

**AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI**

**RADİASİYA PROBLEMLƏRİ İNSTİTUTU**

*Əlyazması hüququnda*

**NƏBİ ŞƏMŞAD OĞLU ƏLİYEV**

**γ-ŞÜALARLA MODİFİKASIYA OLUNMUŞ  
POLİOLEFİNLƏR ƏSASLI METAL - OKSİD  
KOMPOZİTLƏRDƏ RELAKSASIYA PROSESLƏRİ**

2225.01 – Radiasiya materialşünaslığı

fizika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

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

**BAKI-2016**

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Radiasiya Problemləri İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

**Elmi rəhbərlər:**

Fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, professor **A.M.Məhərrəmov**

Fizika-riyaziyyat elmləri namizədi, dosent **M.M.Quliyev**

**Rəsmi opponentlər:**

f.-r.e.d., prof. **Y.Q.Nurullayev**

f.-r.e.d., prof. **B.Ş.Barxalov**

**Aparıcı təşkilat:** Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti  
(Fizika kafedrası)

Müdafə « 30 » 09 2016-cı il, saat \_\_\_\_-da AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunda fəaliyyət göstərən D.01.221 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.  
Ünvan: AZ 1143, B.Vahabzadə küçəsi 9.

Dissertasiya işi ilə AMEA-nın Radiasiya Problemləri İnstitutunun elmi kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat göndərilmişdir « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016-cı il

**D.01.221 Dissertasiya Şurasının**

**Elmi katibi**

**k.ü. e.d.**

**T.N.Ağayev**

## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı.** Hal-hazırda metal oksidlərin dispers hissəcikləri ilə çoxfunksiyalı yeni polimer kompozitlərin (PK) alınması və onların xassələrinin öyrənilməsi polimer kimyası, fizikası və radiasiya materialşünaslığının aktual problemlərindəndir. Bir tərəfdən bu, qarşıya qoyulan məsələlərin və onların həlli yollarının ümumiliyi, digər tərəfdən isə, texnikanın radio-, opto- və akustoelektronika, qeyri-xətti optika, hesablama texnikası və s. kimi perspektivli sahələrində onların çoxfunksiyalı elektroaktiv elementlər kimi durmadan artan praktik tətbiqi ilə bağlıdır. Qeyd etmək lazımdır ki, son zamanlar polimer kompozit materiallar, həm də, kosmik və atom sənayesində nüvə reaktorunun yanğından mühafizə örtüyü kimi, süni peyk və kosmik gəmilərin elektrik qidalandırıcı sistemində geniş tətbiq olunur. Bununla əlaqədar olaraq ionlaşdırıcı  $\gamma$ -şüalanmanın polimer kompozit materialların elektrofiziki xassələrinə, onlardakı elektron-ion və relaksasiya proseslərinə təsirinin, həmçinin şüalanma şəraitindən asılı olaraq həcmi yüklərin toplanması və relaksasiyası proseslərində mikro- və nanodispers doldurucuların rolunun tədqiqi böyük maraq kəsb edir. Polimer anoloqları ilə müqayisədə kompozitlərin üstünlüklərinə onların daha yüksək funksionallığı və elektrik cəhətdən stabilliyi aiddir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, poliolefinlər (polietilen (PE) və polipropilen (PP)) və fərqli elektrik keçiriciliyinə, İQ-oblastda güclü udma spektrlərinə və həssas fotokeçiriciliyə, elektrolüminessensiyaya və s. xassələrə malik müxtəlif dispersli metal-oksit əsaslı kompozitlərdə geniş diapazonlu relaksasiya proseslərinə  $\gamma$ -şüalanmanın təsiri hələ də az tədqiq olunmuş hesab edilir. Bu mürəkkəb sistemlərin alınması, quruluşu və fiziki-kimyəvi xarakteristikalarını əlaqələndirən sistemli tədqiqat işlərinə ehtiyac duyulur. Bununla əlaqədar olaraq müxtəlif tərkibli PK materialların alınması və onların quruluşu, polimer matrisanın və mikro-və nanoölçülü dispers doldurucularla, həmçinin onlara ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirinin öyrənilməsi temperaturun,

tezliyin və s. proqnozlaşdırılması kompozitlərdə relaksasiya proseslərinin kinetikasi ilə əlaqədardır.

**Dissertasiya işinin məqsədi:** 0-3 tip əlaqəli polimer-metal oksidi kompozit materialların alınması və doldurucunun tipi, konsentrasiyası və hissəciklərinin ölçülərindən asılı olaraq onların quruluşu və elektrofiziki xassələri arasındakı qarşılıqlı əlaqə, həmçinin bu xassələrə ionlaşdırıcı  $\gamma$ -şüalanmanın təsirinin qanunauyğunluqlarını müəyyənləşdirməkdən ibarətdir.

**Tədqiqat obyektləri.** Matrisa kimi yüksək sıxlıqlı polietilen (YSPE), nano və mikro ölçülü  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO metal-oksidi və keçirici texniki qrafit dispers dolduruculardan istifadə edilərək alınan nazik kompozit təbəqələr.

**Qarşıya qoyulan məqsədə uyğun olaraq aşağıdakı məsələlər həll edilmişdir:**

1) 0-3 əlaqəli polimer-metal oksidi əsaslı kompozit materialları alınmış, doldurucunun tipi, konsentrasiyası, hissəciklərinin ölçüsünün,  $\gamma$ -şüalanmanın geniş temperatur və tezlik intervalında onların elektrofiziki xassələrinə təsirinin tədqiqi;

2) YSPE/oksidi kompozit materiallarda disperslikdən və doldurucunun miqdarından asılı perkolyasiya effektinin tədqiqi;

3) Kompozit materialların elektrofiziki xassələrinin qızma-soyuma şəraitində tədqiqi və dielektrik histerezis ilgəyinə  $\gamma$ -şüalanmanın təsirinin öyrənilməsi;

4) Dielektrik relaksasiya proseslərinin xarakterini müəyyənləşdirmək məqsədilə Koul-Koul diaqramlarının qurulması;

5) Relaksasiya proseslərinin radiotermoluminessensiya (RTL) və termik stimullaşdırılmış depolyarlaşma (TSD) üsulları ilə tədqiqi;

6) YSPE matrisasında metal oksidlərin dispers hissəcikləri stabilləşdikdən sonra onun quruluşundakı dəyişikliklərin Furiye-İQ spektroskopiyaya üsulu ilə tədqiq edilməsi.

**Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar:**

–YSPE, PP və  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, ZnO oksidlərinin mikro- və nanohissəcikləri əsasında alınmış polimer kompozit materialların xüsusi elektrik keçiriciliyi, kompleks dielektrik nüfuzluğunun həqiqi və xəyali hissələrinin, dielektrik itki bucağının tangensinin

doldurucunun konsentrasiyasından, temperatur və tezlikdən asılılıqlarının qanunauyğunluqları;

– $\gamma$ -şüalanmanın udulma dozasının kompozitlərin elektrofiziki xassələrinə təsiri molekulyar hərəkətin spektrinin dəyişməsi ilə deyil, şüalanan materiallarda stabilləşən yükdaşıyıcıların yığılması və radiolizin tutulma mərkəzləri kimi çıxış edən molekulyar məhsulları ilə şərtlənir;

– $\gamma$ -şüalanma tədqiq olunmuş kompozit sistemlərdə perkolyasiya həddini dəyişmir, yalnız elektrik keçiriciliyinin qiymətini artırır;

–tədqiq edilmiş kompozit materiallarda dielektrik histerezis ilgəyinin forması və gedişi doldurucunun təbiətindən asılıdır və qızma-soyuma prosesində elektroaktiv defektlərin inkişafının temperatur “asimmetriyası” ilə izah oluna bilər;

–tədqiq edilmiş kompozit materiallarda doldurucunun həcmi payının  $\Phi < 20\%$  qiymətlərində sıçrayışlı elektrik keçiriciliyində çəpər mexanizmi üstünlük təşkil edir;

– tədqiq edilmiş kompozit materiallar üçün relaksasiya müddətlərinin bütöv spektri xarakterikdir;

–tədqiq edilmiş materialların termik stimullaşdırılmış depolyarlaşma, radiotermoluminessensiya və Furre-İQ spektroskopiya üsulları ilə öyrənilməsinin nəticələri;

### **Elmi yeniliklər.**

1. Müəyyən edilmişdir ki, YSPE-metal oksidi kompozit sistemləri üçün uyğun temperatur intervalında elektrik keçiriciliyinin ən azı iki mexanizmi mövcuddur.

2. Müəyyən edilmişdir ki, kompozitlərin elektrik keçiriciliyinə  $\gamma$ -şüalanmanın təsiri kinetik vahidlərin molekulyar hərəkətlərinin intensivliyinin dəyişməsi ilə deyil, şüalanmış materiallarda elektrik yükdaşıyıcılarının yığılması və radioliz nəticəsində yaranan tələlərin (radikal və molekulyar məhsulların ROO $\cdot$ , C–O–C və s.) yaranması ilə şərtlənir.

3. İlk dəfə göstərilmişdir ki, YSPE matrisasında TiO $_2$ -nin dispers hissəcikləri stabilləşdikdən sonra tezliyin dəyişməsi halı üçün  $\epsilon''(\epsilon')$  asılılığında dielektrik dispersiyanın xətti oblastı yaranır.

4. Müəyyən edilmişdir ki, tədqiq olunmuş kompozit sistemlərdə perkolyasiya həddi  $\gamma$ -şüalanmanın udulma dozasından asılı deyil.

5. Müəyyən edilmişdir ki,  $\gamma$ -şüalanmadan sonra kompozitlərin elektret xassələrinin pisləşməsi dərin tələlərin dağılması və yaranmış yükdaşıyıcıların dayaz enerji səviyyələrində tutulması ilə əlaqədardır.

**İşin praktiki əhəmiyyəti.** Geniş temperatur və tezlik intervalında polimer-metal oksidi kompozit sistemlərinin elektrofiziki xassələrinin öyrənilməsi kosmik materialşünaslıqda çoxfunksiyalı elektroaktiv KM-in işlənilib hazırlanmasında istifadə oluna bilər. Bundan başqa, belə nanomateriallardan alınmış plyonkalar plastik və molekulyar elektronikada birelektronlu və tunel diodları və tranzistorlarının işçi mühitləri qismində tətbiq oluna bilər. ZnO və YSPE əsasında alınmış nanokompozitlər işıq diodları və lazer diodları, optik idarə olunan kimyəvi sensorlar kimi aşağı gərginlikli və qısa dalğalı optoelektron qurğularında, YSPE/ TiO<sub>2</sub> kompozit sistemi isə yüksək enerji tutumlu elementlərin hazırlanmasında istifadə edilə bilər.

**Tədqiqatın nəticələrinin aprobasiyası.** İşin əsas nəticələri aşağıdakı konfranslarda məruzə edilmişdir:

The fourth Eurasian conference on “Nuclear science and its application” October 31-November 3, 2006, Baku-Azerbaijan; The fourth Eurasian conference on “Nuclear science and its application” October 31-November 3 2006, Baku-Azerbaijan; Международной конференции по физическим, математическим и техническим наукам Нахçıван-2008; RPI-nin 40 illik yubileyinə həsr olunmuş beynəlxalq konfrans, noyabr 3-5, Bakı; “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” IV Beynəlxalq konfrans, 23-25 noyabr 2011, Bakı; “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” IV Beynəlxalq konfrans, 23-25 noyabr 2011, Bakı; International Conference Nuclear Science and its application, September 25-28, 2012, Samarkand, Uzbekistan; The V International conference perspectives of Peaceful use of Nuclear energy, November 21-23, 2012, Bakı; The VII Eurasian Conference. Nuclear science and its application, October 21-24, 2014, Bakı; 10-я

международная конференция “Ядерная и радиационная физика”, 8-11 сентября 2015г., г.Курчатов, республика Казахстан.

**Nəşrlər.** Dissertasiyanın mövzusu üzrə 7 məqalə (3 iş xarici ölkələrdə və 4 iş isə ölkəmizdə) və 10 tezis nəşr edilmişdir.

**Dissertasiya işinin quruluşu, həcmi və əsas məzmunu.** Dissertasiyaya giriş, dörd fəsil, nəticələr və ədəbiyyat siyahısı daxildir. Dissertasiya 165 səhifə kompüter mətnindən, 51 şəkildən, 8 cədvəl və 162 adda istifadə olunan ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. **Girişdə** tədqiqatların aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, alınan nəticələrin elmi yeniliyi, nəzəri və praktiki əhəmiyyəti, müdafiəyə çıxarılan müddəalar göstərilmişdir.

**Birinci fəsildə** tədqiqat işinə aid olan elmi ədəbiyyatların xülasələri verilmişdir. Ədəbiyyat xülasələri əsasən polimer kompozit materialların (PKM) elektrik, dielektrik və elektroaktiv xassələrinə, perkolyasiya və relaksasiya proseslərinə və ionlaşdırıcı şüaların təsir effektlərinə dair seçilmişdir.

**İkinci fəsildə** tədqiqat işinin aparılması metodları verilmişdir. PKM-in alınması aşağıda göstərilən texnoloji proseslərlə yerinə yetirilmişdir:

–YSPE və PP tozşəkilli matrisalar doldurucularla birlikdə bir-biri ilə farfor qabda qarışdırılır (doldurucuların ölçüləri  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  -30 mkm,  $\text{TiO}_2$  -50 mkm,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -50 nm, ZnO -30 mkm, texniki qrafit-30 mkm)

–alınan bu homogen qarışıqdan hidravlik pressdə 15 MPa təzyiqdə 423-443K (423K-də matrisa YSPE olan kompozit nümunələr, 443K-də isə matrisa PP olan kompozit nümunələr) temperaturda 5 dəqiqə saxlanılmaqla qalınlığı 50-200 mkm və diametrləri 20-40 mm ölçüdə olan kompozit nümunələr alınır.

–nümunələr 7 mkm qalınlıqlı alüminium folqadan ibarət etibarlı elektrodlarla təmin edilmişlər.

– nümunələr su-buz qarışığında ani olaraq soyudulur.

– alınan kompozit nümunələr şüalanma mənbəyi  $^{60}\text{Co}$  olan MPX- $\gamma$ -25M izotop qurğusunda müxtəlif dozalarda şüalandırılmışdır.

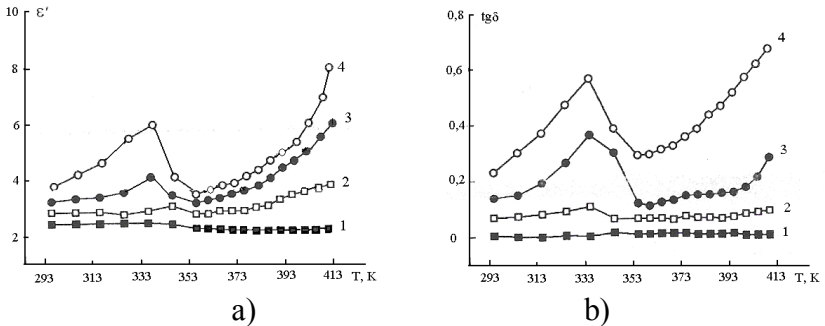
Alınan PKM-in elektrofiziki xassələrinin öyrənilməsi üçün elektrik və dielektrik parametrlərinin ölçülmə qurğusu, kompozit materialların elektrik relaksasiya mexanizmi, yük vəziyyəti,

ionlaşdırıcı şüalanma zamanı yaranan defektlərdə toplanan yüklər və aktivləşmə enerjisi termostimullaşma depolyarlaşma (TSD), kompozitlərin ionlaşdırıcı şüalanmanın təsirindən sonra strukturunun və xassələrinin dəyişməsinə proqnozlaşdırmaq üçün radiotermoluminessensiya (RTL) və materialların struktur xüsusiyyətlərini müəyyənləşdirmək üçün infraqırmızı (İQ) spektroskopiyaya metodları verilmişdir.

**Üçüncü fəsilə** yüksək sıxlıqlı polietilen (YSPE) və polipropilen (PP) əsasında metal oksidlərdən ( $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ) və texniki qrafitdən istifadə edilməklə müxtəlif həcmi paylarla ( $\Phi\%$ ) yaradılmış kompozit materialların (KM) elektrik ( $\rho_v$ ,  $\sigma$ ) və dielektrik ( $\epsilon$ ,  $\text{tg}\delta$ ) xassələrinin temperatur (T) və tezlik ( $\nu$ ) dispersiyaları, qızma və soyuma şəraitində perkolyasiya və relaksasiya proseslərinin mexanizmləri, kompozit nümunələr 100-500 kQr dozada  $\gamma$ -şüalarla modifikasiya olunduqdan sonra onların elektrofiziki xassələrinin dəyişmə xüsusiyyətləri və müqayisəli analizləri verilmişdir.

Şəkil 1(a, b)-də 1kHzs tezlikdə təmiz YSPE və  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  doldurucusunun həcm payı 5, 10, 20 % olan kompozit nümunələrin  $\epsilon'(T)$  və  $\text{tg}\delta(T)$  asılılıqları verilmişdir.

Göründüyü kimi (şək.1 a ) təmiz YSPE ilə doldurucusunun həcm payı 20% olan nümunənin müqayisəsində 20%-li nümunədə  $\epsilon'$ -in qiyməti 293K-də 1,5-1,7 dəfə böyüyərək 403K-də 8,3-ə çatır (əyri 4).



Şəkil 1. Dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin ( $\epsilon'$ ) (a) və dielektrik itki bucağının tangensinin ( $\text{tg}\delta$ ) (b) temperatur asılılıqları. 1- təmiz YSPE, 2- 5%, 3- 10%, 4- YSPE+20% $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ .



Konsentrasiyanın artımı hissəciklər arasındakı dielektrik laylarının qalınlığının azalmasına və elektrik tutumunun artmasına səbəb olur. YSPE-nin  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-lə madfikasiya edilməsi nəticəsində  $\epsilon'=f(T)$  asılılığının xarakterində aşağıdakı dəyişmələr baş verir: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doldurucusu  $\epsilon'$ -in qiymətini əhəmiyyətli dərəcədə böyüdür, temperaturun 333-343K oblastında  $\epsilon'$  maksimuma çatır və sonra azalır; doldurucunun 20% həcm payında temperatur 333K olduqda  $\epsilon'$  maksimum qiymət alır ( $\epsilon'=6$ ).

Temperaturun dəyişməsi ilə materialın dielektrik nüfuzluğundakı dəyişmənin belə xarakteri polimer matrisanın həcmində stabilləşmiş  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mikro hissəciklərinə yükdaşıyıcıların istilik generasiyasının nöqtəvi mənbəyi kimi baxılan mexanizmin köməyi ilə izah oluna bilər. Bu halda, materialın qızması doldurucu mikrohissəciklərində toplanmış yükdaşıyıcıların konsentrasiyasının böyüməsinə və onların fazalararası sərhəddə potensial çəpəri aşmasına aparır. Bundan sonra ola bilsin ki, polimer molekulu tərəfindən tutulan yükdaşıyıcı onun polyarlaşmasının yüksəlməsinə səbəb olsun və yekunda dielektrik nüfuzluğu böyüyür. Yüksək temperaturda (353K və yüksək)  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doldurucu konsentrasiyasının həcm payı 10 və 20% olan nümunələrdə dielektrik prosesində müşahidə olunan  $\epsilon'$ -in xarakterik böyüməsi kompozitin elektrik keçiriciliyinin böyüməsi ilə izah oluna bilər.

Şəkil 1 (b)-dən görüldüyü kimi, polimer matrisada  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> doldurucusunun həcm payı 20% olduqda  $tg\delta$  artır. Dielektrik itkisinin T=293K temperaturda təmiz YSPE üçün qiyməti 0,0079 olduğu halda YSPE+20%  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> üçün 0,24-ə qədər böyüyür. Kompozitdə böyük dielektrik itkisi YSPE-yə doldurucunun daxil edilməsi və bu səbəbdən keçiriciliyin böyüməsi ilə əlaqədardır. Temperaturun 333-343K-nə qədər artımında kompozitlərin  $tg\delta$ -da kəskin artma baş verir və maksimuma çatır, sonra azalaraq 353-363K-də minimumdan keçir. Temperaturun sonrakı böyüməsi ilə dielektrik itkisinin qiyməti yenidən böyüyür.  $tg\delta$ -nın yüksək temperaturda (383-388K) qiymətinin artması, kompozitin elektrik

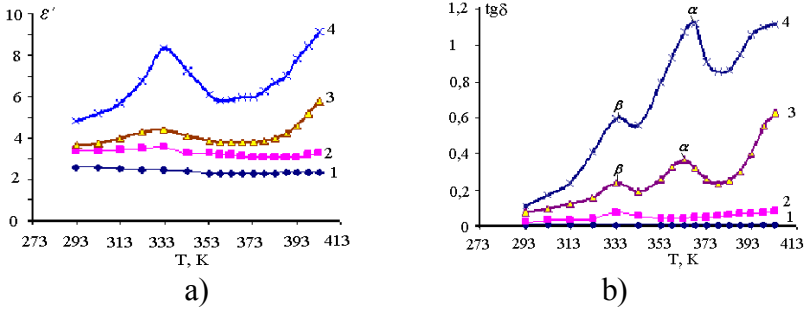
keçiriciliyinin artması ilə bağlıdır və YSPE kristallitlərinin əriməsi ilə şərtlənir.

Şəkil 2 a və b-də 300 kQr dozada şüalandırılmış YSPE+ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit nümunələrinin dielektrik nüfuzluğunun və dielektrik itki bucağı tangensinin temperatur asılılıqları verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi, təmiz YSPE-də praktik olaraq dəyişiklik baş verməmişdir, T=353K-də  $\epsilon'$ -də qismən dəyişmə müşahidə olunmuşdur. YSPE+ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit sistemində göstərilən şüalanma dozasında T=333K-də bütün nümunələrdə dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsinin maksimumu müşahidə olunmuşdur.

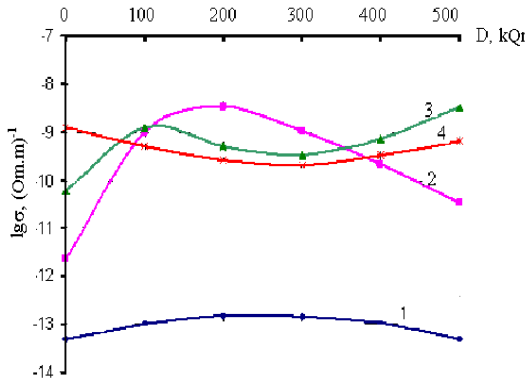
Təmiz (ilkin) YSPE-də  $\gamma$ -şüalanmadan sonra T=293K-də  $\epsilon'$ =2,62 olmuşdur, YSPE+20%  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit sistemində isə  $\epsilon'$ =4,84 təşkil etmişdir (təqribən 1,85 dəfə artmışdır). YSPE+5%  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> və YSPE+10%  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nümunələrində T=333K-də  $\epsilon'$ -də müşahidə olunan maksimum (müvafiq olaraq 3,58 və 4,42), YSPE+20% $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nümunəsində müşahidə olunan maksimumdan ( $\epsilon'$ =8,3) kifayət qədər kiçikdir. Şəkil 1 a ilə (ilkin, şüalanmamış) şəkil 2 a-nı (D=300 kQr) müqayisə etsək görürük ki,  $\gamma$ -şüalanmadan sonra YSPE+ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit sistemində  $\epsilon'$ =f(T) asılılığının xarakteri dəyişmişdir, ancaq keçiriciliyin qiyməti dəyişir. Bu isə şüalanmadan sonra YSPE+ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit nümunələrində dielektrik nüfuzluğunun ( $\epsilon'$ ) və dielektrik itkisinin (tg $\delta$ ) qiymətlərinin dəyişməsi  $\gamma$ -şüalanma zamanı əlavə yükdaşıyıcıların (elektron-ion cütü) yaranması və radiasiya defektlərinin əmələ gəlməsi ilə izah oluna bilər.

Şəkil 2 b-dən görünür ki, şəkil 1 b-də olduğu kimi, 2-ci əyridəki pikin də amplitudası kiçikdir və bu da doldurucunun konsentrasiyasının miqdarı və yükdaşıyıcıların yürüklüyünün azalması ilə bağlı ola bilər. 3-cü və 4-cü əyridəndən görüldüyü kimi, doldurucunun konsentrasiyasının miqdarı artdıqda hər iki əyridə uyğun olaraq  $\beta$ - və  $\alpha$ - relaksasiya proseslərinə 333 və 363K-də müşahidə olunan piklər uyğun gəlir. Burada,  $\beta$ - həm də  $\alpha$ -relaksasiya pikləri polimer zəncirlərinin mikrobrown hərəkəti ilə bağlıdır,  $\beta$ - və  $\alpha$ - proseslərinin  $\gamma$ -şüalanmanın (D=300kQr) təsirindən sonra nisbi intensivlikləri dipol qruplarının orientasiyası ilə təyin

olunur. Onu da qeyd edək ki, temperaturun artması sistemdəki kinetik vahidlərin yürüklüyünü artırır və bu da keçiriciliyin yüksəlməsini şərtləndirir.



Şəkil 3-də  $\sigma = f(D)$  asılılıqlarının tipik əyriləri verilmişdir. Praktiki olaraq bütün hallarda dozadan asılı olaraq  $\sigma$  kəmiyyətinin ekstremal dəyişməsi müşahidə olunmuşdur.



Doldurucunun müvafiq olaraq 5 və 10% həcmi payında sabit cərəyanda nümunələrin elektrik keçiriciliyi daha çox dəyişikliyə məruz qalır. Bu nümunələrin elektrik keçiriciliyi D-nin artması ilə

müvafiq olaraq  $D=200$  və  $D=100$  kQr-də maksimuma çatır. Dozanın sonrakı artımı  $YSPE+5\%\alpha-Fe_2O_3$  kompozitində keçiriciliyi azaldır.  $YSPE+10\%\alpha-Fe_2O_3$  kompoziti halında isə elektrik keçiriciliyi azalaraq 300 kQr-də minimuma çatır ki, bu da zəncirlər arası radiasion tikilmə rabitələrin yaranması ilə izah oluna bilər və daha sonra dozanın artımı ilə keçiricilik yenidən artır. Təmiz  $YSPE$ -nin və  $YSPE+20\%\alpha-Fe_2O_3$  kompozitlərinin elektrik keçiriciliyi göstərilən dozalar intervalında praktik olaraq sabit qalır. Göründüyü kimi (şək.3)  $YSPE$ -yə 20%-ə qədər  $\alpha-Fe_2O_3$  əlavə edilməsi keçiriciliyi  $4,44 \cdot 10^{-14} (\text{om} \cdot \text{m})^{-1}$ -dən  $3,5 \cdot 10^{-10} (\text{om} \cdot \text{m})^{-1}$ -ə qədər artırır. Qeyd etmək lazımdır ki, bütövlükdə udulan doza tədqiq edilən nümunələrin ( $YSPE+5\%\alpha-Fe_2O_3$  nümunəsindən başqa) elektrik keçiriciliyinin doza asılılıqlarına zəif təsir göstərir. Hesab edirik ki, 200 kQr-yə qədər  $\gamma$ -şüalanma dozalarında elektrik keçiriciliyində müşahidə olunan müəyyən artım ionlaşma ilə şərtlənir. Belə ki, ionlaşma nəticəsində nümunənin həcmində elektrik keçiriciliyində iştirak edə biləcək yüklər (sərbəst elektronlar və müsbət ionlar) yaranır.

Onu da qeyd etmək ki,  $\gamma$ -şüalanma zamanı  $YSPE$ -də həcmi elektrik yüklərinin toplanması elektronlar üçün akseptor rolunu oynayır, peroksid radikalların formalaşması və toplanması ilə yaxşı korrelyasiya edir. Odur ki, hesab etmək olar ki, məhz həmin peroksid radikalları faktik olaraq yükün yığılması prosesini müəyyən edir. Hesab edirik ki, doza effektləri birbaşa sərbəst radikalların əmələ gəlməsi və onların öz aralarında polimerin quruluşunda xarakterik postradiasion dəyişiklər əmələ gətirən rekombinasiyasının nəticəsidir. Bundan başqa, tədqiq olunan nümunələrdə  $\gamma$ -şüalanma zamanı keçiricilikdə müşahidə olunan böyüməni polimer zəncirlərinin üç ölçülü quruluş əmələ gətirən tikilmə prosesləri, bundan sonrakı azalmasını isə oksidləşmə destruksiyası ilə əlaqələndirmək olar. Digər nöqtəyi nəzərdən isə  $PE$  matrisanın elektrik keçiriciliyi elektrodlardan injeksiya olunan yükdaşıyıcılarla deyil,  $\gamma$ -şüalanmanın təsiri zamanı yaranan yükdaşıyıcılarla şərtlənir. Şüalanma dozasının artması ilə tələlərdə tutulmuş elektronların konsentrasiyası da artır: şüalanma dozası nə qədər böyük olarsa,

yükdaşıyıcıların sayı da bir o qədər çoxdur. Şüalanma dozasının böyüməsi həm də kristallik faza ilə amorf fazanın nisbətinin azalmasına gətirib çıxarır ki, bu da fazalararası sərhəddin sahəsinin azalmasını şərtləndirir. Bunun nəticəsində fazalararası sərhəddəki dərin tələlərin konsentrasiyasının sıxlığı azalır.

Şəkil 4 (a, b)-də qızma-soyuma prosesində YSPE+5% $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit nümunəsinin 1kHs tezlikdə Maksvell relaksasiya müddətinin ( $\tau_M$ ) (a) və relaksasiya prosesinin aktivləşmə enerjisinin ( $E_{ak}$ ) (b) temperatur asılılıqları verilmişdir.

YSPE+5% $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit nümunəsinin qızma və soyuma prosesində 1kHs tezlikdə Maksvell relaksasiya müddətinin qiymətləri

$$\tau_M = \varepsilon' \varepsilon_0 / \sigma \quad (1)$$

düsturu ilə hesablanmışdır, burada  $\sigma$ -elektrik keçiriciliyi,  $\varepsilon'$ -dielektrik nüfuzluğunun həqiqi hissəsi,  $\varepsilon_0$ -elektrik sabitidir ( $\varepsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m).

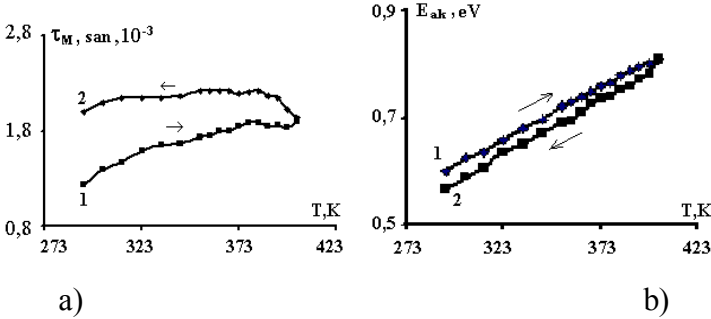
Şəkildən (4 a) görüldüyü kimi, qızma prosesində temperaturun (293÷403)K intervalında Maksvell relaksasiya müddətinin  $\tau_M$ -in qiyməti xətti artır və ( $1,24 \cdot 10^{-3} \div 1,9 \cdot 10^{-3}$ )san., əks soyuma prosesində isə (403÷293)K intervalında relaksasiya müddətinin qiyməti ( $1,94 \cdot 10^{-3} \div 2,1 \cdot 10^{-3}$ )san. təşkil edir.

Molekulyar yürüklük nə qədər yüksək olarsa, elektrik sahəsində dipolların dönmə bucağı bir o qədər böyük olar. Odur ki, elektrik keçiriciliyinin və bununla bağlı olan itki bucağının tangensinin, dielektrik relaksasiya müddətinin və polyarlaşma proseslərinin aktivləşmə enerjisinin asılılıqları temperaturun müəyyən oblastlarında pilləli xarakterə malik ola bilər. Qızma və soyuma prosesində YSPE+5% $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit nümunəsində Maksvell dielektrik relaksasiya müddətinin ( $\tau_M$ ) eksperimental olaraq hesablanmış qiymətləri göstərdi ki, xarici sahənin təsir müddəti ( $10^{-3}$  san.) qızma prosesində Maksvell relaksasiya müddətindən ~1,3 dəfə kiçikdir. Əks soyuma prosesində isə bu ~2,1 dəfə təşkil edir. Bu da relaksasiya prosesinin zəif olduğunu göstərir. Qzma-soyuma prosesində YSPE+5% $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit nümunəsinin 1kHs tezlikdə relaksasiya prosesinin aktivləşmə enerjisinin temperatur asılılıqları

$$E_{ak}=kT\ln(\tau/\tau_0) \quad (2)$$

Arrenius düsturu ilə hesablanmışdır, burada  $\tau_0$ -xarakteristik relaksasiya müddəti olub, atomun rəqs periodu ilə eyni tərtiblidir ( $\tau_0 \sim 10^{-13}$  san.).

Şəkil 4 b-dən görüldüyü kimi, qızma prosesində (293÷403)K temperatur intervalında relaksasiya prosesinin aktivləşmə enerjisi 0,6 eV-dan başlayaraq 0,81eV-a qədər monoton artır. Əks soyuma prosesində isə (403÷293)K temperatur intervalında 0,789 eV-dan başlayaraq 0,565 eV-a qədər monoton azalır.



Şəkil 4. Qızma-soyuma prosesində YSPE+5% $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kompozit nümunəsinin 1kHz tezlikdə Maksvell relaksasiya müddətinin  $\tau_M$  (a) və relaksasiya prosesinin aktivləşmə enerjisinin  $E_{ak}$  (b) temperatur T asılılıqları: 1-qızma, 2-soyuma.

Aktivləşmə enerjisinin qızma zamanı artması, soyuma zamanı isə azalması ölçülən asılılıqlar üçün ümumi qanunauyğunluqdur ki, bu da temperaturun dəyişməsi ilə yükdaşıyıcıların enerjisinin dəyişməsinə və deməli, materialın qadağan olunmuş zonası daxilində Fermi səviyyəsinin vəziyyətinin dəyişməsinə uyğun gəlir. Bu mühitin dielektrik xassələrinin dəyişməsi ilə tələlərdə tutulmuş yüklərin azad olunmasına gətirib çıxara bilər. Digər tərəfdən burada kompozit mühitin yeni energetik hallara sıçrayışlı keçidi baş verə bilər.

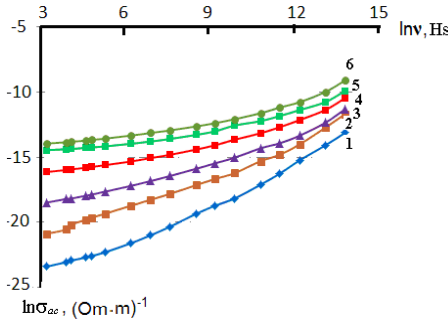
Şək.5-də elektrik keçiriciliyinin tezlik dispersiyası YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozitləri üçün ikiqat loqarifmik miqyasda təqdim olunmuşdur. Görüldüyü kimi, bütün nümunələr üçün  $\sigma_{ac}(v)$  asılılığında

loqarifmik koordinatlarda iki xətti hissə müşahidə olunur. Bu keçiriciliyin tezlikdən üstlü (tərtib) asılılığının olmasına dəlalət edir.

Məlumdur ki, dəyişən cərəyanda kompozitlərin elektrik keçiriciliyi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\sigma_{ac}(v) \approx \sigma_{dc} + A\omega^s, \quad (3)$$

burada,  $\sigma_{dc}$ -sabit cərəyanda keçiricilik,  $\omega=2\pi\nu$ - dairəvi tezliyi, A isə temperaturdan (T) asılı olan sabit, s- keçiricilik mexanizminin təbiətindən, temperaturdan və tətbiq olunan sahənin tezliyindən asılı olan parametrdir.



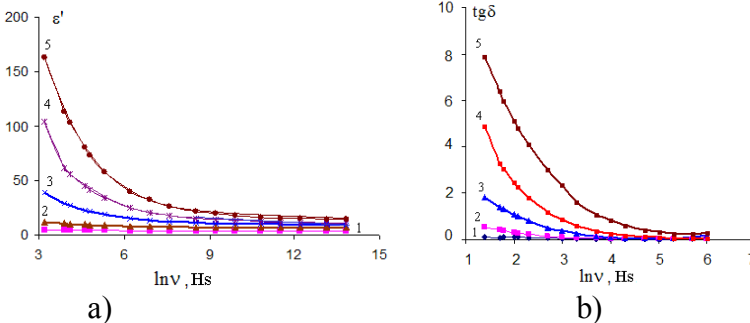
Şək.5. YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozit nümunələrinin dəyişən cərəyanda keçiriciliyinin tezlikdən asılılıq əyriləri  $\ln\sigma_{ac}=f(\ln\nu)$ . 1-təmiz YSPE, 2- 10%, 3- 20%, 4- 30%, 5- 40%, 6- YSPE+50%TiO<sub>2</sub>.

Tədqiq etdiyimiz YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozitlərində aid olduğu heterogen materiallar üçün, bir qayda olaraq  $0 < s < 1$ -dir.  $\ln\sigma_{ac}=f(\ln\nu)$  asılılığında xətti hissələrin mövcudluğu yüklərin köçürülməsinin sıçrayış mexanizminin göstəricisidir. Şək.5-dən eyni zamanda görünür ki, YSPE və bütün kompozitlər üçün hər iki hissədə  $s < 1$ -dir, bu da yükdaşıyıcıların qeyri-omik daşınmasına uyğun gəlir. Bütün nümunələr üçün müəyyən  $\nu_c$ -kritik tezliyindən yuxarı tezliklərdə  $\sigma_{ac}(\ln\sigma)=f(\ln\nu)$  asılılığı nisbətən zəif oblastdan (I hissə) daha güclü oblasta (II hissə) keçir.  $\nu_c$  və s parametrinin  $\sigma_{ac}(\ln\sigma)=f(\ln\nu)$  asılılığının xətti hissələrinin meylinə görə hesablanmış uyğun qiymətləri göstərir ki, s parametri doldurucunun həcmi payından asılıdır və polimer matrisada TiO<sub>2</sub>-nin konsentrasiyasının artması ilə I hissəsində  $s_1 \approx 0,50$  -dən  $0,14$  -ə qədər, II hissəsində isə  $s_2 \approx 0,73$

–dən 0,57 -ə qədər azalır, bu da tədqiqatçıların aldıkları nəticələrlə yaxşı uyğunluq verir.  $s$  parametri üçün tapılan qiymətlər (0,14-dən 0,73-dək) sıçrayışlı keçiriciliyin çəpər mexanizmlili olduğunu göstərir. Bu modelə görə keçiriciliyin tezlikdən asılılığı  $\sigma_{ac}(v)$  yükdaşıyıcıların Fermi səviyyələri ətrafında lokallaşmış səviyyələr üzrə sıçramaları ilə izah oluna bilər.

Aşağı tezliklərdə  $\sigma_{ac}(v)$  –nin azalması həcmi yüklərin fazalararası sərhəddə və numunələrin termik preslənmə üsulu ilə alınması zamanı qismən oksidləşmə nəticəsində əmələ gələn polyar elementlər tərəfindən tutulması ilə şərtlənən fazalararası polyarlaşma (Maksvell-Vaqner polyarlaşması) ilə izah oluna bilər. Bu oblastda tətbiq olunan gərginlik sistemin yükdaşıyıcılarının böyük məsafələrə yerini dəyişir,  $\sigma_{dc}$  elektrik keçiriciliyi bu oblastda üstünlük təşkil edir. Tezliyin artımı yükdaşıyıcıların orta yerdəyişmələrinin azalmasına gətirib çıxarır və elektrik keçiriciliyinin real hissəsi tezliyin müəyyən  $v_c$  - kritik qiymətinə çatdıqdan sonra  $\sigma_{ac}(v) \sim v^{0,73}$  qanunu ilə dəyişir.

Şəkil 6(a,b)-də  $TiO_2$  doldurucusunun müxtəlif həcm miqdarlarında otaq temperaturunda  $YSPE+TiO_2$  kompozitləri üçün  $\epsilon'$ -in və  $tg\delta$ -nın tezlik asılılıqları verilmişdir. Göründüyü kimi (şək.6 a, b) doldurucunun konsentrasiyasının 50%-ə qədər artımı ilə  $\epsilon'$ -in  $10^2$  və  $10^3$  Hs tezliklərində  $\epsilon'$ -də polimer matrisa ilə müqayisədə uyğun olaraq, təxminən böyümə 35 və 14 dəfə artır.



Şəkil 6.  $YSPE+TiO_2$  kompozitlərinin otaq temperaturunda  $TiO_2$ -nin müxtəlif həcmi miqdarlarında  $\epsilon'=f(\ln v)$  (a) ,  $tg\delta=f(\ln v)$  (b): 1- 10%; 2- 20%; 3- 30%; 4- 40%; 5- 50%  $TiO_2$ .



$\varepsilon'$  və  $\varepsilon''$ -in qiymətləri uyğun olaraq təxminən 5,6 və 153 dəfə aşağı düşür və dispersiyanın tam enini xarakterizə edən  $\Delta\varepsilon=(\varepsilon_s-\varepsilon_\infty)$  parametri isə 66-ya bərabərdir ( $\text{TiO}_2$  üçün  $\varepsilon=80-175$ ). Burada  $\varepsilon_s$  və  $\varepsilon_\infty$  -uyğun olaraq aşağı və yuxarı tezliklərdəki dielektrik nüfuzluğudur.  $\text{TiO}_2$ -nin konsentrasiyası 20%-dən böyük olan kompozitləri üçün  $\varepsilon'$  və  $\varepsilon''$  qiymətlərinin tezliyin  $2 \cdot 10^4$  Hs-dək artımı zamanı xarakterin ilkin azalması eksponensial qanuna tabe olur.  $\varepsilon'$  və  $\varepsilon''$ -in kompozitlərdə özünü belə aparması mövcud ədəbiyyatda dipol elementlərinin varlığı ilə (məs., bizim halda CO qrupu) izah olunur.

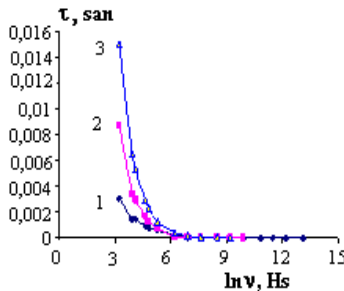
Tətbiq olunan əks gərginliyin aşağı tezliklərində bütün sərbəst dipollu elementlər kompozitdə sahəyə görə asan istiqamətlənilər (orientasiya polyarlaşması) və bu tezliklər zamanı dielektrik nüfuzluğunun böyük qiymətlərini formalaşdırırlar.

Şəkil 7-də YSPE+ $\text{TiO}_2$  kompozit nümunələrinin dielektrik relaksasiya müddətinin tezlikdən asılı olaraq dəyişməsi ( $\tau=f(\ln\nu)$ ) verilmişdir. Relaksasiya müddəti Debay yaxınlaşması metodu ilə

$$\tau=\varepsilon''/\omega(\varepsilon_s-\varepsilon_\infty) \quad (4)$$

düsturu ilə hesablanmışdır, burada  $\varepsilon''$ -dielektrik nüfuzluğunun minimum hissəsi ( $\varepsilon''=\varepsilon' \cdot \text{tg}\delta$ ),  $\omega$  -dairəvi tezlik ( $\omega=2\pi\nu$ ),  $\varepsilon_s$ - statistik dielektrik nüfuzluğu  $\varepsilon_\infty$  -yuxarı tezlikdəki dielektrik nüfuzluğudur.

Göründüyü kimi (şək.7) aşağı tezlikdə ( $\nu=25\text{Hs}$ ) 10%-li nümunədə  $\tau=3,1 \cdot 10^{-3}$  san., 20%-li də  $8,75 \cdot 10^{-3}$  san. və 30% $\text{TiO}_2$  də isə  $1,5 \cdot 10^{-2}$  san. olmuşdur.



Şəkil 7. YSPE+ $\text{TiO}_2$  kompozitlərində dielektrik relaksasiya müddətinin  $\tau=f(\ln\nu)$  asılılıqları: 1- 10%; 2- 20%; 3- 30%  $\text{TiO}_2$ .

Relaksasiya müddətinin qiymətlərindən o da görünür ki, aşağı tezlikdə doldurucunun 10%-li nümunəsinə nisbətən 20 və 30%-li nümunələrdə dielektrik relaksasiya müddəti bir qədər böyükdür.

Ekspperimental alınanlar əsasında tətbiq olunmuş xarici elektrik sahəsinin tezliyinin dəyişməsi halında YSPE və YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozitləri üçün Koul-Koul diaqramı qurulmuşdur. YSPE matrisasında TiO<sub>2</sub>-nin hissəciklərinin stabilləşməsi nəticəsində bu asılılıqda meydana çıxan dəyişikliklər müəyyən edilmişdir.

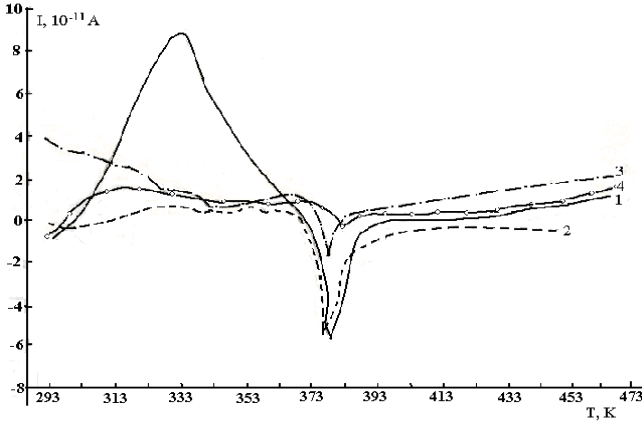
YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozit sistemində  $\epsilon''(\epsilon')$  diaqramı təmiz YSPE-nin diaqramından kəskin fərqlənir. TiO<sub>2</sub> konsentrasiyasının artımı ilə kompozitin diaqramlarında dielektrik dispersiyanın xətti oblası yaranır. Bu hadisəni tədqiqatçılar orientasiya polyarlaşmasının azalması nəticəsində polyar elementlərin relaksasiyasının xarici elektrik sahəsinə cavab reaksiyası ilə əlaqələndirirlər. Sistem qeyri-tarazlıqda olduğundan dielektrik xassələri əvvəlki haldan asılı olur, belə ki, sistem hələ də iki hal arasındakı müddət ərzində tarazlıq halına keçə bilməmişdir. YSPE və YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozitləri üçün qurulan Koul-Koul diaqramlarında göstərilmişdir ki,  $\epsilon''(\epsilon')$  asılılığında meydana çıxan dəyişikliklər TiO<sub>2</sub> hissəciklərinin matrisada stabilləşməsi ilə bağlıdır və tədqiq olunmuş nümunələr üçün relaksasiya müddətlərinin bütöv spektri xarakterikdir.

**Dördüncü fəsildə**  $\gamma$ -şüalarla modifikasiya olunmuş kompozit nümunələrin TSD metodu ilə elektrik relaksasiyasının mexanizmi, həcmi-yük polyarlaşması zamanı TSD məlumatları əsasında ion və ya elektron tələlərin dərinliyi, kompozitlərin dipol polyarlaşması zamanı isə TSD cərəyan spektrləri,  $\gamma$ -şüalanmadan sonra kompozitlərdə müxtəlif temperaturlarda yaranan relaksasiya piklərinin müqayisəli şəkildə RTL spektrləri və kompozit materiallarda  $\gamma$ -şüalanma zamanı struktur dəyişmələri radikalların və struktur dəyişmələrinin spektrdə yerləşmə mövqelərinin İQ-spektroskopiyaya ilə spektral analizlərinin nəticələri verilmişdir.

Şəkil 8-də YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozitinin TiO<sub>2</sub> doldurucusunun 1-7% həcmi payı üçün TSD spektrləri verilmişdir.

Göründüyü kimi YSPE+1%TiO<sub>2</sub> nümunələrinin TSD spektrində (1 əyrisi) bir aşağı temperaturlu amplitudu və eni böyük olan pik

(335K) və bir yuxarı temperaturu əks işarəli pik (380K) müşahidə olunur.

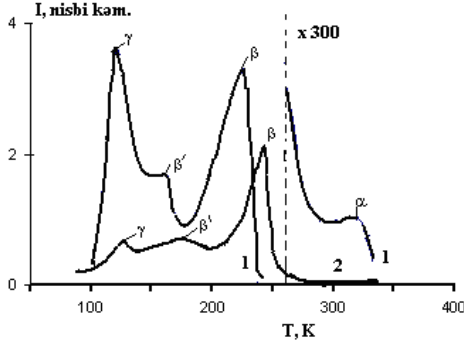


Şəkil 8. YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozitinin TSD ayrılırları.  
1-1% TiO<sub>2</sub>; 2- 3% TiO<sub>2</sub>; 3- 5% TiO<sub>2</sub>; 4- 7%TiO<sub>2</sub>.

YSPE+(3-7%)TiO<sub>2</sub> kompozitlərində doldurucunun həcmi payı artdıqca aşağı temperaturu piklər  $\phi=3-7\%$  olduqda praktiki olaraq yox olurlar. Temperaturun 363-393K oblastında YSPE+(5-7%)TiO<sub>2</sub> kompozitlərində kiçik pik, YSPE+(1-3%)TiO<sub>2</sub> kompozitlərində isə böyük pik yaranır. Bu temperatur oblastında yaranan böyük piklər onu göstərir ki, TiO<sub>2</sub> doldurucusunun 1-3% həcmi paylarında homoyüklər fazalararası dərindən tələlərdə lokallaşır və bu da YSPE+(1-3%)TiO<sub>2</sub> kompozit nümunələrində elektret halının daha stabil xarakterli olmasına dəlalat edir.

Şək.9-da 273K temperaturda soyudulmuş YSPE (1) və YSPE+3%ZnO (2) nümunələrinin RTL ayrılırları verilmişdir. Bu spektrlərin müqayisəsindən (1, 2 əriləri) görünür ki, ZnO doldurucusu bütün temperatur intervalında şüalanma intensivliyini azaldır. Digər tərəfdən,  $\beta$ -maksimum 243K-dən (10-15)<sup>0</sup>C yüksək temperatur oblastına sürüşmüşdür. Bu onu göstərir ki, verilmiş kompozitin işlənmə temperaturu yüksək temperatur oblastına sürüşmüşdür. Bu proses kristallaşma həddinin dəyişməsi və

kristallitlərin ölçülərinin kiçik oblastda sürüşməsi ilə əlaqədar ola bilər, başqa bir köməkçi izahat kimi doldurucunun təsiri ilə daxili gərginliyin relaksasiyası (azalması) ilə bağlıdır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, təmiz YSPE-nin RTL spektrindəki  $\alpha$ -pik daha iri kristallitlərin molekulyar hərəkəti ilə bağlıdır.



Şəkil 9. 273K temperaturda soyudulmuş YSPE (1) və YSPE +3%ZnO (2) nümunələrinin RTL əyrləri.

## ƏSAS NƏTİCƏLƏR

1. YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozit sisteminin dəyişən elektrik sahəsində keçiriciliyinin ( $\sigma_{ac}$ ) temperatur və tezlik dispersiyası göstərdi ki, bu sistemlərdə yükdaşıyıcıların (elektronların) köçürülməsi çəp tunel mexanizmi ilə kompozitlərin üç fazalı modelinə uyğun olaraq fazalararası sərhəddə lokallaşmış aralıq səviyyələr üzrə sıçrayışla baş verir (s parametrinin qiyməti 0,14-dən 0,73-dək dəyişir, yəni  $0 < s < 1$ ).

2. Polimer matrisada doldurucuların mikro- və nanohissəcikləri stabilləşdikdən sonra kompozit sistem təkə bir relaksasiya müddəti ilə xarakterizə olunmur, ona relaksasiya müddətlərinin bütöv spektri xasdır. Tədqiq olunan sistemlər doldurucu-polimer matrisa sərhəddində formalaşan polyar elementlər toplusuna malik nizamsız sistemlərdir.

3.  $\gamma$ -şüalanma dozasının kompozitlərin elektrofiziki xassələrinə təsirləri, onlarda radiasion-kimyəvi proseslərin rolu hər bir kompozit sistemi üçün individualdır. Dozanın  $D=(0-500)$  kQr qiymətlərində  $YSPE+5\%\alpha-Fe_2O_3$  nümunəsində dielektrik relaksasiya müddəti  $\tau_M=6,5\cdot 10^{-3}$  san.-dən  $3,81\cdot 10^{-3}$  san.-dək azalır ki, bu da keçiriciliyin artması ilə bağlıdır.

4.  $YSPE+TiO_2$  kompozit sistemi nümunələrinin  $\varepsilon''=f(\nu)$  asılılıqlarında dielektrik itkiləri monoton dəyişir ki, bu da sistemdə zəif relaksasiya polyarlaşması hadisəsi ilə izah olunur.

5. Furiye-İQ-spektroskopiya üsulu ilə müəyyən edilmişdir ki,  $YSPE+(1-5\%)\alpha-Fe_2O_3$  kompozit sistemi nümunələrinin quruluşu  $-CH_3$ ,  $-CH_2$  və s. qrupların spektrdə yerləşmə zolağına əsasən  $\gamma$ -şüalanmanın təsirinə (500 kQr-yə qədər) daha dayanıqlıdır.

6. RTL üsulu ilə müəyyən edilmişdir ki,  $PP+TiO_2$  və  $YSPE+ZnO$  kompozit sistemlərində  $\beta$ -relaksasiya prosesləri doldurucunun təbiətindən və  $\gamma$ -şüalanmanın udulma dozasından asılıdır.

## **DİSSERTASIYANIN ƏSAS NƏTİCƏLƏRİ ÜZRƏ ÇAP OLUNMUŞ ELMİ İŞLƏRİN SİYAHISI**

1.Əliyev N.Ş. Polietilen / $TiO_2$  kompozitlərin dielektrik xassələrinə  $\gamma$ -şüalanmanın təsiri. “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” IV Beynəlxalq konfransı, Bakı-2011, s. 39.

2.Əliyev N.Ş., Nəbiyev A.A. Polimer- $TiO_2$ , polimer- $Al_2O_3$  kompozitlərində perkolyasiya həddinin tədqiqi. The V International conference perspectives of Peaceful use of Nuclear energy, November 21-23, 2012, Baku, Azerbaijan, p.59.

3. Əliyev N.Ş., Məhərrəmov A.M., Quliyev M.M., İsmayılova R.S., Bayramov M.N. YSPE+TiO<sub>2</sub> kompozit nümunələrinin elektrofiziki xassələrinin temperatur dispersiyası. AMEA xəbər. 2016, №5, 36-41.
4. Quliyev M.M., İsmayılova R.S., Şükürova Ə.Ə., Əliyev N.Ş. Polimer Kompozitlərin dielektrik xassələrinə  $\gamma$  –şüalanmanın təsiri. Polimer kompozitlərin dielektrik xassələrinə  $\gamma$  –şüalanmanın təsiri. “Nüvə enerjisinin dinc məqsədlərlə istifadəsi perspektivləri” IV Beynəlxalq konfransı, Bakı-2011, s.9
5. Aliyev N.Sh., Nəbiyev A.A., Bayramov M.N. Influence of  $\gamma$ -Radiation on dielectric features of polypropylene-TiO<sub>2</sub> composites. International conference nuclear science and its application, September 25-28, 2012, Samarkand, Uzbekistan, p.226-227.
6. Aliyev N.Ş., Bayramov M.N.. Influence of  $\gamma$ -irradiation on percolation threshold in PE/ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite system. THE VII Eurasian Conference. Nuclear science and its application, October 21-24, 2014, Baku, Azerbaijan, p.142-143
7. Aliyev N.Sh., Guliyev M.M., Maharramov A.M., Ismayilova R.S. Features of Electrocon-ductivity of  $\gamma$ -Irradiated Composites in Heating-Cooling Conditions. American Journal of Physics and Applications. February 28, 2015, 3(2), p.15-20
8. Aliyev N.Sh., Magerramov A.M., Guliyev M.M., İsmayılova R.S. The dependence of dielektric parame-ters and electric conduction of composite on the base of polyethy-lene and iron oxide on radiation dose. Azerbaijan Journal of Physics FİZİKA, 2015, vol.XXI No 1, p.27-29.
9. Akhmedov F.Y., Ismailov Y.M., Bagirbekov H.V., Magerramov A.M., Aliyev N.Sh. Dielectric properties and peculiarities of radiothermoluminescence of compositions polypropylene-metal oxides. The Fourth Eurasian conference on “Nuclear science and its application” Baku-2006, p.534-536.
10. Akhmedov F.İ., Ismailov İ.M., Bagirbekov Kh.V., Aliyev N.Sh., Magerramov A.M., Hamidov E.M. Dielectric properties and radiothermolumines-cence features of compositions of polypropylene-oxides of metals. The Fourth Eurasian conference on “Nuclear science and its application” Baku-2006, p.188.

11. Guliyev M.M., Aliyev N.Sh., Maharramov A.M., Ismayilova R.S., Bayramov M.N. Frequency dispersion of electroconductivity and dielectric characteristics of composites of polyethylene /TiO<sub>2</sub> , Journal of Radiation Research ANAS Institute of Radiation Problems. Volume 2, N1 20015, v.35-43.
12. Алиев Н.Ш., Магеррамов А.М., Кулиев М.М., Исмаилова Р.С. Электрофизические свойства композитной системы полиэтилен высокой плотности/ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Перспективные материалы.2014, № 10, с. 22-27.
13. Алиев Х.С., Кулиев М.М., Исмаилова Р.С., Мамедов Б.А., Алиев Н.Ш. Влияние барьерного разряда на стабильность электрретного состояния полиэтилена высокой плотности. Электронная обработка материалов, 2016, 52(5), 81-85.
14. Магеррамов А.М., Нуриев М.А., Ахмедов Ф.И., Алиев Н.Ш., Шукюрова А.А., Мехтиева Т.С. Влияние электронного облучения на зарядовое состояния полимерных композитов. АМЕА-nin RPİ-nin 40 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq konfrans, noyabr 3-5, 2009, Bakı Azərbaycan, s.20-23.
15. Магеррамов А.М., Кулиев М.М., Алиев Н.Ш., Исмаилова Р.С., Байрамов М.Н., Имамалиева А.А. Влияние Гамма-облучение на электропроводность композитов ПЭВП/ $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в условиях нагрев-охлаждение. 10-я международная конференция Ядерная и Радиационная Физика. 8-11 сентября 2015г., г. Курчатова, республика Казахстан, с.190-191.
16. Магеррамов А.М., Алиев Н.Ш., Байрамов М.Н., Алиева И.К., Гаджиева Е.Г. Радиотермомлюминесценция  $\gamma$ -облученных композиций полипропилена с диоксидом титана и оксидом бериллия. АМЕА-nin xəbərləri, Fizika-texnika və riyaziyyat elmləri seriyası, fizika və astronomiya 2015 №2, s.89-93.
17. Нуриев М.А., Шукюрова А.А., Алиев Н.Ш., Багирбеков Х.В. Электрические свойства полимерных  $\gamma$ -облученных композитов на основе полипропилена с СКТВ. Тезисы Международной конференции по физическим, математическим и техническим наукам Нахçıvan-2008, с.140.

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В МОДИФИЦИРОВАННЫХ  
 $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЕМ МЕТАЛЛО-ОКСИДНЫХ КОМПОЗИТАХ  
НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ

РЕЗЮМЕ

Диссертационная работа посвящена изучению релаксационных процессов в модифицированных  $\gamma$ -излучением металл-оксидных композитных материалов на основе полиолефинов.

Показано, что тип, размеры частиц концентрация металл-оксидных наполнители вызывает схожие изменения в структуре композита, что и при действии  $\gamma$ -излучения на электрофизические свойства ПКМ.

Дозовые эффекты, т.е. влияние поглощенной дозы  $\gamma$ -облучения на электрофизические свойства предварительно облученных, образцов, скорее всего, не изменением спектра молекулярных движений, а накоплением в облучаемом материале стабилизированных носителей заряда, и в несколько меньшей степени, радикальных или молекулярных продуктов радиолиза, выступающих в качестве центров захвата.

Зависимость  $\ln\sigma_{ac}=f(\ln\nu)$  обнаруживает два линейных участка, свидетельствующие об осуществление барьерного механизма прыжковой проводимости.

С увеличением концентрации  $TiO_2$  в матрице уменьшение  $\epsilon'$  и  $tg\delta$  в зависимости от частоты отвечает экспоненциальному закону и объясняется присутствием ряд дипольных элементов.

На основании экспериментальных данных построены диаграммы Коула-Коула для ПЭВП и композитов ПЭВП+ $TiO_2$ .

Выявлены изменения данной зависимости, возникающие при стабилизации частиц  $TiO_2$  в матрице и показаны, что исследованным образцам свойствен целый спектр времен релаксации.



**Nabi Shamshad Aliyev**

**RELAXATION PROCESSES IN POLYOLEFIN-BASED METAL-OXIDE COMPOSITIONS MODIFIED BY  $\gamma$ -RADIATION**

**SUMMARY**

The thesis is devoted to the study of relaxation processes in polyolefin-based metal-oxide composite materials modified by  $\gamma$ -radiation.

As a result of studies it has been determined that the type of metal oxide, added to the matrix, size and concentration, including  $\gamma$ -radiation influence significantly affect the electrophysical properties of polymer composite materials (PCM).

Thus, dose effects, i.e. the influence of absorbed dose of  $\gamma$ -irradiation on electrophysical properties of pre-irradiation very likely is not due to a change of spectrum of molecular motion but is due to accumulation in the irradiated material of stabilized charge carriers, and to a lesser extent, radical or molecular radiolysis products acting as trapping centers.

In double logarithmic scale the dependence  $\ln\sigma_{ac}=f(\ln\nu)$  displays two linear plots which indicate the power law of conductivity on frequency. It is assumed that barrier mechanism of hopping conduction is realized in the studied composite samples.

It is shown that the decrease in  $\epsilon'$  and  $\text{tg}\delta$  with the increase in  $\text{TiO}_2$  concentration in the matrix depending on frequency occurs under exponential law and is explained by the presence of a number of dipole elements.

Cole-Cole diagrams have been plotted for HDPE and HDPE+ $\text{TiO}_2$  composites on the base of the experimental data. It has been revealed the changes of the given dependence appearing within the stabilization of  $\text{TiO}_2$  particles in the matrix and shown that the whole spectrum of relaxation times is characteristic for the studied sample.



Sifariş 99, Sayı 100 ədəd

“Ləman nəşriyyat poliqrafiya” MMC-də  
çap edilmişdir

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА  
ИНСТИТУТ РАДИАЦИОННЫХ ПРОБЛЕМ**

*На правах рукописи*

**НАБИ ШАМШАД оглы АЛИЕВ**

**РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ  $\gamma$ -ИЗЛУЧЕНИЕМ МЕТАЛЛО-  
ОКСИДНЫХ КОМПОЗИТАХ НА ОСНОВЕ  
ПОЛИОЛЕФИНОВ**

**2225.01 –Радиационное материаловедение**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

**диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по физике**

**Баку – 2016**