik təsirinin növü və rejimi nəzərdən keçirilmişdir. Adsorbentlərin rentgenoqramlarının, termostimullaşdırılmış relaksasiya və volt amper xarakteristikalarının yüklənmə vəziyyəti təhlil olunmuşdur.

Bu fəsilə elektrik qazboşalmasının müxtəlif növlərindən istifadə etmək məqsədilə xüsusi hazırlanmış adsorberlər və elektrik sxemləri olan laboratoriya qurğuları təqdim olunmuş və müxtəlif sənaye sahələrini çirkab suların təmizləmə üçün hazırlanmış qurğuların əsas texnoloji sxemləri təsvir edilmişdir.

Seçilmiş gərginlik intervalında müxtəlif növ elektrik qazboşalmasında modifikasiya olunmuş və modifikasiya olunmamış nümunələr üçün təcrübələr aparılmışdır. Nümunələrə tacvari, arakəsməli və məşəlek elektrik qaz boşalmalarının təsiri yoxlanılmışdır.

Arakəsməli elektrik qazboşalması iki elektrod arasındakı boşluqda elektronların həyəcanlanması nəticəsində baş verir. Qazboşalma cərəyanının elektrodlar boyunca vahid paylanması məhdudlaşdırmaq və elektrodlar boyunca boşalmanın bərabər paylanmasını təmin etmək üçün boşalmanın işçi zonasına dielektrik qoyulur və tədqiq olunacaq nümunə yerləşdirilir. Arakəsməli elektrik qazboşalması texnoloji cəhətdən çox böyük əhəmiyyətə malikdir. Belə ki, bu üsulla materialların səthinin böyük bir hissəsini emal etmək mümkündür.

Arakəsməli elektrik qazboşalması prosesinin baş verməsi üçün, struktur olaraq bir-birinə daxil edilmiş iki koaksial şüşə silindri sistemi olan reaktor istifadə edilmişdir. Tədqiq olunan adsorbentlər, iki silindr arasındakı boşluğa yerləşdirilir. Reaktorun uzunluğu 130 mm, boşalma boşluğunun uzunluğu 4 mm-dir. Arakəsməli elektrik boşalmasının aktiv zonası birbaşa adsorbentin səthində cəmlənir. Adsorbentin aktivləşmə gərginliyi $U=15$ kV, boşalma cərəyanı $I=70$ μ A, aktivləşmə müddəti $\tau=1$ saatdır.

Adsorbentin daxilində elektrik tac boşalma prosesi qeyri-bircins sahədə, elektrodlar arasındakı gərginlik $U=11$ kV olduqda baş verir. Tacvari elektrik qazboşalmasının əsas xüsusiyyəti ondan ibarətdir ki, ionlaşma prosesi boşluğun bütün uzunluğu boyunca deyil, ancaq kiçik bir əyrilik radiusu olan elektrodun yaxınlığında baş

verir. Bu zonatacvari elektrik qazboşalmasının baş verdiyi bütün boşluğun orta qiyməti ilə müqayisədə böyük sahə gərginliyinə malik olan düz elektrod və iynə arasındakı zonadır. İynədə gərginlik düz elektroda nisbətən çox olsa da, tac boşalması, arakəsməli boşalmaya nisbətən az effektiv boşalmadır.

Gərginlik, sahəyə nisbətən iynə üzərində daha böyükdür və beləliklə arakəsməli elektrik qazboşalmasından daha az təsirli olur. Adsorbentın aktivləşmə gərginliyi $U=15$ kV, boşalma cərəyanı $I=70$ μ A, aktivləşmə müddəti $\tau=1$ saatdır. Adsorbent nümunələrinin elektriklişdirilməsindən əvvəl, onun hər iki əks tərəfi cilalanır və onu səthinə istilik vakuum hopdurulması üsulu ilə diametri 3 mm, qalınlığı 3-4 μ olan dairə formasında alüminium elektrodlar çəkilir.

Məşəl qazboşalması - ionlaşma zonası bütün elektrodlar arasına boşluğu əhatə edən bir elektrodlu yüksək tezlikli elektrik qazboşalmasıdır. Tacvari elektrik qazboşalmasından fərqli olaraq məşəl qazboşalmasında ionlaşma bütün elektrodlar boyu baş verir və bu zonaya çox məşəlli emal üçün istifadə olunan xüsusi qurğuların köməyi ilə böyük həcmdə qaz doldurula bilər.

Məşəl boşalmasının təsirindən adsorbentın sabit aktivləşmə gərginliyi $U=15$ kV, boşalma cərəyanı $I=70$ μ A; boşalmanın adsorbentə təsirmüddəti $\tau=1$ saat, üst elektrodla nümunənin səthi arasındakı məsafə $d=5$ sm-dir.

Adsorbentdəki yüklənmiş vəziyyətini müəyyən etmək üçün termostimullaşdırılmış relaksasiya (TSR) metodundan istifadə edilmiş, yüklənmiş vəziyyət ENDİM cihazından istifadə edərək qeyd olunmuşdur.

3. Təbii adsorbentın elektrofiziki xassələrinə elektrik boşalmasının təsirinin tədqiqi. Üçüncü fəsil təbii və sintez olunmuş adsorbentların səthinə və elektrofiziki xassələrinə müxtəlif elektrik boşalmalarının təsirinin nəticələri əks olunmuşdur. Tacvari, arakəsməli və məşəl elektrik qazboşalmalarının təsiri altında təbii seolitlərdə yüklü vəziyyətin əmələ gəlməsinə dair tədqiqatların nəticələri göstərilmişdir. Məlumdur ki, güclü elektrik sahələrinin və boşalmaların təsiri altında adsorbent nümunələrdə elektrik yükü əmələ gəlir. Elektrik boşalmasının sorbsiya təsirini gücləndirən

mexanizm üzərində aparılan tədqiqatlar göstərir ki, bu prosesdə adsorbentın yüklənməsi vacib rol oynayır.

Nümunələrin elektrik boşalması ilə işlənməsi zamanı əlavə adsorbensiya mərkəzləri meydana gəlir ki, bu da adsorbentlərin sorbsiya məsamələrinin həcmının və adsorbensiya qabiliyyətinin artmasına gətirib çıxarır.

Tədqiq etdiyimiz məsaməli dielektrik adsorbent nümunələrdə kənar yüklərin formalaşmasının nəzəri analizi onu göstərdi ki, yüklər materialın quruluşuna diffuziya mexanizmi vasitəsilə daxil olur. Tədqiq olunan materiallar üçün diffuziya əmsalının qiyməti müəyyən edilmişdir, bu qiymət neytral materialların diffuziyası ilə məsaməli olmayan materiallara ionların diffuziyası aralığında yerləşir. Bu xüsusiyyət adsorbentın yüklənmə prosesinin modelini təklif etməyə imkan verir. Bu modelə əsasən adsorbentın səthi boyunca tutulan ionlar adsorbentın məsamələrindən keçərək onun daxilinə doğru diffuziya edir və onun yüklənməsinə səbəb olur.

Təbii seolitın yüksək adsorbensiya qabiliyyətinin səbəbini müəyyənləşdirmək üçün bir sıra tədqiqat işləri aparılmışdır. Belə ki, yüklü hallarının yaranması öyrənilmişdir, həmçinin aktivləşmiş adsorbentların rentgen quruluş analizləri çəkilmişdir. Rentgen quruluş analizinin tədqiqindən müəyyən olunmuşdur ki, qazboşalmasında işlənməmiş nümunələr polikristallik quruluşa malik olurlar, yəni belə nümunələrin tərkibində amorf quruluşlu mexaniki qarışıqların dərəcəsi daha çox olur. Qazboşalmasında işlənməmiş nümunələrdə isə işlənmənin müddəti artdıqca amorf qarışıqların təmizlənmə baş verir. Nümunələrin səthindən emissiya prosesi nəticəsində kristallaşma dərəcəsinin qiyməti artır, bunun nəticəsi kimi rentgen quruluş analizi spektrlərinin intensivliyinin qiyməti artır. Analiz nəticəsində həmçinin məlum olmuşdur ki, qazboşalmasında işlənmədən sonra nümunələrdə yeni fazalar yaranmamışdır. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, elektrik işlənməsi zamanı nümunələrdə əsasən materialın destruksiya (dağılma) və tikilməsi prosesi, həmçinin elektrik sahəsində polyarlaşma prosesi baş verir.

Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunan nümunələr elektrik qazboşalmasında işlənen zaman onlarda əlavə boş məsamələr əmələ

gəlir, nümunələrdə yeni məsamələrin sayı artır. Boşalmada işlənmiş nümunələrdə əlavə məsamələrin yaranması dielektrik parametrləritutum (C), dielektrik nüfuzluğu (ϵ), dielektrik itkisi (D) və s. vasitəsilə təyin olunmuşdur. Adsorbentlərdə kristallaşma dərəcəsinin artmasına həm amorf fazanın dağılması, həm də yeni kristallik quruluşların yaranması səbəb ola bilər. Onu da qeyd edək ki, amorf fazanın dağılması, öz növbəsində kristallik fazanın faizinin artmasına səbəb olur.

Qeyd edək ki, arakəsməli elektrik qazboşalmasının əsas xüsusiyyəti, hər bir qığılcımın baş verməsi zamanı elektrik yüklərinin lokal olaraq dielektrik arakəsmənin səthində toplanmasından ibarətdir. Adsorbentlərdə bu proses TSR üsulu ilə təyin olunmuşdur (şəkil 2 a, b, c). Klinoptilolit (Şəkil 2.a), təbii şabazit (Şəkil 2.b) və bir fazalı adsorbent üçün arakəsməli elektrik qazboşalmasının dəyişən gərginliyində termostimullaşdırılma relaksasiya spektrləri qeydə alınmışdır (Şəkil 2.c).

Müvafiq elektrik yüklərin ölçmələri aşağıdakılardır:

Klinoptilolit:

$T_1=350^\circ\text{C}$ $Q_1=2,9 \cdot 10^{-5}$ Kl; $T_2=400^\circ\text{C}$ $Q_2=3 \cdot 10^{-5}$ Kl;
 $T_3=420^\circ\text{C}$ $Q_3=1,3 \cdot 10^{-5}$ Kl; $T_4=510^\circ\text{C}$ $Q_4=2,7 \cdot 10^{-5}$ Kl.

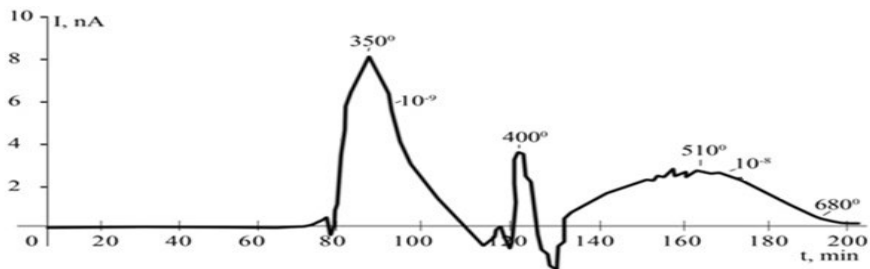
Təbii Şabazit:

$T_1=320^\circ\text{C}$ $Q_1=1,1 \cdot 10^{-6}$ Kl; $T_2=370^\circ\text{C}$ $Q_2=4,1 \cdot 10^{-7}$ Kl;
 $T_3=500^\circ\text{C}$ $Q_4=5,6 \cdot 10^{-6}$ Kl.

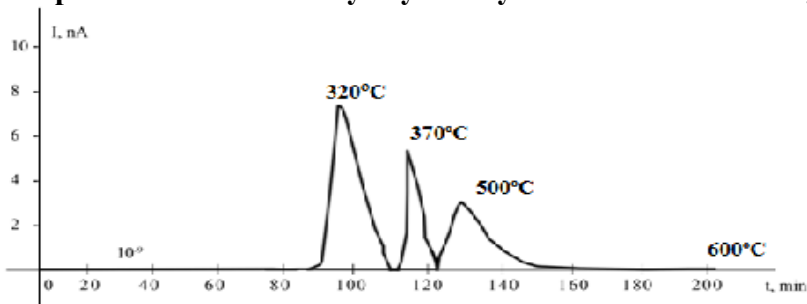
Bir fazalı Şabazit:

$T_1=300^\circ\text{C}$ $Q_1=7,5 \cdot 10^{-7}$ Kl; $T_2=320^\circ\text{C}$ $Q_2=7,5 \cdot 10^{-7}$ Kl,
 $T_3=370^\circ\text{C}$ $Q_3=2,6 \cdot 10^{-7}$ Kl; $T_4=510^\circ\text{C}$ $Q_4=2,5 \cdot 10^{-6}$ Kl

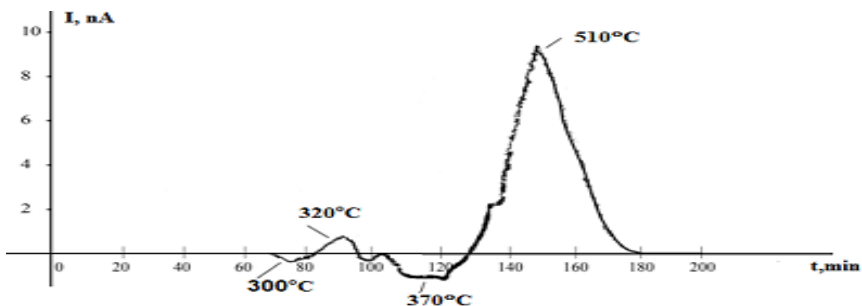
Adsorbentdə elektrik qazboşalmasının təsiri nəticəsində lokallaşdırılmış yüklərin əmələ gəlməsini izah etmək üçün, arakəsməli elektrik qazboşalmasında müxtəlif ölçülü hissəcikləri olan toz klinoptilolit nümunələri üzərində tədqiqatlar aparılmışdır. Müxtəlif ölçülü hissəcikləri olan nümunələrdə yüklənmə vəziyyətləri haqqında əldə edilmiş məlumatlar cədvəl 1-də verilmişdir.



Şəkil 2 (a). Arakəsməli elektrik qaz boşalmasında işlənmiş klinoptilolit in termostimulyasiya cərəyanının zamandan asılılığı



Şəkil 2 (b). Arakəsməli elektrik qaz boşalmasında işlənmiş təbii şabazit in termostimulyasiya cərəyanının zamandan asılılığı



Şəkil 2 (c). Arakəsməli elektrik qaz boşalmasında işlənmiş bir-fazlı şabazit in termostimulyasiya cərəyanının zamandan asılılığı

Cədvəl 1.

Hissəciklərinin ölçüləri müxtəlif olan nümunələrdə yığılmış yükün qiyməti

№	d, mm	T ₁ , °C	T ₂ , °C	T ₃ , °C	T ₄ , °C	Q ₁ , Kl/sm ²	Q ₂ , Kl/sm ²	Q ₃ , Kl/sm ²	Q ₄ , Kl/sm ²
1	0,4	280	380	420	500	5,3·10 ⁻⁸	5,3·10 ⁻⁸	2,6·10 ⁻⁸	2·10 ⁻⁹
2	0,25	320	420	510		5,7·10 ⁻⁷	1,6·10 ⁻⁷	1,6·10 ⁻⁷	
3	0,063	290	420	480		6,9·10 ⁻⁶	9,4·10 ⁻⁶	5,2·10 ⁻⁶	

Cədvəld 1-dən görünür ki, elektrik qazboşalmasında işlənmiş nümunələrdə hissəciklərinin ölçüsü azaldıqca yığılan yükün miqdarı artır. Bu onunla izah olunur ki, adsorbentin hissəciklərinin ölçüsü azaldıqca elektrik qazboşalmasında emal edilən səthin sahəsi artır, bu da materialda yığılan yükün artmasına səbəb olur¹

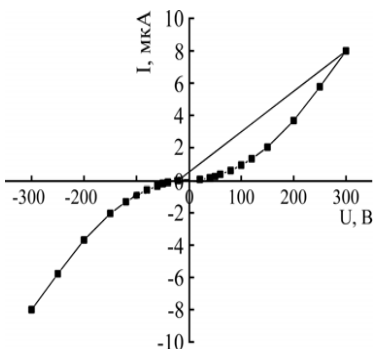
Rentgenquruluş və fiziki analiz nəticəsində müəyyən olmuşdur ki, polyarlaşma prosesi zamanı elektrik yüklərinin materialın səthinə və daxilinə nüfuz etməsi nəticəsində səthdə və daxildə bağlı yüklər yaranır.

Elektrik sahəsində işlənmiş və işlənməmiş təbii adsorbent və polietilen (PE) əsasında hazırlanmış kompozit nümunələrin dielektrik xassələrini aydınlaşdırmaq üçün bəzi təcrübələr aparılmışdır. Kompozit nümunələr isti presləmə üsulu ilə sintez edilmişdir. Sintezdən əvvəl nümunələrin homogen qarışığı əldə edilmişdir. Kompozitlərin tərkibi: 20% şabazit+80%PE-dir.

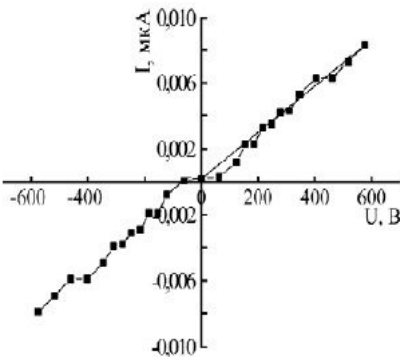
Bütün kompozitlərin otaq temperaturunda (300K) volt-ampere xarakteristikası (VAX) ölçülmüşdür (şəkl.3,4).

Qrafiklərdən görüldüyü kimi cərəyan şiddətinin gərginlikdən asılılığı $I=f(U)$ xətti xarakter daşıyır. Gərginliyin $U=200V$ qiymətində, nümunələrin cərəyan şiddətinin qiyməti kəsgin fərqlənir.

¹Гашимов, А.М. Размерный эффект при образовании зарядового состояния в частицах природного клиноптилолита под воздействием электрического разряда / А.М.Гашимов, К.В. Гурбанов, Р.Н. Мехтизаде, И.Г. Закиева, М.А. Гасанов//Электронная обработка материалов, - Кишинев: - 2014. Т. 50, №5, с.88-91.



Şəkil 3. Elektrik qazboşalmasında işlənmemiş nümunələrin VAX-1 ($U=200\text{B}$ $I_2=0,002\text{mA}$).



Şəkil 4. Elektrik qazboşalmasında işlənmiş nümunələrin VAX-1 ($U=200\text{B}$ $I_2=3\text{mA}$).

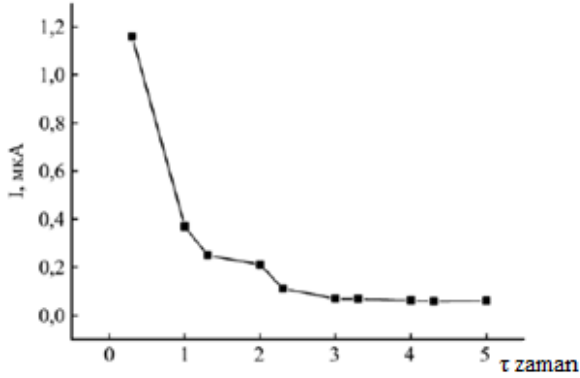
Elektrik qazboşalmasında işlənmemiş nümunələrin cərəyan şiddətinin qiyməti qaz boşalmasında 1 saat işlənmiş nümunələrdən 1500 dəfə çoxdur. Elektrik qazboşalmasında işlənmemiş nümunələrin cərəyan şiddətinin qiymətinin böyük olması təbii adsorbentdə müxtəlif növ aşqar vədefektlərin olması ilə izah olunur.

Elektrik qazboşalmasında işləndikdə adsorbentin elektrofiziki xassələridəyişir və bunun nəticəsində kompozitlərdə elektrik cərəyanının qiyməti azalır².

Tədqiq edilən nümunələrdə yüklərin toplanma prosesində injeksiyanın rolunu müəyyən etmək üçün gərginliyin sabit qiymətində ($U=100\text{V}$) cərəyanın zamandan asılılığı tədqiq edilmişdir.

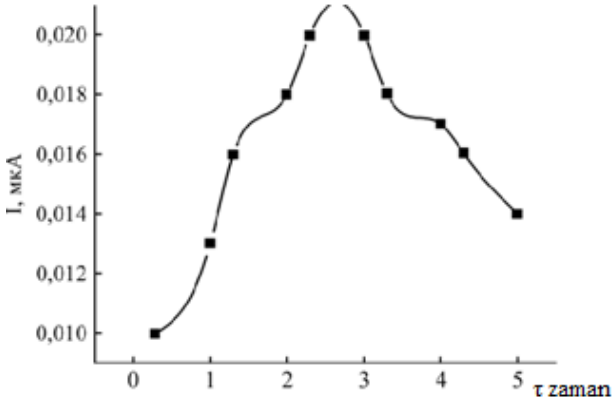
Tədqiqatın nəticələri şəkil 5(a, b)-də verilmişdir. Şəkillərin analizindən görünür ki, elektrik qaz boşalmasında işlənmemiş nümunələrdə zaman keçdikcə cərəyan şiddətinin qiyməti kəsgin azalır və asılılıq eksponensial xarakter daşıyır (şək.5 a).

²Гашимов, А.М. Влияние электрических обработок на электрофизические характеристики природного адсорбента / А.М.Гашимов, И.Г. Закиева //Электронная обработка материалов,- Кишинев:- 2016.Т. 52, №5, с. 58-62.



Şkil 5 (a).Elektrik cərəyanının yük daşıyıcıların injeksiyazamanından asılılığı: a) elektrik qaz boşalmasında işlənməmiş adsorbent

Elektrik qaz boşalmasında işlənməmiş nümunələrdə zaman keçdikcə cərəyan şiddətinin qiyməti maksimumdan keçərək (1 saat ərzində) azalmağa başlayır (şək.5 b)



Şkil 5 (b). Elektrik cərəyanının yük daşıyıcıların injeksiya zamanından asılılığı:elektrik qazboşalması ilə işlənməmiş adsorbent ($\tau=1$ saat).

Müəyyən edilmişdir ki, zaman keçdikcə kompozit nümunələrdə cərəyan şiddətinin qiymətinin azalmasının əsas səbəbi, elektrik keçiriciliyində əsas rolun kənar qarışıqların oynamasıdır.

Şəkil 5a-dan görüldüyü kimi $I=f(\tau)$ cərəyan şiddətinin qiyməti zaman keçdikcə azalaraq stabilləşir. Şəkil 5b-də zamandan asılı olaraq cərəyan şiddətinin qiyməti maksimumdan keçərək azalır. Bu onunla izah olunur ki, cərəyan şiddətinin artmasında materialın quruluş elementləri rol oynayır, daha sonra yükdaşıyıcılar dərin tələlər tərəfindən tutulduğundan cərəyan şiddətinin qiyməti azalır. Tətbiq olunan gərginliyə uzun müddət ərzində məruz qalma kompozitin deşilməsinə səbəb ola bilər.

(1) Düsturundan görüldüyü kimielektrik keçiriciliyi yük daşıyıcıların konsentrasiyası və yürüklüyündən asılıdır. Onu da qeyd edək ki, kompozit materialarda yürüklüyün qiyməti kiçik olduğundan keçiriciliyin qiymətinin artmasına əsasən yük daşıyıcıların konsentrasiyasının artması təsir edir.

$$\sigma = en\mu \quad (1)$$

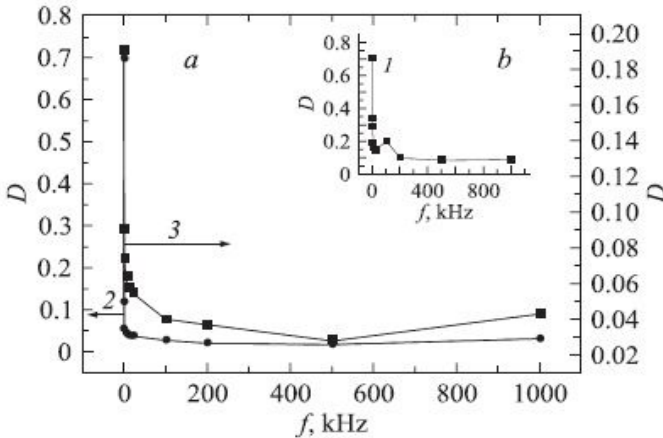
e - elektronun yükü; n – yükdaşıyıcıların konsentrasiyası; μ – yükdaşıyıcıların yürüklüdür.

Məlum olduğu kimi, qeyri-bircins mühitlərdə (kompozitlərdə) polyarlaşma mexanizmi Maksvel-Vaqner polyarlaşması ilə izah olunur. Bu polyarlaşma qeyri-bircins mühitlərin faza sərhədində səth yüklərinin toplanmasına əsaslanır. Səth polyarlaşmasının yaranmasına səbəb, xarici elektrik sahəsinin təsiri ilə müxtəlif mühitlərin sərhədində yaranan sərbəst yüklərin kompozitin fazaları boyunca yerdəyişməsi nəticəsində xarici yüklənmiş qatın yaranmasıdır. Həmin səth yükləri, dəyişən elektrik sahəsinin təsiri nəticəsində kompozit materialı təşkil edən fərqli fazalardan (polimer, adsorbent) sərbəst yükdaşıyıcıların yerdəyişməsi nəticəsində yaranır. Qeyri-bircins materiallarda yükdaşınma prosesini tədqiq edən zaman materialın dielektrik parametrlərinin dispersiyası (dielektrik itkisi, dielektrik nüfuzluğu və.s) mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Çoxkomponentli sistemlərin effektiv parametrlərinin hesablanması riyazi nöqtəyi nəzərdən çox çətindir və yalnız müəyyən hallarda hesablama aparmaq mümkün olur. Çoxkomponentli materialları

tədqiq edən zaman dəyişən elektrik sahəsində qeyri-bircins sistemlərin xassəsini əks etdirən parametrlərin sayı artır. Həmçinin kompozitin həndəsi quruluşunu, elektrik keçiriciliyini və dielektrik xassələrini müəyyənləşdirən parametrlərdən başqa, tezlikdən və zamandan asılı olan parametrlər meydana çıxır.

Onu da qeyd edək ki, qeyri-bircins materialların elektrik keçiriciliyini tədqiq edən zaman dielektrik parametrlərinin dispersiyasının analizi mühüm rol oynayır. Qrafik 6,7-də həmin analizin nəticələri verilmişdir.

Kiçik tezliklərdə dielektrik itkisinin qiyməti (D), qaz boşalmasında işlənməmiş nümunədə təxminən 3 dəfə çoxdur. Bundanbaşqa, tezliyin qiyməti artdıqca qaz boşalmasında işlənməmiş nümunədə dielektrik itkisinin qiyməti kəskin olaraq azalır (şəkil 6), minimuma çatır və tezliyin növbəti artımı ilə artaraq $f=10^4$ Hs-də maksimum qiymətinə çatır.³

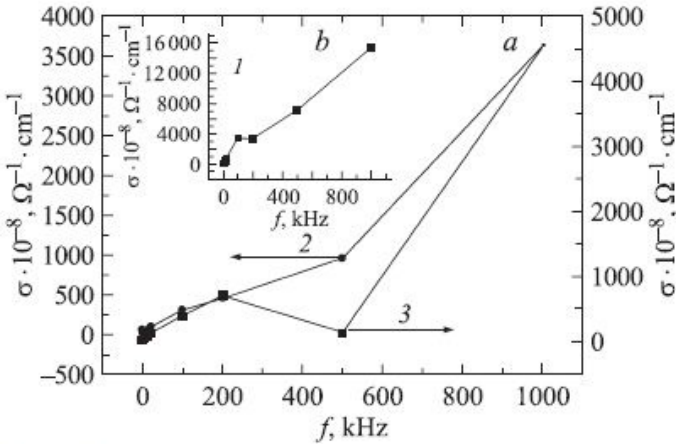


Şəkil 6. Dielektrik itkisinin tezlikdən asılılığı

- 1 – elektrik qaz boşalmasında işlənməmiş adsorbent,**
- 2 - elektrik qazboşalması ilə işlənməmiş adsorbent ($\tau=1$ saat),**
- 3 - elektrik qazboşalması ilə işlənməmiş adsorbent ($\tau=2$ saat).**

³Gashimov, A.M. Dielectric parameters of composites based on electric discharge processed natural zeolite / A.M. Gashimov, I.G. Zakiyeva // Technical Physics, ISSN 1063-7842, - 2017, -Vol. 62, -No. 9, - pp. 1381-138

Tezlikdən asılı olaraq dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itkisinin azalması onunla izah edilir ki, tezliyin artması ilə (şəkil 7) yüklənmiş zərrəciklər (relaksatorlar) verilmiş gərginliyin $\frac{1}{4}$ periodunda elektrik sahəsinin təsiri ilə relaksasiya edə bilməyərək, sahə boyunca istiqamətlənib keçiriciliyin artmasına səbəb olurlar.



Şəkil 7. Elektrik keçiriciliyinin tezlikdən asılılığı.

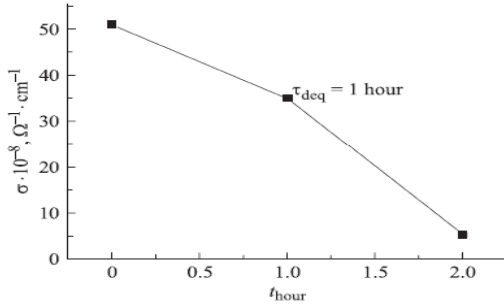
Şəkil 7a və 7b-nin müqayisəsindən görünür ki, qaz boşalmasında işlənməmiş nümunənin elektrik keçiriciliyinin qiyməti qaz boşalmasında 1 saat işlənməmiş nümunənin qiymətindən 10 dəfə böyükdür. Bununla yanaşı kiçik tezliklərdə elektrik keçiriciliyinin qiyməti monoton olaraq artır, daha sonra tezliyin artması ilə keçiriciliyin qiyməti kəskin artır⁴.

⁴Mott, Н. Электронные процессы в некристаллических веществах / Н.Мотт, Э. Дэвис.2-е изд. - М.: Мир, - 1982, - 368 с.

Емец, Ю.П. Дисперсия диэлектрической проницаемости трех и четырехкомпонентных матричных сред // ЖТФ, - 2003. Т. 73, № 3, с. 42-52.

Турик, С.А. Неупорядоченные гетерогенные системы: переход диэлектрик-проводник / С.А. Турик, А.И. Чернобабов, А.В. Турик // Электронный журнал «Исследовано в России», - 2004. 191 - с. 2026-202

Elektrik keçiriciliyinin qiymətləri arasında belə böyük fərqi yaranması elektrik qaz boşalmasının təsiri ilə təbii adsorbent təmizlənməsi nəticəsində onda olan yükdaşıyıcıların sayının azalması və bunun nəticəsi kimi elektrik keçiriciliyinin qiymətinin, həmçinin dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin qiymətinin azalması ilə bağlıdır (Şəkil 8).

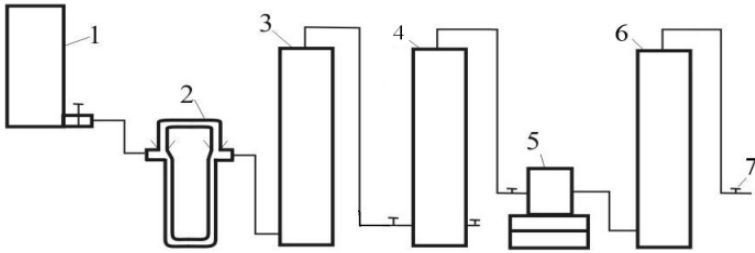


Şəkil.8. Elektrik keçiriciliyinin adsorbent qazboşalmasında işlənmə müddətindən asılılığı ($\tau_{\text{deqradasiyası}}=1$ saat).

Aparılan tədqiqat və təcrübələrin nəticələri göstərir ki, arakəsməli elektrik qaz boşalmasının təsiri nəticəsində təbii seolitin təkcə strukturudeyil, həm də elektrofiziki xüsusiyyətləri və dielektrik parametrləri dəyişir.

4. Sənaye çirkab sularının təmizlənməsi proseslərində yeni elektrofiziki üsullar. İşin dördüncü fəslində toxuculuq, dəri, neft emalı zavodları və sabun sexlərinin sənaye tullantı sularının təmizlənməsində istifadə olunan elektrofiziki metodlar təsvir edilmişdir. Əldə olunan nəticələr əsasında sənaye müəssisələrinin tullantı sularının zərərli maddələrdən adsorbenti aktivləşdirilmədən və arakəsməli elektrik qazboşalmasında əvvəlcədən aktivləşdirilmiş təbii adsorbent-klioptilolit vasitəsi ilə təmizlənmə texnologiyası işlənmişdir.

Tullantı suların təbii adsorbentlərlə təmizlənməsinin texnoloji sxemi şəkl. 9-də verilmişdir.



Şəkil 9. Tullantı suların təmizlənməsi üçün texnoloji qurğunun sxemi: 1- su üçün həcm, 2- reometr, 3- çökdürmə həcmi, 4- seolit olan adsorber, 5- nasos, 6- təmizlənmiş su üçün həcm, 7- ventillər.

Əvvəlcədən arakəsməli elektrik qazboşalmasında emal olunmuş təbii seolit adsorberə doldurulur. Təcrübələrdə təbii seolitə elektrik sahəsində həm emal olunmuş, həm də emal olunmamış nümunələri istifadə olunur. Sənaye müəssisələrinin tullantı suları (1) həcminə yükləndikdən sonra nasosun və reometr (2) köməyi ilə müəyyən sürətlə bir qədər aşağıda yerləşən çökdürücüyə (3) ötürülür. Bir qədər çökdürüldükdən sonra həmin su elektrik sahəsində əvvəlcədən aktivləşdirilmiş seolitlə dolu (4) həcmə müəyyən sürətlə buraxılır. Adsorberdən sonra aktivləşdirilmiş seolitdə təmizlənmiş su 5 nasosun köməyi ilə 6 həcmə yığılaraq sonrakı təkrar istifadə üçün göndərilir. Tullantı suyunun hər bir təmizlənmə dövründən sonra nümunə suyu (təmizlənməmiş) seolitlə təmizlənmiş (lakin elektrik qaz boşalması ilə aktivləşdirilməmiş) su ilə birlikdə müxtəlif qarışıqların tərkibini öyrənmək məqsədi ilə kimyəvi analizə göndərilir. Həmin tədqiqatların nəticələri cədvəl 2, 3 və 4-də verilmişdir.

Dəri emalı müəssisələrinin tullantı suları çoxkomponentli sistemlərə aiddir və onların tərkibində yüksək konsentrasiyaya malik, su ehtiyatlarına ciddi zərər vuran müxtəlif üzvi və qeyri-üzvi maddələr vardır. Dəri emalı zavodlarının tullantı sularının tərkibində

xrom, mis, sink, qurğuşun, nikel, berillium, alüminium, dəmir və digər metalları ionları vardır.

Modifikasiya üsulu ilə tullantı sularının qeyd olunan mexaniki qarışıqların kimyəvi təmizlənməsi suyun tərkibində qələvi metalların yalnız 70%-nin təmizlənməsini əmin edir. Çünki, zərərli metallar həll olunmayan hidrokisidlər şəklində çökür.

Cədvəl 2-də dəri emalı zavodlarının tullantı sularının təmizlənməsinin tədqiqinin nəticələri göstərilmişdir.

Cədvəl 2.

Aktivləşdirilmiş arakəsməli elektrik qaz boşalmasında təbii adsorbentdən istifadə edərək dəri sexlərin tullantı sularının kimyəvi analizinin nəticələri

Çirkab suların göstəriciləri	Mənbə	Təcrübə şərtləri	
		Təmiz adsorbent	Əvvəlcədən elektrik sahəsinin təsiri olan adsorbent
pH	12,5	12,3	9
Bulanıqlıq, ədəd/ sm	3,8	2,8	0,16
HCO ₃ ⁻ , mq/l	18,4	10	0,1
Ca ²⁺ , mq/l	521	401	0,1
Na ₂ CO ₃ , mq/l	10388	4536	90
Ca(OH) ₂ , mq/l	592,6	201,6	0,18
NaOH, mq/l	196	170	90
NH ₄ , mq/l	875	209,9	0,66
NH ₄ Cl, mq/l	2598,2	1234,8	2
Na ₂ S, mq/l	167,45	120,5	60,7

Cədvəldə verilən nəticələrdən görünür ki, arakəsməli qazboşalması mühitində işlənmiş adsorbentlə təmizlənmiş dəri emalı müəssisələrinin tullantı sularının tərkibində NH₄, NaOH, Ca, NH₄Cl, Ca(OH)₂, Na₂S, Na₂CO₃ qarışıqların faizi,

qazboşalmasında işlənmiş adsorbentlə təmizlənmiş sulara (92-99%) nisbətən daha azdır təqribən 40-45% (cədvəl 2).

Təbii suyun tərkibində flüorun miqdarı $0,01 \div 12$ mq/l arasında dəyişir. Dövlət standartı Rusiya Federasiyası 51232-98 "İçməli su" tələbinə görə flüorun içməli suda miqdarı 1,5 mq/l qəbul olunur. Həmin tələbə görə optimal konsentrasiya 1 mq/l hesab olunur.

Cədvəl 3-də qabaqcadan elektrik boşalmasının təsirinə məruz qalmış klinoptilolitlə təmizlənmiş yeraltı suların floriddən təmizlənməsinin nəticələri verilmişdir, bu göstərici 92,5% -dir və dövlət standart norması çərçivəsindədir⁵.

Cədvəl 4-də də neft emalı müəssisələrində məşəl qazboşalması ilə aktivləşdirilmiş təbii seolitlə köməyi ilə təmizlənmiş tullantı sularının tədqiqlənməsinin nəticələri verilmişdir⁶.

Cədvəldən görünür ki, bir fazalı adsorbentləməşəl qazboşalması ilə aktivləşdirilməsi təmizlənmə prosesinə xeyli təsir edir. Bu zaman təmizlənmiş suyun tərkibindəki qarışıq elementlərin miqdarı 65%-90%-dir. Aktivləşdirilməmiş adsorbentlə təmizləndiyi suyun tərkibində isə 99,9% qarışıq elementləri olur.

Aparılan tədqiqat işlərinin nəticələri, sənaye müəssisələrində tullantı sularının təmizlənməsi üçün müxtəlif qazboşalmalarının elektrik sahələrinin təsirinə məruz qalan təbii adsorbentlər əsasında təmizləyici qurğuların prinsipli texnoloji sxeminin işlənilməsinə əsas verir.

Sənayenin müxtəlif müəssisələrinin tullantı sularının elektrofiziki üsulla təmizlənməsi göstərdi ki, ən yaxşı üsul arakəsməli elektrik qazboşalmasının elektrik sahəsində emal olunan təbii adsorbent üsuludur. Təbii adsorbentlə arakəsməli qazboşalması

⁵Hasanov, M.A., Zakiyeva, I.G., Jafarova, F.Sh. Adsorptive purification of fluorine on clinoptilolite pre-treated in an electric field barrier discharge // 7-th ICTPE,- TR Northern Cyprus: - 7-9 July,- 2011,- p. 344-346.

⁶Закиева, И.Г. Изменение качественных показателей сточных вод после очистки отразличных элементов на природном адсорбенте, активированным в электрическом разряде // Баку: ELM, Журнал Проблемы Энергетики,- 2019. №4, - с. 25-30.

ilə emalı həm iqtisadi cəhətdən, həm də texnoloji baxımdan daha sərfəlidir.

Cədvəl 3.

Yeraltı suların arakəsməli qazboşalmasında aktivləşdirilmiş təbii adsorbentlə təmizlənməsi prosesinin kimyəvi analizinin nəticələri

№ п/п	Göstəricilər	Vahid ölçmələr	Beynəlxalq Standart 2874-82	Tərkibi		
				№1	№2	№3
5.	Rəngi	°C	20(35)	9	9	5
6.	Asma hissəciklər	mq/l	1,5(2,0)	3,94	2,2	0,73
7.	pH	mol/l	6-9	7,95	7	6
8.	Ammonium duzları ($N-NH_4$)	mq/l	2,0	0	0	0
9.	Bikarbonat (HCO_3)	-	-	158,6	110	170
10.	Dəmir (Fe)	-	0,3(1)	0,83	0,33	0,05
11.	Kalsium (Ca)	-		60	5,04	5
12.	Maqnezium (Mg)	-		18,2	18,2	17,6
13.	Flüor		1,5	4	3	0,3
14.	Mineralizasiya (Σn)	-		448,6	426,6	422,6
15.	Natrium+Kalium (Na+K)	-	200(Na)	56,8	52,1	48,5
16.	Nitratlar (NO_3^-)	-	45	0,95	0,95	0,63
17.	Nitridlər (NO_2^-)	-	3	0,029	0,0125	0,0035
18.	Sərtlilik	-	7(10)	4,02	4	3,95
19.	Karbonat sərtliyi	mmol/l		2,6	2,6	0,5
20.	Sulfatlar (SO_4^{2-})	-	500	127,3	110,5	100
21.	Quru qalıq	-	1000(1500)	368	346	342
22.	Xloridlər (Cl^-)	mq/l	350	47,8	36,9	34

№1-İlkin su;

№2-Arakəsməli qazboşalmasının təsirinə məruz qalmamış adsorbent;

№3-Arakəsməli qazboşalmasının təsiri ilə aktivləşmiş adsorbent.

Cədvəl 4.

Neft emalı müəssisələrinin tullantı sularının məşəqləzboşalmasında aktivləşdirilmiş təbii adsorbentlə təmizlənməsi prosesinin kimyəvi analizinin nəticələri

№ п/п	göstəricilər	Vahid ölçmələr	ГОСТ 2874-82	Tərkibi		
				№1	№2	№3
2	Rəngi	°C	20 (35)	195	175	11
3	Bulanıqlıq	em/l		106	79	0.8
4	pH	mol/l	6-9	6.95	6	2.8
5	Ammonium duzları (N-NH ₄)	mq/l	2.0	1936	199.3	0.7
6	Bikarbonat (HCO ₃)	mq/l	-	781	781	0
7	Kalsium (Ca)	mq/l		60	60	4.5
8	Maqnezium (Mg)	mq/l		36.5	36.5	2.7
9	Mineralizasiya (Σи)	mq/l		4770	4748	100.5
10	Natrium+Kalium (Na+K)	mq/l	200(Na)	1183	1175	282.9
11	Nitratlar (NO ₃ ⁻)	mq/l	45	1.42	1.42	0.5
12	Sərtlilik	-	7(10)	6.0	6.4	2.5
13	Karbonat sərtliyi	mmol/l		6.0	6.0	0
14	Sulfatlar (SO ₄ ²⁻)	mq/l	500	4235	4175	103.2
15	Quru qalıq	mq/l	1000 (500)	2405	2390	100.9
16	Xloridlər (Cl ⁻)	mq/l	350	112	110	10.5
17	Elektrik keçiriciliyi	mkS/sm	1500	6820	6800	105.9
18	Neft emalı məhsulları	mq/l		43111.6	284.5	5.7

№ 1- İlk su;

№ 2 -Məşəl qazboşalmasının təsirinə məruz qalmamış adsorbent;

№ 3- Məşəl qazboşalmasının təsiri ilə aktivləşmiş adsorbent.

Tullantı sularının aktivləşdirilmiş təbii adsorbentlərin köməyi ilə təmizlənməsi, bu texnologiyanın işlənməsi sənaye və məişət tullantı sularının təmizlənməsinin effektivliyini artırmaqla yanaşı, həm də ətraf mühitin qorunması probleminin həllinə müəyyən təkan vermiş olacaqdır.

NƏTİCƏLƏR

1. Təbii adsorbentin səthinin tacvari, arakəsməli və məşəl qazboşalması vasitəsilə modifikasiyanın metodikası işlənib hazırlanmışdır. Göstərilmişdir ki, tacvari, arakəsməli və məşəl qazboşalması mühitində işlənmə təbii adsorbentin səthində yük halının yaranmasına səbəb olur [1,20].
2. Müəyyən edilmişdir ki, tacvari, arakəsməli və məşəl qazboşalmalarının elektrik sahəsi adsorbentlərin elektrik yüklənməsinə, onların kristallıq quruluşunun təkmilləşməsinə, məsələlərinin təmizlənməsinə səbəb olmuşdur. Aşkar edilmişdir ki, termostimullaşdırılmış relaksasiya (TSR) üsulu ilə təbii və bir fazalı adsorbentin səthində yığılan yükün miqdarı eynidir [12,14,20].
3. Arakəsməli elektrik qazboşalmasının təsirinə məruz qalmış adsorbentdə yığılan elektrik yükünün miqdarının, adsorbenti təşkil edən hissələrin ölçüsündən asılılığı öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, adsorbenti təşkil edən zərrəciklərin sayı çoxaldıqca (yəni ölçüləri kiçildikcə) emal olunan səthin ölçüləri artır, bu da səthdə yığılan yükün miqdarı ilə ekvivalentdir [13].
4. Müəyyən olunmuşdur ki, təbii seolitin elektrik qazboşalması ilə emalı onun həm struktur quruluşuna, həm də kompozitin elektrik xarakteristikasına təsir edir: emal müddəti artdıqca strukturun qarışıqlardan təmizlənməsi nəticəsində adsorbentin kristallıq dərəcəsi artır ki, bu da onun rentgen spektrinin intensivliyinin artmasına səbəb olur [22].
5. Aktivləşdirilmiş təbii seolitin əsasında hazırlanmış kompozit nümunələrin elektrofiziki və dielektrik xassələrinin tədqiqi göstərir ki, arakəsməli elektrik qazboşalmasının kompozitə təsiri həm iqtisadi cəhətdən, həm də onun adsorbsiya göstəricilərinə müsbət təsir etməsinə görə əlverişli metoddur [22, 23].
6. Məlum olmuşdur ki, arakəsməli qazboşalma adsorbentin həm səthinə, həm də onun strukturuna güclü təsir göstərir. Arakəsməli elektrik qazboşalmasının təsiri adsorbentin adsorbsiya qabiliyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır ki,

bu da sənaye müəssisələrinin tullantı sularını Beynəlxalq standartın 51232-98 normallaşdırılmış qiymətlərinə uyğun təmizlənmiş su almağa imkan verir[9].

7. Sənaye çirkab sularının, arakəsməli elektrik qazboşalmasının elektrik sahəsində adsorbsiya üsulu ilə təmizlənməsinin səmərəliliyini artırmağa imkan verən texnoloji sxem hazırlanmış və müvafiq sənaye sahəsinə təklif edilmiş və sınaq təcrübəsində müsbət nəticələr əldə edilmişdir [15,17].
8. Bu texnologiyanın tətbiqi sənaye və məişət tullantı sularının təmizlənməsinin effektivliyini artırmaqla yanaşı həm də ətraf mühitin ekoloji cəhətdən qorunması üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir [25].

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı əsərlərdə dərc edilmişdir:

1. Həşimov, A.M. Sənayə tullantı sularının təmizlənməsi proseslərində yeni elektrofiziki üsulları / A.M. Həşimov, K.B.Qurbanov, M.Ə. Həsənov, I.H. Zəkiyeva // Jurnal AMEA Fizika-Texnika və Riyaziyyat elmləri seriyası, Fizika və Astronomiya, Xəbərlər –Transactions, -Bakı:-2004.Cild XXIV, №2, - s.81-83.
2. Hashimov, A.M., Aliyev, S.S., Mekhtizadeh, R.N., Hasanov M.A., Zakiyeva I.H. Clearing of industrial sewage with use of electric discharges effect // Second International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, - Tabriz, Iran: -6-8 September,- 2004,- p. 461-462.
3. Hashimov, A.M., Qurbanov, K.B., Mekhtizadeh, R.N., Khalilov, J.J., Zakiyeva, I.H., Hasanov, M.A. The use of the klinoptilolit at the water calcinations under the influence of the electric charge // Third International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, - Ankara, Turkey: -29-31 May,- 2006,- p. 1135-1137.
4. Hashimov, A.M., Hasanov, M.A., Ganbarov, D.M. Zakiyeva, I.G. Formation of the charged condition in zeolites // Fourth International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, -Pitesti, Romania: -4-6 September, 2008,- p.16-17.
5. Gashimov, A.M., Kurbanov, K.B., Ganbarov, D.M., Zakiyeva, I.G. Formation of Charged state in one-phase zeolite under the effect of electric discharges // 5-th ICTPE,- Spain: University of Basque Country Bilbao: 3-5 September, - 2009, - p.243-244.
6. Закиева, И.Г. Определение электрического сопротивления однофазного цеолита в зависимости от степени влажности // Научная конференция аспирантов НАН Азербайджана, - Баки: «ELM», - 2009, - с. 5-8.
7. Hashimov, A.M., Ganbarov, D.M., Gurbanov, K.B., Zakiyeva, I.G., Hasanov, M.A. Electric discharge treatment of one phase adsorbent for cleaning of the textile factories sewage // 6-th

- International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, - Tabriz, Iran: -14-16 September, -2010,- p. 598-600.
8. Hosseinahli, N.M., Hashimov, A.M., Hasanov, M.A., Zakiyeva, I.G. Mathematical calculation of adsorption in a liquid adsorbent system// 6-th International Conference on Technical and Physical Problems in Power Engineering, - Tabriz, Iran: - 14-16 September,- 2010,- p. 401-403.
 9. Hasanov, M.A., Zakiyeva, I.G., Jafarova, F.Sh. Adsorptive purification of fluorine on clinoptilolite pre-treated in an electric field barrier discharge // 7-th ICTPE,- TR Northern Cyprus: - 7-9 July,- 2011,- p. 344-346.
 10. Закиева, И.Г. Адсорбционная очистка углеводородных жидкостей от примесей с помощью электрического разряда барьерного типа // Баку: ЭЛМ, Журнал Проблемы Энергетики, - 2011. №3, - с.71-73.
 11. Гашимов, А.М. Электроразрядная обработка природного однофазного адсорбента для очистки сточных вод / А.М.Гашимов, Д.М.Ганбаров, К.В. Гурбанов, И.Г.Закиева, М.Г. Гасанов // Журнал АМЕА-nın Хəbərləri, Fizika-Texnika və Riyaziyyat elmləri seriyası, Fizika və Astronomiya, Bakı: Elm, - 2012. Cild XXXII, №2, - с.119-124.
 12. Гашимов, А.М. Образование заряженного состояния в однофазных цеолитах под воздействием электрических разрядов / А.М.Гашимов, М.А. Гасанов, И.Г. Закиева // Проблемы Энергетики,- Баку: ЭЛМ, - 2013. №1, - с. 57-59.
 13. Гашимов, А.М. Размерный эффект при образовании зарядового состояния в частицах природного клиноптилолита под воздействием электрического разряда / А.М.Гашимов, К.В. Гурбанов, Р.Н. Мехтизаде, И.Г. Закиева,М.А. Гасанов // Электронная обработка материалов, - Кишинев: - 2014. Т. 50, №5, с.88-91.
 14. Гашимов, А.М. Активация поверхности природного однофазного цеолита факельным разрядом для очистки сточных вод / А.М.Гашимов, М.А.Гасанов, И. Г.Закиева //Журнал Энергетика, Высших учебных заведений и

Энергетических Объединений СНГ,-Минск:-2014.№1, с.70-77

15. Zakiyeva, I.Q. Sewage treatment of the industrial plants by the activated natural adsorbent // 1-st International Scientific Conference of young scientists and specialists, The role of multidisciplinary approach in solution of actual problems of fundamental and applied sciences, Socar. Baku: -15-16 October -2014, -Azerbaijan National Academy of Sciences,-p. 263-265.
16. Hashimov, A.M. Application of Electrophysical Processes for Solution of Ecological Problems of Power Generation Systems/A.M. Hashimov, H.J.Huseynov, K.B.Gurbanov, I.H.Zakiyeva // Электронная обработка материалов, - Кишинев: -2014, p. 99–103.
17. Zakiyeva, I.G. New methods for the effective treatment of industrial wastewater natural adsorbents // Genc alimlər, doktorantlar, magistrələr və mütəxəssislərin “Azərbaycanda Sudan İstifadənin müasir problemləri və onun idarə olunması” Elmi-Praktiki konfransının materialları,- Bakı:18-19 fevral -2015, Tezis 71,- p.137-138.
18. Hosseinahli N.M., Hashimov A.M., Hasanov M.A., Zakiyeva I.G., Huseynova, A.D. Desorption processes in conditions of electrical discharges //11-th ICTPE -Bucharest, Romania:-10-12 September, - 2015,- p. 92-94.
19. Hashimov, A.M., Gurbanov, K.B. Mehdizadeh, R.N., Hasanov M.A., Mehdiyev B.Q., Zakiyeva I.H., Mustafayeva I.I., Hosseinahli, N.M. Electrical Discharge treatment of zeolites for cleaning wastewater // 12-th International Conference on Technical and Physical Problems of Electrical Engineering, - Bilbao, Spain:-7-9 September,- 2016, - №43, - p. 218-221
20. Гашимов, А.М. Активация поверхности клиноптилолита электрическим разрядом / А.М. Гашимов, К.В. Гурбанов, Р.Н. Мехтизаде, С.С. Алиев, И.Г. Закиева, М.А. Гасанов.// Физика и химия обработки материалов, - Москва: -2016. №6, с.70-73.
21. Gashimov, A.M. Adsorbent regeneration by electric discharge influence / A.M. Gashimov, K.B.Gurbanov, I.G. Zakiyeva,

- Hosseinali N.M. // Журнал «Физика», - 2016. №3, Vol. XXII,- p.35-37.
22. Гашимов, А.М. Влияние электрических обработок на электрофизические характеристики природного адсорбента / А.М.Гашимов, И.Г. Закиева // Электронная обработка материалов,- Кишинев:- 2016.Т. 52, №5, с. 58-62.
 23. Gashimov, A.M. Dielectric parameters of composites based on electric discharge processed natural zeolite / A.M. Gashimov, I.G. Zakiyeva // Technical Physics, ISSN 1063-7842, - 2017, - Vol. 62, -No. 9, - pp. 1381-1384.
 24. Cəfərova, F.Ş. Neft hasilatı və emalı proseslərində ozonlaşdırılma üsulu ilə - neft emulsiyasının parçalanmasının tədqiqi / F.Ş.Cəfərova, I.H. Zəkiyeva, Z.A.Tağıyeva // Jurnal Energetikanın problemləri, - Bakı: - 2019. №1, - s.43-45.
 25. Закиева, И.Г. Изменение качественных показателей сточных вод после очистки отразличных элементов на природном адсорбенте, активированным в электрическом разряде // Баку: ELM, Журнал Проблемы Энергетики,- 2019. №4, - с. 25-30.

Dissertasiyanın müdafiəsi 31 may 2022-ci il tarixində saat 13⁰⁰-da AMEA akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Xocalı prospekti, 30. AZ 1025

Dissertasiya ilə AMEA akad. Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları www.nkpi.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 29 aprel 2022-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 26.04.2022

Kağızın formatı: A5

Həcm: 37009

Tiraj: 30