

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## **ETİLEN-BUTEN, ETİLEN-HEKSEN BİRGƏ POLİMERLƏRİ VƏ AZƏRBAYCANIN TƏBİİ MİNERALLARI OLAN KLİNOPTİLOLİT, VEZUVİAN ƏSASINDA YÜKSƏK FİZİKİ- MEXANİKİ XASSƏLƏRƏ MALİK NANOKOMPOZİTLƏRİN ALINMASI VƏ TƏDQIQI**

İxtisas: 2318.01 – Kompozit materialların kimyası və texnologiyası

Elm sahəsi: **Kimya**

İddiaçı: **İlahə Vilayət qızı Bayramova**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş  
dissertasiyanın

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

**SUMQAYIT – 2024**

Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun “Polimerlərin mexaniki-kimyəvi modifikasiyası və emalı” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: kimya elmləri doktoru, professor  
**Nəcəf Tofiq oğlu Qəhrəmanov**

Rəsmi opponentlər: AMEA-nın müxbir üzvü,  
kimya elmləri doktoru, professor  
**Tofiq Abbasəli oğlu Əliyev**

AMEA-nın müxbir üzvü,  
kimya elmləri doktoru, professor  
**Məhəmməd Baba oğlu Babanlı**

kimya elmləri doktoru, professor  
**Minavər Cəfər qızı İbrahimova**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.28 Dissertasiya Şurası



Dissertasiya şurasının sədri: AMEA-nın müxbir üzvü,  
kimya elmləri doktoru, professor  
**Bəxtiyar Əjdər oğlu Məmmədov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi: kimya üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Allahverdiyeva Xəyalə Vaqif qızı**

Elmi seminarın sədri: kimya elmləri doktoru, dosent  
**Nüşabə İsmayıl qızı Qurbanova**

## **İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI**

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** Poliolefinlərin sənaye istehsalının intensivləşməsi onların texnika və texnologiyanın müxtəlif sahələrində istifadəsinin genişlənməsi ilə bilavasitə bağlıdır. Bu vəziyyət, öz növbəsində, kompozit materialların, xüsusən də poliolefinlər və mineral doldurucular əsasında nanokompozitlərin istehsalı sahəsində inkişafın əhəmiyyətli dərəcədə genişlənməsinə kömək etmişdir. Bu onunla əlaqədardır ki, materialşünaslıq sahəsində aparılan genişmiqyaslı tədqiqatlar polimer kompozitlərinin praktiki istifadəsi üçün yeni və perspektivli imkanlar açmışdır<sup>1</sup>. Bu baxımdan polimer nanokompozitlərin alınmasının əsas prinsiplərinin öyrənilməsinə daha dərindən yanaşmağa imkan verən tədqiqatlar böyük əhəmiyyət kəsb etməyə başlamışdır<sup>2</sup>. Alimlərin polimer kompozitlərinin xassələrinin yaxşılaşdırılması, bir-birinə uyğun gəlməyən seqreqasiya olunmuş mineral-polimer sistemlərində fazalararası bölgənin və ümumiyyətlə, mikroheterogen quruluşun əmələ gəlmə mexanizmi haqqında kifayət qədər həcmli məlumatların əldə edilməsi istiqamətində aparılan tədqiqatlar kompleks böyük əhəmiyyət kəsb etməyə başlamışdır. Yuxarıda göstərilənlərə uyğun olaraq, ən tanınan nümayəndələri vezuvian (VZ) və klinoptilolit (KTL) olan laylı təbii alüminosilikatların nanohissəciklərinin polimer möhkəmləndiricisi kimi istifadəsinin mümkünlüyünə yönəlmiş tədqiqatlar xüsusi maraq doğurur.

Bu baxımdan qeyd etmək yerinə düşərdi ki, poliolefinlər əsasında kompozitlərin istehsalı sahəsində çoxlu işlərin aparılmasına baxmayaraq, etilenin  $\alpha$ -olefinlərlə birgəpolimerləri əsasında kompozit və vulkanizatların quruluşunun və xassələrinin modifikasiyasına aid tədqiqatlar çox məhduddur. Nanohissəciklərin yuxarıda qeyd olunan birgəpolimerlərin istilik-deformasiya xassələrinə təsiri ilə bağlı

---

<sup>1</sup>Берлин, А.А. Принципы создания композиционных материалов / А.А. Берлин, С.А. Вольфсон, В.Г. Ошман – Москва: Химия, – 1990. – 240 с.

<sup>2</sup>Симонов-Емельянов, И.Д. Построение структур в дисперсно-наполненных полимерах и свойства композиционных материалов // – Москва: Пластические массы, – 2015. № 9-10, – с. 29-36.

tədqiqatlar isə tamamilə məhduddur. Nanokompozitlərin termomexaniki xüsusiyyətlərinin ayrıca nəzərdən keçirilməsi bərk, yüksək elastik və özlü-axıcı vəziyyətdə baş verən bütün prosesləri təhlil etməyə imkan verir<sup>3</sup>.

Problemin vəziyyətinin təhlili göstərir ki, poliolefinlərin ənənəvi doldurucular və inqrediyentlərlə modifikasiyasının klassik üsulları əsasında yeni perspektivli kompozit materialların yaradılması özünü tamamilə tükəndirib. Son illərdə aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, inqilabi sıçrayış həlləri yalnız təbii minerallara əsaslanan nano ölçülü dispers doldurucuların istifadəsi ilə nanotexnologiyadan istifadə etməklə əldə edilə bilər. Eyni zamanda, nanoölçülü doldurucu hissəciklərin töhfəsi ondan ibarətdir ki, o, nanokompozit materialların möhkəmlik xüsusiyyətlərini artırmağa və moleküstü quruluş və xassələrin yeni səviyyəsinin formalaşmasına kömək edir. Nanokompozitlərin işlənilməsinə məhz bu cür yanaşma əvvəlcədən müəyyən edilmiş quruluş xüsusiyyətli və istismar xassəli konstruksiya materiallarının alınmasına yaxınlaşmağa imkan verir. Bu halda etilen-buten birgəpolimeri (EBB) və etilen-heksen birgəpolimeri (EHB) etilenin  $\alpha$ -olefinlərlə birgəpolimerlərinin nümayəndələri kimi istifadə edilmişdir.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Tədqiqatın obyektı kimi- etilen-heksen birgəpolimeri, etilen-buten birgəpolimeri, təbii mineral doldurucular-vezuvian və klinoptilolit, kompatibilizator-yuxarı sıxlıqlı polietilenin (YSPE) metakril turşusu ilə calaq olunmuş (PEMAK) birgəpolimeri, sürtkü agenti-kalsium stearat, quruluşmələğətirici-alizarin, tikici agent-dikumil peroksidi (DP) və kükürd seçilmişdir. Tədqiqatın predmeti EHB, EBB və VZ və KTL nanohissəcikləri əsasında yüksək möhkəmlik xassələrinə malik nanokompozitlərin işlənilməsinə hazırlanmasından ibarətdir. İstilik-fiziki və

---

<sup>3</sup> Марков, В.Ф. Наноматериалы: получение, свойства и применение: Учебное пособие для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 18.03.01, 18.04.01 «Химическая технология» / В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева – Екатеринбург: Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, – 2023. – 160 с.

möhkəmlik göstəricilərini artırmaq məqsədi ilə DP və kükürd kimi tikici agentlərindən istifadə edilmişdir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Dissertasiya işinin məqsədi etilen-heksen birgəpolimeri (EHB), etilen-buten birgəpolimeri (EBB) və Azərbaycanın təbii mineralları - klinoptilolit və vezuvian əsasında yeni növ yüksək möhkəmliyə malik nanokompozitlərin alınması, quruluş və xassələrinin tədqiqindən ibarət olmuşdur. Tədqiqatın vəzifələri:

- mexaniki-kimyəvi modifikasiya prosesində klinoptilolit (KTL) və vezuvian (VZ) təbii minerallarının nanoölçülü hissəciklərindən istifadə etməklə EBB və EHB əsasında nanokompozitlər işləyib hazırlamaq;
- kompozit materialların quruluşuna, fiziki-mexaniki, istilik-deformasiya və istilik-fiziki xassələrinə KTL və VZ-nin hissəcik ölçüsünün, həmçinin müxtəlif inqrediyentlərin və tikici agentlərin təsirini öyrənmək;
- geniş temperatur diapazonunda (190-250 °C) və yüklərdə (2.16-21.6 kq) nanokompozitlərin axınının reoloji xüsusiyyətlərini tədqiq etmək, yerdəyişmə sürətinin yerdəyişmə gərginliyindən asılılığını öyrənmək, özlülüyn yerdəyişmə sürətindən və temperaturdan asılılığını müəyyən etmək, özlü axının aktivləşmə enerjisini qiymətləndirmək;
- pilləli soyutmanın dilatometrik üsulundan istifadə etməklə doldurucu növü və miqdarından, polimer matris növündən asılı olaraq nanokompozitlərin kristallaşma qanunauyğunluğunu tədqiq etmək, birinci və ikinci növ faza keçidlərini müəyyən etmək. Temperaturdan və qarışıq komponentlərinin nisbətindən asılı olaraq fazalararası sahəni, kristallaşma mexanizmini, həmçinin nanokompozitlərin tutulmuş və sərbəst xüsusi həcmələrinin dəyişmə qanunauyğunluqlarını tədqiq etmək;
- METAK MMC şirkətində EHB və EBB əsasında nanokompozitlərin geniş temperatur diapazonu və təzyiqlərdə təzyiq altında tökmə və ekstruziya üsullarından istifadə etməklə emalının texnoloji xüsusiyyətlərini tədqiq etmək və sınaqdan keçirmək.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işində aşağıdakı tədqiqat metodlarından istifadə olunmuşdur: infraqırmızı spektroskopiya, derivatoqrafik analiz, rentgen-faza analizi, SEM analiz, Vikaya əsasən istiliyə davamlılıq, əyilmədə elastiklik modulu, dağıdıcı gərginlik, dartılma zamanı axıcılıq həddi, nisbi uzanma, termomexanika (Kanavets), ərintinin axıcılıq göstəricisi, reologiya, pilləli dilatometriya.

**Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:**

1. komponentlərin ərinti şəklində qarışdırılması prosesi zamanı təbii nanodoldurucular və inqrediyentlərlə EHB və EBB-nin mexaniki-kimyəvi modifikasiyası ilə bağlı təcrübi məlumatlar, nəzəri nəticələr və elmi prinsiplər;
2. fiziki-mexaniki, istilik-fiziki, reoloji xassələrin, kristallaşmanın kinetik qanunauyğunluqlarının və kristal törəmələrin böyümə mexanizminin tədqiqlərinin nəticələri;
3. fazalararası sahənin əmələ gəlmə mexanizmi və quruluş-xassə arasında qarşılıqlı əlaqələrin qurulması ilə bağlı elmi prinsiplər və nəticələr.
4. EHB və EBB nanokompozitlərinin vulkanlaşma prosesi və mexaniki-kimyəvi sintezi ilə bağlı təcrübi məlumatlar, elmi müddəalar və nəticələr;
5. nanokompozitlərin təzyiqlə altında tökmə üsulu ilə emalının texnoloji parametrlərinin onların əsas fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri haqqında təcrübi məlumatlar və elmi nəticələr.

**Tədqiqatın elmi yeniliyi.** Tədqiqat işinin elmi yeniliyi ondan ibarətdir ki, ilk dəfə olaraq:

- EBB və EHB və Azərbaycanın təbii mineralları (vezuvian və klinoptilolit) əsasında yüksək fiziki-mexaniki və texnoloji xassələrə malik nanokompozitlər işlənilib hazırlanmışdır;
- 20-dən 4500 nm-ə qədər olan doldurucu dispersiyasının (hissəcik ölçüsünün) fazalararası sahənin formalaşması prosesinə təsiri və nanokompozitlərin möhkəmlik xüsusiyyətlərinin, istiliyə davamlılığının və ƏAG-nin dəyişməsinin qanunauyğunluğu öyrənilmişdir;
- EHB və EBB əsasında nanokompozitlərin termomexaniki xassələrinin VZ və KTL miqdarından asılılığı tədqiq olunmuş,

DP və kükürdün miqdarının deformasiyanın dəyişmə qanunauyğunluğuna, birinci növ faza keçidinə, şüşələşmə prosesinə və yüksək elastik deformasiya bölgəsinin formalaşmasına təsiri nəzərdən keçirilmişdir;

- pilləli dilatometriya üsulundan istifadə etməklə, nəzərdən keçirilən nanokompozitlərin nanodoldurucunun miqdarından asılı olaraq xüsusi həcmnin, tutulmuş həcmnin və sərbəst həcmnin temperaturdan asılılığı tədqiq edilmiş, kristallaşmanın kinetik qanunauyğunluğu və kristal törəmələrin böyümə mexanizmi müəyyən edilmişdir;
- EBB və EHB birgəpolimerləri və KTL və VZ təbii mineralları əsasında nanokompozitlərin mexaniki-kimyəvi modifikasiya prosesində emalının optimal texnoloji şəraiti işlənib hazırlanmışdır.

### **Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti.**

Nəzəri təhlil, işlənib hazırlanmış əsas müddəa və nəticələr, eləcə də əldə edilmiş təcrübi məlumatlar alimlər, müəllimlər, magistr və dissertantlar tərəfindən digər tədqiqat obyektlərində istifadə edilə bilər. İşin praktiki əhəmiyyəti ondan ibarətdir ki, METAK MMC-nin standart təzyiq altında tökmə avadanlığından istifadə etməklə EBB və EHB əsasında nanokompozitlərin alınması və emalı texnologiyası işlənib hazırlanıb və sınaqdan keçirilib (sınaq aktı mövcuddur). Qarışıq komponentlərinin və tikici komponentlərin nisbətinin dəyişdirilməsi texnikanın xüsusi sahələrində istifadə üçün nəzərdə tutulmuş konstruksiya təyinatlı materialları əldə etməyə imkan verir.

**Müəllifin şəxsi iştirakı.** Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsi zamanı müəllif məsələnin qoyulmasında, əldə edilmiş nəticələrin ümumiləşdirilməsində və müzakirəsində, eksperimental tədqiqatların aparılmasında bilavasitə iştirak etmişdir. Təqdim edilən iş tamamlanmış elmi tədqiqat işidir və müəllifə dissertasiya işi çərçivəsində apardığı tədqiqatlar kompleksini ümumiləşdirməyə imkan verdi.

**Nəşrlər.** Dissertasiya mövzusu üzrə 34 elmi əsər nəşr olunmuşdur ki, bunlardan 1-i Azərbaycan Respublikasının patenti, 14-ü məqalə, onlardan 2-si həmmüəllifsiz, 9-u xaricdə dərc olunub, 19-u konfrans materialı və tezisdir.

**Dissertasiya işinin aprobasiyası və tətbiqi.** Dissertasiya işinin nəticələri aşağıdakı beynəlxalq və respublika konfranslarında məruzə edilmişdir: Международной конференции, посвященной 94-летнему юбилею общенационального лидера Г.А. Алиева, (Гянджа, 2017); Международной научно-технической конференции «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсированных системах», (Баку, 2017); 5<sup>th</sup> International Caucasian Symposium on Polymers and Advanced Materials, (Tbilisi, 2017); Beynəlxalq elmi konfrans “Funksional monomerlər və xüsusi xassəli polimer materiallar: problemlər, perspektivlər və praktiki baxışlar”, (Bakı, 2017); 5<sup>th</sup> International Caucasian Symposium on Polymers and Advanced Materials, Georgia, (Tbilisi, 2017); Beynəlxalq konfrans “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri”, (Gəncə, 2018); “Gənclər və elmi innovasiyalar” Respublika Elmi-texniki konfransı, Azərbaycan Texniki Universitet, (Bakı, 2018); Akademik V.S. Əliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş “Neft emalı və neft kimyasının innovativ inkişaf perspektivləri” Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, (Bakı, 2018); “Tədris prosesində elmi innovasiyaların tətbiqi yolları” mövzusunda Respublika elmi-praktiki konfrans, (Lənkaran, 2019); Международной научно-технической конференции «Полимерные композиты и трибология» Поликомтриб – 2019, (Республика Беларусь, Гомель, 2019); Международной научной конференции, посвященной 90-летнему юбилею ИНХП им. Мамедалиева по теме «Актуальные проблемы современной химии», (Баку, 2019); “Kimya texnologiyası və mühəndisliyin innovativ inkişaf perspektivləri», SDU, (Sumqayıt, 2019); Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные технологии и материалы», (Севастополь, 2020); XVII Международной конференции молодых ученых, НАН Беларуси, (Минск, 2020); XV Международной конференции молодых ученых, студентов и аспирантов Кирпичниковские чтения: «Синтез и исследование свойств, модификация и переработка высокомолекулярных соединений», (Казань, 2020); Международной научно-практической конференции «Перспективные технологии и материалы», (Севастополь, 2021);



Международной научно-технической конференции молодых ученых «Инновационные материалы и технологии», (Минск, 2021); MSF 2022 Materials Science Of The Future: Research, Development, Scientific Training, (Нижний Новгород, 2022); Ətraf mühitin mühafizəsi, sənaye və məişət tullantılarının təkrar emalı mövzusunda Respublika Konfransının Materialları, (Gəncə, 2022).

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya işi Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunda “Polimerlərin mexaniki-kimyəvi modifikasiyası və emalı” laboratoriyasında elimi-tədqiqat planına uyğun olaraq yerinə yetirilmişdir.

**Dissertasiya işinin quruluşu və həcmi.** Dissertasiya işi 193 səhifə həcmində (222702 işarə) olub girişdən (13030 işarə), 5 fəsildən (205216 işarə) və əsas nəticələrdən (4456 işarə), 27 cədvəl, 45 şəkildən, 183 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir (37491 işarə).

**Girişdə** mövzunun aktuallığı əsaslandırılmış, tədqiqatın məqsəd və əsas vəzifələri, dissertasiya işinin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti formalaşdırılmışdır.

**Birinci fəsildə** (37084 işarə) kompozitlərin və nanokompozitlərin alınması və tədqiqi probleminin vəziyyətinin ətraflı təhlili verilmiş, fazalararası sahənin öyrənilməsi, onların quruluşunun və xassələrinin formalaşması ilə bağlı problemlər nəzərdən keçirilmişdir. Hər fəsildən sonra nəticələr verilir və ədəbiyyat icmalının sonunda ümumi nəticələr və tədqiqat işinin perspektivli istiqamətləri təqdim edilir.

**İkinci fəsildə** (19341 işarə) polimer kompozit materiallarının mexaniki-kimyəvi sintezi üzrə təcrübi tədqiqat üsulları, dissertasiya işində istifadə olunan ilkin xammal və materialların xarakteristikaları, polimer materialların quruluşunun və xassələrinin qiymətləndirilməsinin müxtəlif üsulları təsvir olunmaqla, polimer materiallarının emalının texnoloji aspektlərinin ətraflı təsviri verilmişdir.

**Üçüncü fəsil** (68947 işarə) “nəticələr və müzakirələr”dən ibarət olan dissertasiyanın ən böyük bölməsidir ki, burada quruluş xüsusiyyətləri, kompleks fiziki-mexaniki və istilik-fiziki xassələrinə dair, eyni zamanda nanokompozitlərin təbii doldurucuların növündən və miqdarından asılı olaraq kristallaşma prosesinin kinetik

qanunauyğunluqları, reoloji xüsusiyyətləri ilə bağlı tədqiqatın nəticələri tədqim edilmişdir.

**Dördüncü fəsildə** (53792 işarə) təbii minerallarla EHB və EBB əsasında əldə edilmiş nanokompozitlərin kristallaşma prosesinin kinetik qanunauyğunluğuna dair tədqiqatın nəticələri ətraflı şərh olunur. Tədqiqatın məqsədi birinci və ikinci növ faza keçidlərini, sərbəst və tutulmuş həcmələri, eləcə də kristallaşma mərkəzlərinin fasiləsiz formalaşması zamanı nanokompozitlərin kristallaşma mexanizmini təyin etmək idi. Bu fəsildə həmçinin EBB və EHB və təbii minerallar əsasında alınmış nanokompozitlərin reoloji xüsusiyyətlərinin öyrənilməsinə diqqət yetirilir. Axın əyriləri, özlüklüyün yerdəyişmə sürətindən və temperaturdan asılılığı müəyyən edilmiş, özlü axının aktivləşmə enerjiləri hesablanmışdır.

**Beşinci fəsildə** (26052 işarə) əsas diqqət təzyiqlərdə tökmə və reaksiyalı ekstruziya üsullarından istifadə etməklə nanokompozitlərin emalının texnoloji xüsusiyyətlərinin təsirinin öyrənilməsinə yönəldilmişdir. Material silindrinin temperatur rejiminin, tökmə təzyiqinin, pres-formanın temperaturunun və təzyiqlərdə saxlama müddətinin nanokompozitlərin əsas fiziki-mexaniki və texnoloji xüsusiyyətlərinə təsiri müəyyən edilmişdir.

Dissertasiya işi görülməmiş işlərə dair nəticələrlə yekunlaşdırılıb, burada nanokompozitlərin quruluş xüsusiyyətləri və emal texnologiyası üzrə tədqiqatların əsas nəticələri təqdim olunub, əldə edilən nanokompozitlərin praktiki istifadəsi üçün əsas innovativ və perspektivli istiqamətlər əvvəlcədən müəyyən edilib.

Dissertasiya istinad edilmiş ədəbiyyat siyahısı ilə başa çatır.

Əlavələrdə plastik məmulatların emalı sahəsində ixtisaslaşmış və aparıcı şirkət olan “METAK” MMC-də nanokompozitlərin emalına dair sınaq aktları təqdim edilmişdir.

# DİSSERTASIYA İŞİNİN ƏSAS MƏZMUNU

## 1. EBB, EHB və təbii minerallar əsasında alınmış nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələri

Bu bölmədə əsas diqqət EBB və EHB əsasında alınmış nanokompozitlərin əsas fiziki-mexaniki və istilik-fiziki xassələrinə klinoptilolit və vezuvian kimi təbii mineralların miqdarının və hissəciklərinin ölçülərinin təsirinin öyrənilməsinə yönəldilmişdir. Bu cür tədqiqat obyektlərinin seçimi, ilk növbədə, nəticələri cədvəl 1-də təqdim edilən polimer-mineral doldurucu sistemində kifayət qədər öyrənilməsi ilə əlaqədardır. Tədqiqatlar əsasında müəyyən edilmişdir ki, doldurucunun miqdarının artması ilə nanokompozitlərin möhkəmlik xassələri müəyyən qanunauyğunluğa uyğun olaraq dəyişir.

Nanokompozitlər üçün dağıdıcı gərginliyin maksimum qiyməti VZ-nın 5,0 kütlə % miqdarında əldə edilərək 30,8 MPa təşkil etmişdir. Qeyd etmək lazımdır ki, hətta 2,0 kütlə % miqdarda VZ daxil etdikdə, EBB əsasında alınmış nanokompozitlərin nisbi uzanmaları ilkin EBB səviyyəsində saxlanılmaqla, dağıdıcı gərginlik göstəriciləri 27,1 MPa-dan 29,7 MPa qədər artmışdır.

Doldurucunun minimal miqdarında (5,0 kütlə %) dağıdıcı gərginliyin belə nəzərəçarpan artması, VZ nanohissəciklərinin sonda xırda sferolit quruluşun formalaşmasına və nanokompozitlərin möhkəmlənməsinə səbəb olmaqla, eyni zamanda törəməmələgətirmə funksiyasını da yerinə yetirə bilməsini birmənalı şəkildə təsdiq edir. Cədvəl 1-dəki məlumatlara görə, VZ tətbiqi nanokompozitlərin ƏAG-nın artmasına səbəb olur.

Göründüyü kimi, bu, təbii mineralların əksəriyyətinin, o cümlədən VZ-nın tərkibində nanogilin (9-10 kütlə %) olması ilə əlaqədardır ki, məlum olduğu kimi, onlar laylı quruluş ilə xarakterizə olunurlar.

Nanogillərin təbəqələrarası sahələrində polyar mayelər, səthi aktiv maddələr, qliserin və s. mövcuddur. Hesab edirik ki, komponentləri isti vərdəndə qarışdırarkən və termodeformasiya təsirləri nəticəsində sonradan onun quruluşunun eksfolyasiyasına səbəb olmaqla, polimer matrisin makrozəncirlərinin nanogilin laylar arası boşluqlarına

interkolyasiyası baş verir. Nanogilin laylı quruluşunun dağılması prosesi zamanı polyar mayelər polimer matrisə miqrasiya edir ki, bu da sürtkü agenti kimi nanokompozitlərin reoloji xassələrini yaxşılaşdırmağa kömək edir.

**Cədvəl 1.**

**Hissəciklərinin ölçüsü 20-110 nm intervalında olan EBB və VZ əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələri**

No	Kompozitin tərkibi, kütlə %	Dağıdıcı gərginlik, MPa	Nisbi uzanma, %	Əyilmədə elastiklik modulu, MPa	ƏAG, q/10dəq	Vikaya görə istiliyə davamlılıq, °C
1	EBB	27,1	880	532	4,6	116
2	EBB + 2 % VZ	29,7	880	571	5,2	118
3	EBB + 5 % VZ	30,8	515	612	6,1	118
4	EBB + 10 % VZ	30,0	185	658	7,0	122
5	EBB + 15 % VZ	28,4	95	705	8,5	123
6	EBB + 20 % VZ	26,6	70	724	9,6	125
7	EBB + 30 % VZ	24,5	35	755	6,2	128

Nanokompozitlərdə baş verən proseslər haqqında daha dolğun məlumat əldə etmək üçün VZ-nın dispers hissəciklərinin ölçü amilinin kompozitlərin əsas fiziki-mexaniki və istilik-fiziki xassələrinə təsirini öyrənmək maraqlı görünürdü. VZ-nın nano olmayan mineral hissəciklərinin ölçüsü aşağıdakı fraksiyalarında dəyişmişdir: 350-840 nm, 1420-2000 nm, 2210-4430 nm. Müəyyən edilmişdir ki, nanoölçülü hissəciklər (110 nm-ə qədər) ilə müqayisədə EBB-in tərkibinə VZ-nın nisbətən daha böyük ölçülü hissəciklərinin daxil edilməsi, dağıdıcı gərginliyin maksimal qiymətinin kompozitdə onun 10 kütlə% miqdarında əldə edilməsinə gətirib çıxarır. Əyilmədə elastiklik modulu müəyyən qanunauyğunluqla dəyişir. Analoji tədqiqatlar EBB + KTL, EHB + VZ və EHB + KTL əsasında alınan kompozitlər üçün də aparılmışdır. Və bu nanokompozitlərdə dağıdıcı gərginliyin maksimum qiyməti mineral doldurucunun 5,0 kütlə % daxil edilmiş nümunələrdə əldə olunması müəyyən edilmişdir. Polimer kompozitlərdə bir fiziki vəziyyətdən digərinə temperatur keçidlərinin müəyyən edilməsi onların emalı üçün texnoloji rejimin ən dəqiq seçimini etməyə imkan verir. Bu baxımdan, termomexaniki

tədqiqat üsulu bir vəziyyətdən digərinə faza keçidlərinin ən dolğun anlayışını əldə etməyə imkan verir. EBB, EHB və mineral doldurucular – vezuvian və klinoptillolit nümunəsindən istifadə edərək, onların əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin termomexaniki xassələri öyrənilmişdir. Daha sonra bu fəsildə EBB + VZ və EBB + KTL əsasında nəzərdən keçirilən nanokompozitlərin vulkanlaşma prosesinə dikumil peroksidin (DP) miqdarının təsirinin öyrənilməsinin nəticələri təqdim edilmişdir. Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, DP-nın miqdarının və uyğun olaraq tikilmə dərəcəsinin artması ilə nanokompozitlərin möhkəmlik xüsusiyyətlərinin, ərimə temperaturunun və istiliyə davamlılığın maksimum artımı, tikici agentin 0,5 kütlə % miqdarında müşahidə olunur. DP-nın daha yüksək miqdarında nanokompozit tamamilə tikilir və ƏAG sıfıra bərabər olur.

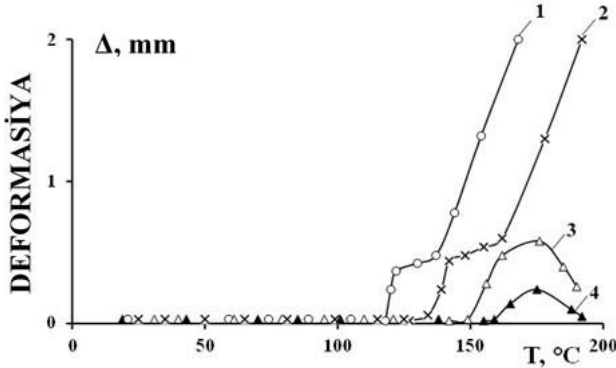
### Cədvəl 2.

#### EBB + VZ və EBB + KTL əsasında alınmış nanokompozitlərin xassələrinə DP-nın miqdarının təsiri

Nö	Nanokompozitin tərkibi, kütlə %	Dağıdıcı gərginlik, MPa	Nisibi uzanma, %	ƏAG q/10 dəq	İstiliyə davamlılıq, °C	Ərimə temperaturu °C
1	EBB	27,1	880	4,6	116	128
2	EBB + 5,0 VZ	30,8	515	6,1	116	124
3	EBB + 5,0 VZ + 0,25 DP	31,9	375	3,4	118	128
4	<b>EBB + 5,0 VZ + 0,5 DP</b>	<b>33,5</b>	<b>265</b>	<b>1,5</b>	<b>129</b>	<b>134</b>
5	EBB + 5,0 VZ + 1,0 DP	29,7	85	–	147	149
6	EBB + 5,0 VZ + 2,0 DP	24,3	30	–	156	156
7	EBB + 5,0 KTL	31,2	400	6,7	115	124
8	EBB + 5,0 KTL + 0,25 DP	32,0	345	3,9	118	128
9	<b>EBB + 5,0 KTL + 0,5 DP</b>	<b>33,9</b>	<b>225</b>	<b>1,7</b>	<b>131</b>	<b>135</b>
10	EBB + 5,0 KTL + 1,0 DP	28,2	80	–	148	150
11	EBB + 5,0 KTL + 2,0 DP	23,5	30	–	159	159

EBB + 5,0 kütlə % VZ və EBB + 5,0 kütlə % KTL əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin xassələrinə və vulkanlaşma prosesinə kükürdün miqdarının təsiri tədqiq edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, doldurucunun növündən asılı olmayaraq, kükürdün miqdarının artması ilə onun 5,0 kütlə % miqdarında dağıdıcı gərginliyin maksimum qiymət alması ilə nəzərəçarpan dərəcədə dəyişməsi müşahidə edilmişdir.

Şəkil 1-də EBB və EHB əsasında alınan nanokompozitlər üçün termomexaniki əyrilərin dəyişmə qanunauyğunluğuna DP-nın miqdarının təsiri təqdim edilmişdir. EBB + 5,0 kütlə % KTL nanokompozit nümunəsindən istifadə edərək, deformasiyanın temperaturdan asılı olaraq dəyişmə qanunauyğunluğuna DP-nın miqdarının təsiri göstərilmişdir.

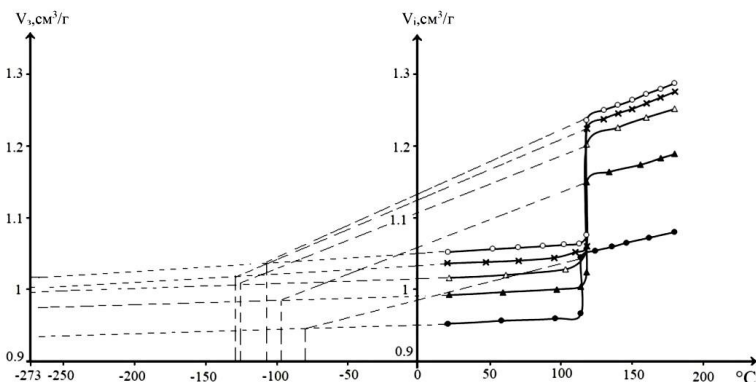


**Şəkil 1. EBB + 5.0 kütlə % KTL nanokompozitlərinin termomexaniki xassələrinə DP-nın miqdarının təsiri, kütlə %:**  
**(1) ○ – 0,25; (2) × – 0,5; (3) Δ – 1,0; (4) ▲ – 2,0**

Şəkil 1-dən görüldüyü kimi, 0,25 kütlə % DP daxil etdikdə yüksək elastiki deformasiya sahəsi (plato) 122-139 °C temperatur intervalında dəyişir, DP-nın 0,5 kütlə % miqdarında isə bu sahə 143-164 °C temperatur aralığında yaranır. DP-nın 0,5 kütlə%-dən yüksək miqdarlarında nümunələr öz plastikliyini və ərinti axıcılığını itirərək şüşələşir. 1,0 və 2,0 kütlə % DP ilə tikilmiş şüşəvari nanokompozitlər üçün maksimum temperatur 176 və 178 °C-dir.

## **2. Nanokompozitlərin kristallaşmasının kinetik qanunauyğunluqları**

Nanokompozitlərin kristallaşma prosesinin təhlili onların presformada və ya formalaşdırıcı başlıqda soyutma rejimini tənzimləmək üçün əlavə imkanlar açır. Məsələn, şəkil 2-də ilkin EHB və onun KTL ilə nanokompozitləri üçün xüsusi həcm temperaturdan asılılığı göstərilmişdir.



**Şəkil 2. EHB əsasında olan nanokompozitlər üçün xüsusi həcm temperaturdan asılılığının dilatometrik əyrilərinə KTL-nin miqdarının təsiri, kütlə %: ○ – ilkin EHB, × – EHB + 1,0 KTL, Δ – EHB + 5,0 KTL, ▲ – EHB + 10 KTL, ● – EHB + 20 KTL**

Şəkil 2-də göstərilən dilatometrik əyriləri müqayisə etdikdə müəyyən etmək olar ki, EHB-nin tərkibində KTL miqdarından asılı olmayaraq, kristallaşma temperaturunda birinci növ faza keçidində bütün nanokompozitlər üçün ümumi qanunauyğunluq müşahidə olunur. Başqa sözlə, özlü axıcı vəziyyətdən bərk vəziyyətə faza keçidi xüsusi həcm sıçrayışla xarakterik azalması ilə müşayiət olunur. İlkin EHB və 10 kütlə % KTL daxil edilmiş nanokompozitlər üçün bu faza keçidi 117 °C-də baş verir. KTL 20 kütlə % miqdarında faza keçidi nisbətən aşağı temperaturda 114 °C-də baş verir. Faza keçid temperaturunun 117 °C-dən 114 °C-ə qədər aşağı düşməsi onu göstərir ki, doldurucunun daha yüksək miqdarında, relaksasiya prosesləri və makrozəncirlərin konformasiya hərəkətililiyi çətinləşir, bu səbəbdən də faza keçid temperaturunun azalmasına təsir edən kristallaşma prosesləri müəyyən dərəcədə bloklanır. Bundan əlavə, kristallaşma və sferolit törəmələrin böyüməsi prosesi zamanı doldurucunun hissəcikləri sferolitlər arası və amorf sahəyə ötürüülrlər. Amorf sahə “keçid” zəncirlərinin olması ilə xarakterizə olduğundan, bu sahədə nanohissəciklərin toplanması kristallaşma proseslərinin sürətinin ləngiməsinə gətirib çıxaran keçid zəncirlərinin hərəkətililiyinin bloklanmasına səbəb olacaqdır.

Bununla yanaşı, dilatometrik ölçmə üsulu polimer matrisdə “tutulmuş” ( $V_t$ ) və “sərbəst” ( $V_s$ ) xüsusi həcmi müəyyən etməyə imkan verir. Şəkil 3-dəki dilatometrik əyriyə əsasən, əyriyə aşağı qolunu mütləq sıfır ( $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) bölgəsinə ekstrapolyasiya etməklə, tutulmuş xüsusi həcm qiyətini təyin etmək olar. Alınan eksperimental məlumatların müqayisəli təhlilindən qeyd etmək olar ki, EHB-nın tərkibində KTL-nin miqdarının artması tutulmuş həcm qiyətinin azalması və müvafiq olaraq nümunələrin sıxlığının artması ilə müşayiət olunur.

Doldurulma dərəcəsi asılı olaraq nanokompozitlərin sərbəst xüsusi həcmindəki dəyişikliklərin qanunauyğunluğuna temperaturun təsiri öyrənilmişdir. Kristallaşma prosesinin kinetik qanunlarını öyrənərək Avraami-Kolmaqorov modelindən istifadə edilmişdir ki, bu da bu nəzəriyyənin birinci növ faza keçid bölgəsində polimer materialları üçün tətbiq oluna biləcəyini dəfələrlə təsdiq etmişdir. Avraami nəzəriyyəsinə görə, kristallaşma prosesi aşağıdakı ifadəyə uyğun olaraq gedir:

$$\varphi = e^{-K\tau^n} \quad (1)$$

burada  $\varphi$  – polimerin hələ kristal fazaya çevrilməmiş hissəsidir;  $K$  – törəməmələgətirmə və kristalların böyüməsini göstərən ümumiləşdirilmiş sabit;  $\tau$  – birinci növ faza keçidi temperaturunda kristallaşma vaxtı;  $n$  – qiyməti 1-4 arasında dəyişir və törəməmələgətirmənin mexanizmindən və kristalların böyümə formasından asılı olan sabitdir.

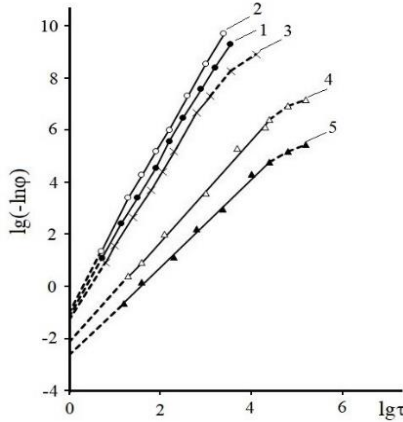
Avraami-Kolmaqorov tənliyinin ikiqat loqarifmlədikdən sonra aşağıdakı ifadəni alırız:

$$\lg(-\ln \varphi) = \lg K + n \lg \tau \quad (2)$$

Alınan tənliyə görə bu asılılıq  $\lg(-\ln\varphi)$ -nin  $\lg\tau$  koordinatlarında düz xəttədir. Eksperimental tədqiqatların nəticələri EHB əsasında nəzərdən keçirilən nanokompozitlərin kristallaşma mexanizminin öyrənilməsi üçün Avraami-Kolmaqorov nəzəriyyəsinin tətbiq oluna biləcəyini göstərdi. Doldurucunun az miqdarında kristallaşma sürətinin artması tərəfimizdən müəyyən edilmişdir. Şəkil 3-də nanokompozitlərin kristallaşmasının kinetik qanunauyğunluqları təqdim edilmişdir, KTL-nin miqdarı aşağıdakı aralıqda götürülmüşdür: 1,0; 5,0; 10 və 20 kütlə



%. Şəkil 3-dən göründüyü kimi, doldurucunun az miqdarında kristallaşma sürəti artır, belə ki, yuxarıda göstəriləyi kimi doldurucu hissəcikləri kristallaşma törəmələri rolunu oynayır.



**Şəkil 3. Avraami koordinatlarında, EHB əsasında alınmış nanokompozitlərin kristallaşmasının kinetik qanunauyğunluğuna KTL-nin miqdarının təsiri, kütlə % ilə: 1 – ilkin EHB, 2 – EHB + 1.0 KTL, 3 – EHB + 5.0 KTL, 4 – EHB + 10 KTL, 5 – EHB + 20 KTL**

Doldurucunun miqdarı artdıqca, bu prosesin yavaşlaması baş verir, çünki bu vəziyyətdə üstünlük təşkil edən sistemin özlüklüyünün artmasıdır. Tədqiqat nəticələri göstərdi ki, EHB üçün  $n$ -nin qiyməti  $n = 2,1$ , nanokompozitlər üçün EHB + 1,0 kütlə % KTL  $n = 2,3$ , EHB + 5,0 kütlə % KTL üçün  $n = 2,0$ , EHB + 10 kütlə % KTL üçün  $n = 1,4$  və EHB + 20 kütlə % KTL üçün isə  $n = 1,21$  təşkil etmişdir. Əldə edilmiş nəticələrə əsasən qeyd etmək olar ki, KTL minimal miqdarında  $n$ -nin qiyməti ilkin EHB-dən yüksəkdir.

Əldə edilən məlumatlar belə qənaətə gəlməyə imkan verir ki, kristallaşma mərkəzlərinin davamlı formalaşması zamanı, ilkin EHB və az miqdarda KTL olan nanokompozitlər (1,0-5,0 kütlə %) lövhəşəkilli (ikiölçülü) kristalların böyümə növü ilə, 10-20 kütlə % KTL saxlayan nanokompozitlər isə xətti (birölçülü) növlü kristalların böyüməsi ilə xarakterizə olunurlar.

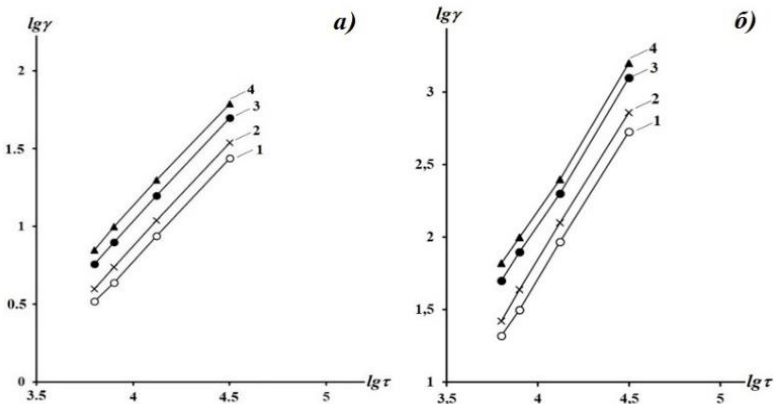
Oxşar tədqiqatlar doldurucu kimi VZ və KTL istifadə edərək EBB

əsasında olan nanokompozitlərlə də aparılmışdır. KTL və ya VZ-nın EBB və ya EHB-yə daxil edilməsinin nisbətən yeni quruluşlu polimer materialın formalaşması ilə müşayiət olunduğunu iddia etmək olar.

Bu, polimer-nanohissəcik fazalararası sərhəddində qarşılıqlı təsirlərin mövcudluğunun nəticəsidir. Bunlara, ilk növbədə, fazalararası sahədə sərhəd təmas zonasında adsorbsiya və ya molekulyar qarşılıqlı təsirlər daxildir. Bu qarşılıqlı təsirlərin nəticəsi olaraq polimer kompozit sistemlərinin fiziki-kimyəvi və fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin nəzərəcarpacaq yaxşılaşmasıdır. Başqa sözlə, fazalararası qarşılıqlı təsirlər sərhəd qatının quruluş xüsusiyyətlərini, bərk hissəciklərin səthində molekulyar oriyentasiyanın xarakterini, molekulyar konformasiya hərəkətliliyini, molekulüstü quruluşunu və onun digər xassələrini əvvəlcədən müəyyən edir.

### 3. Nanokompozitlərin reoloji xassələri

Reoloji tədqiqatlara dair məlumatların müqayisəli təhlili məqsədi ilə şəkil 4 (a, b)-də loqarifmik koordinatlarda ilkin EHB və onun əsasında olan EHB + 5 kütlə % VZ nanokompoziti üçün axın əyriləri təqdim edilmişdir.



**Şəkil 4. İkin EHB (a) və EHB + 5 kütlə % VZ (b) üçün müxtəlif temperaturalarda axın əyriləri: ○ – 190 °C, × – 210 °C, ● – 230 °C, ▲ – 250 °C**

Alınmış axın əyrilərindən qeyd etmək olar ki, eyni yerdəyişmə gərginliyində tədqiqatın temperaturun artması yerdəyişmə sürətinin qanunauyğun artması ilə müşayiət olunur. Üstəlik, bütün temperatur diapazonunda və yerdəyişmə gərginliyində, axın əyrilərində xəttlərin yuxarı və aşağı hissələrində əyilmə müşahidə edilmir. Bunun səbəbi, nəzərə alınan temperatur və yerdəyişmə gərginliklərində Nyuton axınının ən böyük və ən kiçik bölgələrinin olmamasıdır, yəni ərintidə makrosegmentlərin assosiatlarının parçalanma sürəti onların bərpa sürətinə bərabərdir.

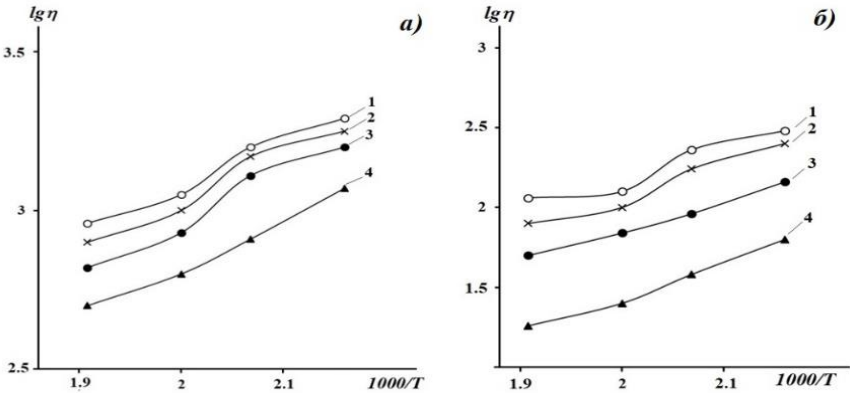
Bundan əlavə, bu şəkildəki məlumatların müqayisəli təhlilindən aydın olur ki, EHB-nın tərkibinə 5,0 kütlə % VZ-nın daxil edilməsi yerdəyişmə sürətinin 1,8-2,0 dəfə artmasına səbəb olmuşdur. Nanokompozit ərintilərində yerdəyişmə sürətinin artmasında aşkar edilmiş effekti, təbii mineralın (vezuvianın) tərkibində olan laylı quruluşlu nanogilin laylar arasındakı sahədə polyar mayelərin, qliserin və səthi aktiv maddələrin olması ilə izah etmək olar. Yerdəyişmə gərginlikləri kompozit ərintisinin emal prosesi və termomexaniki təsirlər nəticəsində makrosegmentlərin VZ nanohissəciklərinin laylararası sahəsinə interkalasiyasına səbəb olur. Göründüyü kimi, makrosegmentlərin laylararası sahəyə interkalasiyasından sonra, güclü yerdəyişmə gərginlikləri laylı quruluşun daha kiçik ölçülərə “eksfolyasiyasına” gətirib çıxarır. Laylı quruluşun parçalanması nəticəsində səthi aktiv maddələrin, qliserin və polyar mayelərin bilavasitə kompozit ərintisinə ayrılması baş verir ki, bu da sürtkü maddələri kimi ərintinin axıcılığının belə kəskin artmasına kömək edir.

EHB və onun 5,0 kütlə % VZ tərkibli nanokompoziti üçün ərintinin effektiv özlülüyünün yerdəyişmə sürətindən asılılığının reoloji əyriləri tədqiq edilmişdir. Əyrilərin dəyişmə qanunauyğunluğundakı əsas fərq, 250 °C temperaturdadır. Ərintinin özlülüyünün kəskin azalması, görünür, belə yüksək temperaturda EHB-nın qismən termooksidləşdirici destruksiyasının baş verməsi ilə şərh edilə bilər. EHB-dan fərqli olaraq, 250 °C-də nanokompozitlərdə özlülüyün belə kəskin azalması müşahidə edilmir. Göründüyü kimi, bu halda qeyd etmək vacibdir ki, VZ nanohissəcikləri ekranlayıcı təsir göstərir və bununla da polimer matrisin termooksidləşdirici destruksiya

prosesinin qarşısını almış olur. Bu, derivatoqrafiya analizinin məlumatları ilə təsdiq edilmişdir, ona əsasən, əgər ilkin EHB üçün termooksidləşdirici destruksiya 242-272 °C-də baş vermişdirsə, nanokompozitlər üçün bu proses 265-285 °C temperatur intervalında qeydə alınmışdır.

Şəkil 5-də özlülüyün temperaturun tərs qiymətindən asılılıq əyriləri yarımloqarifmik koordinatlarda təqdim edilmişdir. Şəkil 5 a-dakı əyriləri təhlil edərək müəyyən etmək olar ki, sabit yerdəyişmə gərginliyi zamanı onlar müəyyən qanunauyğunluqla dəyişirlər. Fərq ondadır ki, əgər yerdəyişmə gərginliyi  $lg\tau = 4,52$  Pa olduqda (şəkil 5 a) özlülüyün temperaturdan asılılıq qiyməti praktiki olaraq xətti asılılıqla ifadə olunur, lakin yerdəyişmə gərginliyi 4,19 Pa və daha aşağı olduqda isə xətti asılılıq 210 °C-də pozulur.

Nanokompozitlərdə isə əyrilərin dəyişmə xarakterində dəyişiklik 210 °C temperaturda yalnız yerdəyişmə gərginliyinin 3,88 Pa və daha aşağı qiymətlərində qeydə alınmışdır. Nəticələrə əsasən yerdəyişmə gərginliyinin artması ərintinin özlülüyünün kəskin aşağı düşməsi ilə xarakterizə olunur. Bu azalma xüsusilə 4,54 Pa yerdəyişmə gərginliyində özünü göstərir.



**Şəkil 5. EHB (a) və EHB+5.0 kütlə % VZ (b) nanokompoziti üçün müxtəlif yerdəyişmə gərginliyində Arrenius koordinatlarında effektiv özlülüyün temperaturun tərs qiymətindən asılılığı, Pa: ○ – 3,77; × – 3,88; ● – 4,19; ▲ – 4,52**

Nanokompozitlərdə isə əyrilərin dəyişmə xarakterində dəyişiklik

210 °C temperaturda yalnız yerdəyişmə gərginliyinin 3,88 Pa və daha aşağı qiymətlərində qeyd alınmışdır. Əldə edilmiş nəticələrə əsasən yerdəyişmə gərginliyinin artması ərintinin özlüklüyünün kəskin aşağı düşməsi ilə xarakterizə olunur. Bu azalma xüsusilə 4,54 Pa yerdəyişmə gərginliyində özünü göstərir. Qeyd etmək lazımdır ki, Arrenius koordinatlarında özlüklüyün temperaturun tərs qiymətindən xətti asılılığının pozulması, ilk növbədə, EHB ərintisində mürəkkəb fiziki və fiziki-kimyəvi proseslərin baş verdiyini göstərir. Bu vəziyyətdə, polimer ərintisində homogen törəməmələgətirmə mərkəzlərində makrozəncir assosiatlarının dağılmasının və bərpasının xüsusi mexanizmindən bəhs edirik.

#### **4. EHB və EBB əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin təzyiq altında tökmə üsulu ilə emalının texnoloji xüsusiyyətləri**

Nanokompozitlərin xassələrinə texnoloji rejimin təsirini qiymətləndirərkən tədqiqat obyektini kimi EBB + 5,0 kütlə % KTL, EHB + 5,0 kütlə % KTL, EBB + 5,0 kütlə % VZ və EBB + 5,0 kütlə % VZ nümunələri seçilmişdir. 130-200 °C aralığında tökmənin temperatur rejiminin xassələrə təsirinin nəticələri təqdim edilmişdir. Tökmə təzyiqi 50-150 MPa arasında tənzimlənirdi. Nümunə olaraq, cədvəl 3-də temperatur rejiminin və tökmə təzyiqinin EBB + 5,0 kütlə % VZ əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələrinə təsiri nəzərdən keçirilmişdir. Cədvəl 3-dən görüldüyü kimi, zonalar üzrə material silindrinin temperaturu artdıqca, dağıdıcı gərginliyində və əyilmədə elastiklik modulunun qiymətində bir qədər artım müşahidə olunur. Tökmə təzyiqinin artması ilə nanokompozitlərin gücləndirici təsiri nəzərəcarpacaq dərəcədə artır. Bu hal onunla izah olunur ki, tökmə təzyiqi və temperaturu artdıqca nümunə pres-formada maksimum dərəcədə sıxılır ki, bu da nanokompozitlərin möhkəmliyinin və büzülməsinin yaxşılaşması ilə nəticələnir. Eyni zamanda, tökmə maşınlarında şnek silindrlərinin üstünlüyü ondan ibarətdir ki, kompozitləri bunkerdən başlıға daşıyarkən, dozalama zonasındakı material intensiv qarışdırılır, əridilir və pres-formaya püskürülmədən əvvəl bütün həcmi boyunca müəyyən bir temperatura qədər bərabər şəkildə qızdırılır. Tədqiq

olunan temperatur rejimində və tökmə təzyiqində həcmi sıxılma 0,56-dan 0,11%-ə qədər yəni 5,1 dəfə azalır.

### Cədvəl 3.

#### EHB + 5,0 kütlə % VZ əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin xassələrinə temperatur rejiminin və tökmə təzyiqinin təsiri

Zonalar üzrə temperatur, T, °C	Tökmə təzyiqi, MPa	Dağıdıcı gərginlik, MPa	Əyilmədə elastiklik modulu, MPa	Sıxılma, %
140-150-160-170	50	30,3	1407	0,56
140-150-170-180		30,5	1425	0,56
140-150-180-190		31,0	1436	0,55
140-160-190-200		31,0	1445	0,52
140-150-160-170	100	30,7	1425	0,32
140-150-170-180		30,7	1438	0,32
140-150-180-190		31,4	1503	0,30
140-160-190-200		31,6	1510	0,27
140-150-160-170	150	31,0	1433	0,17
140-150-170-180		31,5	1440	0,17
140-150-180-190		32,2	1489	0,11
140-160-190-200		32,2	1517	0,11

Daha yüksək tökmə temperaturu rejimində, enerji xərclərinin artmasına və avadanlığın məhsuldarlığının azalmasına təsir edən “əks axın” müşahidə edilmişdir, lakin bu zaman xassələrdə daha da yaxşılaşma effekti nəzərə çarpmamışdır. Tökmənin aşağı temperatur şəraitində nümunənin pres-formaya tam dolmaması təhlükəsi var ki, bu da son dərəcə yolverilməzdir. Pres-formanın temperaturunun və təzyiq altında saxlama müddətinin nanokompozitlərin xassələrinə təsiri öyrənilmişdir.

Dissertasiya işində EBB, EHB-nın VZ və KTL kimi mineral doldurucularla müxtəlif kombinasiyaları əsasında alınmış nanokompozitlərin əsas fiziki-mexaniki xassələrinə tökmənin texnoloji parametrlərinin təsiri ətraflı müzakirə edilmişdir. Onların emalı üçün optimal şərtlər müəyyən edilmişdir.

## 5. Nanokompozitlərin ekstruziya üsulu ilə emalı

Məlumdur ki, plastik kütlələrin ekstruziya üsulu ilə emalı yalnız

xüsusi növ konstruksiya məmullatlarını əldə etməyə imkan vermir, həm də komponentlərin qarışdırılması prosesində polimerlərin modifikasiyası üçün effektiv üsuldur. Reaksiyalı ekstruziyanın üstünlüyü ondan ibarətdir ki, EBB və EHB kimi birgə polimerlər əsasında nanokompozitlərin tikilməsi prosesində yeni növ polimer materiallar sintez edilir ki, burada nanohissəciklərin polimer matris ilə məcburi uyğunluğu əldə edilir. Bu cür uyğunluq doldurucu hissəciklərinin polimer matrisin fəzaca tikilmiş quruluşunda saxlanması nəticəsində baş verir. Cədvəl 2-də göstərilmişdir ki, tikilmiş nanokompozitlər əldə etmək üçün ən optimal, tərkibində 5,0 kütlə % doldurucu və 0,5 % DP saxlayan EHB və ya EBB əsasında olan kompozisiyadır. Vulkanlaşdırıcı agentlərin nisbətən az miqdarda istifadəsi kifayət qədər yüksək fiziki- mexaniki xassələrə malik nadir torlu fəza quruluşlu nanokompozitin formalaşmasına kömək edir. Cədvəl 4-də EBB əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin əsas xassələrinə ekstruziyanın texnoloji parametrlərinin təsirinə dair nəticələr verilmişdir. Cədvəldəki məlumatları müqayisə edərək qeyd etmək olar ki, doldurucunun növündən asılı olmayaraq, nanokompozitlərdə dağıdıcı gərginlik və nisbi uzanmada daha yaxşı göstəricilər material silindrin 140-165-175-190-200 °C temperaturunda və 112-118 saniyə saxlama müddətində əldə edilir.

Cədvəl 4-dən görüldüyü kimi, ekstruziyanın temperatur rejiminin artması ilə nanokompozitin material silindrində qalma müddətində də qanunauyğun azalma müşahidə olunur. Nanokompozitin material silindrində qalma müddətinin azalması faktının özü onunla bağlıdır ki, ekstruziyanın temperatur rejiminin artması ilə ərintinin özlülüyü azalır, bu da ekstruderin məhsuldarlığını artırmağa kömək edir. İstisna 5 və 10 nömrəli temperatur rejimidir ki, burada, əksinə, materialın material silindrində qalma müddətini artırmağa imkan verir. Bu vəziyyət son dərəcə vacibdir və onu göstərir ki, ekstruziyanın nisbətən yüksək temperatur rejimində, birgə polimerin və təbii doldurucunun növündən asılı olmayaraq, şnekin fırlanması zamanı material silindrində özlülük o qədər azalır ki, dozalama zonasında nanokompozit ərintisinin “əks axını” baş verir.

Ərintinin əks axınının meydana gəlməsi polimer materialın formalaşdırıcı başlığa verilmə sürətinin azalmasına səbəb olur, yeni

ekstruderin məhsuldarlığının azalması və müvafiq olaraq materialın material silindrində qalma müddətinin artması müşahidə olunur.

**Cədvəl 4.**

**EBB, təbii minerallar (KTL və VZ) və 1,0 kütlə % alizarin (Aliz) və 1,0 kütlə % kalsium stearat (KS) əsasında hazırlanmış nanokompozitlərin əsas fiziki-mexaniki xassələrinə ekstruderin material silindrinin temperatur rejiminin təsiri**

№	Material silindrin temperatur rejimi, °C	Ərintinin ekstruderdə qalma müddəti, san.	Dağıdıcı gərginlik, MPa	Nisbi uzanma, %
	93 EBB + 5 kütlə % KTL + 1 % Aliz. + 1 % KS			
1	140-160-170-180-185*	153	29,2	395
2	140-165-175-185-190*	141	30,3	410
3	140-165-175-190-200*	118	32,9	480
4	140-165-180-195-210*	97	28,7	455
5	140-170-185-210-230*	114	28,0	410
	93 EBB + 5 kütlə % VZ + 1 % Aliz. + 1 % KS			
6	140-160-170-180-185*	145	30,0	490
7	140-165-175-185-190*	134	31,7	500
8	140-165-175-190-200*	112	32,3	515
9	140-165-180-195-210*	95	31,8	515
10	140-170-185-210-230*	124	29,5	475

Qeyd:\* – ekstruderin başlığında temperatur

İşdə EHB və KTL, VZ təbii minerallar əsasında alınmış nanokompozitlər üçün ekstruziyanın temperatur rejiminin təsiri anoloji şəkildə tədqiq edilmişdir. Aparılmış texnoloji tədqiqatların nəticələri “METAK” MMC-də sınaq aktı təsdiq edilmişdir.

**ƏSAS NƏTİCƏLƏR**

1. İlk dəfə olaraq etilen birgə polimerləri (EBB və EHB) və hissəciklərinin ölçüsü 110 nm-ya qədər olan KTL və VZ təbii mineralları əsasında alınmış nanokompozitlərin quruluş



xüsusiyyətləri və fizik-mexaniki xassələri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, nanokompozitlərin möhkəmlik xüsusiyyətlərinin maksimal göstəriciləri etilen əsasında birgə polimerlərin tərkibinə 5,0 kütlə % mineral nanohissəciklər daxil etdikdə əldə edilir. Dağıdıcı gərginlik və əyilmədə elastiklik modulu 13-16 % artmışdır. Əlavə olaraq alizarin və kalsium stearat kimi inqredientlərin istifadəsi nanokompozitlərin möhkəmlik xassələrinin 20-22 % artmasına səbəb olmuşdur. Fazalararası sahədə baş verən proseslər nəzərə alınmaqla nanokompozitlərin gücləndirilməsi mexanizmi nəzərdən keçirilmişdir [1, 6, 9, 13, 18, 22].

2. İlk dəfə olaraq müəyyən edilmişdir ki, doldurucunun eyni miqdarında EBB və EHB əsasında hazırlanmış nanokompozitlər dispers doldurulmuş kompozitlərlə (hissəciklərinin ölçüsü 300-4000 nm) müqayisədə nisbətən yüksək deformasiya-möhkəmlik xüsusiyyətləri və ərintinin axıcılığı ilə xarakterizə olunurlar. Göstərilmişdir ki, hissəciklərin ölçüsündən asılı olmayaraq, doldurucunun (KTL və VZ) miqdarı 1,0 kütlə %-dən 20 kütlə %-dək artıqca kompozit materialların istiliyə davamlılığının 6-10 °C artması istiqamətində ümumi tendensiya müşahidə edilir [2, 4, 9, 10, 11, 15, 22, 23].
3. İlk dəfə olaraq nanokompozitlərin fiziki-mexaniki xassələrinə tikici agentlərin (DP və kükürdün) təsiri ayrılıqda tədqiq edilmişdir. Tikici agentlərin optimal miqdarının müəyyən edilməsi (0,5 kütlə % DP və 3,0-5,0 kütlə % kükürd) nümunələrin ƏAG-nı qənaətbəxş səviyyədə saxlamaqla nisbətən yüksək istilik davamlılığına və dağıdıcı gərginliyə malik nanokompozitlər əldə etməyə imkan verdi. Polimer-mineral sistemlərdə və onların vulkanizatlarında molekulüstü quruluşun formalaşmasının ən ehtimal olunan mexanizmi nəzərdən keçirilmişdir [8, 20, 21, 33, 34].
4. Kanavets üsulundan istifadə etməklə EHB, EBB və mineral doldurucular əsasında alınmış nanokompozitlərin bərk vəziyyətdən özlü-axıcı vəziyyətə temperatur keçidlərini təyin etməyə imkan verən termomexaniki xassələri öyrənilmişdir. Göstərilmişdir ki, etilen birgə polimerlərin tərkibində VZ və ya KTL-nin miqdarının 5,0 kütlə %-dən 20 kütlə %-dək artması nanokompozitlərin istiliyə

davamlılığının 2 °C-dən 11°C-dək bir qədər artmasına gətirib çıxarır [12, 16, 24, 28].

5. Etilen bircə polimerləri və mineral doldurucular əsasında alınmış DP ilə vulkanlaşdırılmış nanokompozitlərin termomexaniki xüsusiyyətləri tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, DP-nin miqdarının 0,25 kütlə %-dən 2,0 kütlə %-ə qədər artması ilə nanokompozit nümunələrinin temperaturdan asılı olaraq deformasiyalarının dəyişmə qanunauyğunluğunda əhəmiyyətli fərqlər müşahidə olunur. DP-nin miqdarı 0,25-0,5 kütlə %-ə bərabər olduqda, nanokompozitlərin termomexaniki əyrilərində 3 faza halları: bərk, yüksək elastik və özlü-axıcı müşahidə olunur. Nanokompozitlərin tərkibində DP-nin miqdarının 2,0 kütlə %-ə qədər daha da artması termomexaniki əyrilərdə sıx tikilmiş nümunələr üçün xarakterik olan 2: bərk və şüşəvari vəziyyətin aşkar edilməsi müşahidə edilmişdir. Vulkanlaşdırıcı agent olaraq kükürddən istifadə etdikdə, onun miqdarından asılı olmayaraq bütün nümunələr bərk, yüksək elastik və özlü-axıcı olmaqla üç fiziki vəziyyətlə xarakterizə olunurlar [13, 14, 16, 21, 24, 28, 32, 35].
6. Temperaturundan, KTL və VZ-nin miqdarından asılı olaraq etilen bircə polimerləri əsasında alınmış nanokompozitlərin reoloji xassələri tədqiq edilmişdir. 190-250 °C geniş temperatur diapazonunda və 2,16-21,6 kq yük altında nanokompozitlərin axın əyriləri, ərintinin özlülüyünün yerdəyişmə sürətindən və temperaturdan asılılığı, özlü axının aktivləşmə enerjisi müəyyən edilmişdir. Gətirilmiş özlülüyün gətirilmiş yerdəyişmə sürətindən ( $\lg\eta_s/\eta_0$ ) asılılıqlarının təyini yolu ilə universal temperatur-invariant xüsusiyyətlərinin tədqiqi, nanokompozitlərin ekstruziya və təzyiq altında tökmə üsulları ilə emal şəraitinə yaxın olan ərintinin özlülüyünü proqnozlaşdırmağa imkan verdi [3, 5, 7, 8, 13, 17, 20].
7. Pilləli dilatometriya metodundan istifadə etməklə nanokompozitlərin xüsusi, sərbəst və tutmuş xüsusi həcmnin temperaturdan asılılığı öyrənilmişdir. Doldurucunun miqdarından asılı olaraq nanokompozitlərin kristallaşmasının başlanğıc və şüşələşmə temperaturunu qiymətləndirməyə imkan verən birinci və

ikinci növ faza keçidləri müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, KTL və VZ-nın miqdarının artması ilə nanokompozitlərin sərbəst xüsusi həcmində nəzərəcarpacaq dərəcədə azalma və şüşələmə temperaturunda artım müşahidə olunur. Nanokompozitlərin kristallaşma mexanizmi müəyyən edilmişdir. Göstərilmişdir ki, KTL və VZ-nın miqdarı 5,0 kütlə %-dən çox olduqda, kristallaşma mərkəzlərinin davamlı formalaşması ilə kristallik törəmələrin lövhə şəkilli böyümə növünün bir ölçülüyə keçməsi ilə sferolitlərin böyümə mexanizmində dəyişiklik baş verir [13, 14, 15, 19, 26, 29].

8. Nanokompozitlərin dağıcı gərginliyinə, nisbi uzanmasına və həcmi sıxılmasına temperaturun, tökmə təzyiqinin, presformanın temperaturunun və təzyiq altında saxlanma müddətinin təsirini qiymətləndirməyə imkan verən, “МЕТАК” MMC şirkəti ilə bağlanmış müqaviləyə əsasən plastik kütlələrin emalı üçün nəzərdə tutulmuş sənaye aqreqlərində eskperimental tədqiqatlar aparılmışdır. Nanokompozitlərin reaksiyalı ekstruziyasının optimal texnoloji rejimi müəyyən edilmişdir. Texniki məqsədlər üçün yüksək keyfiyyətli konstruksiya məmulatlarının istehsalında onların praktiki istifadəsinin perspektivli imkanlarını təsdiq edən nanokompozitlər üçün sınaq akt alınmışdır (müqavilə və sınaq aktı əlavələrdə təqdim olunur) [6, 22, 25, 27, 30, 31].

### **Dissertasiya işi üzrə dərc edilmiş elmi əsərlər:**

- 1 Кахраманов, Н.Т. Деформационно-прочностная характеристика наполненных полимерных материалов / Н.Т. Кахраманов, У.М. Мамедли, И.В. Байрамова // Elmi məcmuələr (Milli Aviasiya Akademiyası), – Bakı: – 2017. T. 19. № 3, – s. 47-54.
- 2 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В., Гаджиева, Р.Ш. Проблемные вопросы механо-химической модификации полиолефинов // Тезисы докладов Конференции, посвященной 94-летию юбилею общенационального лидера Г.А. Алиева, – Гянджа: – 04-05 май, – 2017, – с. 274-276.

- 3 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В., Кахраманлы, Ю.Н., Гаджиева, Р.Ш. Реологические особенности течения нанокompозитов на основе сополимера этилена с бутиленом и природного минерала везувиана // Международная научно-техническая конференция «Нефтехимический синтез и катализ в сложных конденсированных системах», посвященная 100-летию академика Б.Г. Зейналова, – Баку: – 29-30 июня, – 2017, – с. 233.
- 4 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В., Мамедли, У.М. Нанокompозиты и полимерное материаловедение // «Funksional monomerlər və xüsusi xassəli polimer materiallar: problemlər, perspektivlər, və praktiki baxışlar» mövzusunda Beynəlxalq elmi konfransın materialları, – Sumqayıt: – 15-16 noyabr, – 2017, – s. 198-200.
- 5 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В. Особенности течения расплава нанокompозитов на основе линейного полиэтилена низкой плотности // Gəncə Dövlət Universiteti. Beynəlxalq konfrans “Müasir təbiət və iqtisad elmlərinin aktual problemləri”, – Gəncə: – 4-5 may, – 2018, V hissə, – s. 128-131.
- 6 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В., Мамедли, У.М. Полимерные нанокompозиты это перспективные конструкционные материалы // Ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 95-ci ildönümünə həsr olunmuş “Gənclər və elmi innovasiyalar” Respublika Elmi-texniki konfransı, Azərbaycan Texniki Universitet, – Bakı: – 3-5 may, – 2018, – s. 161-162.
- 7 Кахраманов, Н.Т. Реологические характеристики нанокompозитов на основе клиноптиллолита и линейного полиэтилена низкой плотности / Н.Т. Кахраманов, Н.С. Косева, Р.В. Курбанова, И.В. Байрамова, Н.Б. Арзуманова, А.Д. Исмайлзаде // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология, – Иваново: – 2018. Т. 61. № 7, – с. 106-113.

- 8 Кахраманов, Н.Т. Реологические свойства нанокompозитов на основе линейного полиэтилена низкой плотности и везувиана / Н.Т. Кахраманов, И.В. Байрамова, С.С. Песецкий, Н.Б. Арзуманова, Р.В. Курбанова, Ю.Н. Кахраманлы // Пластические массы, – Москва: – 2018. № 9-10, – с. 52-55.
- 9 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В., Мамедли, У.М., Исмайлзаде, А.Д. Физико-механические свойства нанокompозитов на основе линейного полиэтилена низкой плотности и везувиана // Akademik V.S. Əliyevin 110 illik yubileyinə həsr olunmuş “Nəft emalı və nəft kimyasının innovativ inkişaf perspektivləri” adlı Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans, – Bakı: – 9-10 oktyabr, – 2018, – с. 192.
- 10 Байрамова, И.В., Кахраманов, Н.Т., Аллаhverдиева, Х.В. Нанокompозиты на основе линейного полиэтилена низкой плотности и монтмориллонита это перспективные конструкционные материалы // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-ci ildönümünə həsr olunmuş “Tədris prosesində elmi innovasiyaların tətbiqi yolları” mövzusunda Respublika elmi-praktiki konfrans, – Lənkaran: – 7-8 may, – 2019, – s. 81-82.
- 11 Кахраманов, Н.Т. Свойства нанокompозитов на основе везувиана и сополимера этилена с гексеном / Н.Т. Кахраманов, И.В. Байрамова, У.М. Мамедли, А.Д. Исмайлзаде, В.С. Осипчик // Пластические массы, – Москва: – 2019. № 5-6, – с. 36-39.
- 12 Байрамова, И.В. Реологические свойства нанокompозитов на основе везувиана и сополимера этилена с гексеном // – Черноголовка: Композиты и наноструктуры, – 2019. Т. 11. № 3 (43), – с. 119-124.
- 13 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В. Свойства нанокompозитов на основе везувиана и сополимеров этилена с гексеном // Международная научно-техническая конференция «Полимерные композиты и трибология» Поликомтриб-2019, – Гомель: – 25-28 июня, – 2019, – с. 33.

- 14 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В. Нанокompозиты на основе природных минералов и сополимеров этилена с гексеном // Международная научная конференция, посвященная 90-летию юбилею ИНХП им. Мамедалиева по теме «Актуальные проблемы современной химии», – Баку: – 2-4 октября, – 2019, – с. 323.
- 15 Байрамова, И.В., Кахраманов, Н.Т. Термомеханические свойства нанокompозитов на основе клиноптилолита и сополимера этилена с гексеном // Международная научная конференция, посвященная 90-летию юбилею ИНХП им. Мамедалиева по теме «Актуальные проблемы современной химии», – Баку: – 2-4 октября, – 2019, – с. 324.
- 16 Байрамова, И.В. Реологические свойства нанокompозитов на основе линейного полиэтилена низкой плотности // «Kimya texnologiyası və mühəndisliyinin innovativ inkişaf perspektivləri» Beynəlxalq elmi konfransın tezisləri və materialları, – Sumqayıt: – 28-29 noyabr, – 2019, – s. 189-190.
- 17 Qəhrəmanov, N.T., Polimer kompozisiyası, İxtira İ 2022 0063, Azərbaycan Respublikası / Bayramova İ.V., İsmayılzadə A.D.
- 18 Кахраманов, Н.Т. Закономерности кристаллизации нанокompозитов на основе сополимера этилена с бутиленом и природными минеральными наполнителями / Н.Т. Кахраманов, И.В. Байрамова, Ю.Н. Кахраманлы, Х.В. Аллахвердиева, У.В. Намазлы, Р.Ш. Гаджиева, С.Р. Абдалова // Azerbaijan Journal of Chemical News, – Baku: – 2020. V. 1. № 1, – p. 21-28.
- 19 Bayramova, I.V. Rheological Properties of Nanocomposites Based on Bifunctional Clinoptilolite and Ethylene/Hexene Copolymer // – Baku: Azerbaijan Chemical Journal, – 2020. № 2, – с. 83-89.
- 20 Кахраманов, Н.Т. Свойства и термомеханические характеристики композитов и их вулканизатов на основе сополимера этилена с бутиленом и природными минералами / Н.Т. Кахраманов, И.В. Байрамова, Х.В.

- Аллахвердиева, С.С. Песецкий, У.В. Намазлы // Композиты и наноструктуры, – Черногоровка: – 2020. № 3 (47), – с. 107-113.
- 21 Kakhramanov, N.T. Physicomechanical properties of nanocomposites based on copolymers of ethylene with  $\alpha$ -olefins and clinoptilolite / N.T. Kakhramanov, I.V. Bayramova, V.S. Osipchik, A.D. Ismayilzade, S.R. Abdalova, I.A. Ismayilov, U.V. Namazli // Azerbaijan Chemical Journal, – Baku: – 2020. № 4, – с. 22-27.
- 22 Байрамова, И.В. Свойства нанокompозитов на основе везувиана и сополимера этилена с гексеном // I-я Международная конференция студентов и юных исследователей, посвященная 97-летию общенационального лидера Г. Алиева, – Баку: – 8-11 июня, – 2020, – с. 24-25.
- 23 Kakhramanov. N.T. Thermomechanical Properties of Nanocomposites Based on Clinoptilolite and a Copolymer of Ethylene with Hexene / N.T. Kakhramanov, I.V. Bayramova, S.S. Pesetskiy // Inorganic Materials: Applied Research, – 2020. V. 11. № 5, – p. 1184-1190
- 24 Кахраманов, Н.Т. Влияние технологического режима литья под давлением на свойства нанокompозитов на основе линейного полиэтилена низкой плотности и природных минералов / Н.Т. Кахраманов, И.В. Байрамова, В.С. Осипчик, А.Д. Гулиев // Пластические массы, – Москва: – 2020. № 5-6, – с. 48-51.
- 25 Байрамова, И.В., Аллаxвердиева, Х.В., Намазлы, У.В., Кахраманов, Н.Т. Кинетические закономерности кристаллизации нанокompозитов на основе сополимера этилена с бутиленом и везувианом // XVII Международная конференция молодых ученых, – Минск: – 22-25 сентября, – 2020, – с. 486-488.
- 26 Байрамова, И.В., Кахраманов, Н.Т. Технологические особенности переработки нанокompозитов на основе линейного полиэтилена низкой плотности и минеральных наполнителей // Научно-практическая конференция с

- международным участием, – Севастополь: – 14-16 октября, – 2020, – с. 41-44.
- 27 Kakhramanov, N.T. Thermomechanical Properties of Nanocomposites Based on Vesuvian and Copolymer of Ethylene with Hexene / Najaf T. Kakhramanov, Ilaha V. Bayramova, Khayala V. Allahverdiyeva // Processes of petrochemistry and oil refining, – Baku: – 2021. V. 22. № 1, – p. 13-23.
- 28 Kakhramanov, N.T. Kinetic Regularities of Crystallization of Nanocomposites Based on Clinoptilolite and Ethylene-Hexene Copolymer / N.T. Kakhramanov, I.V. Bairamova, R.Sh. Gadzhieva // Inorganic Materials: Applied Research, – 2021. V. 12. № 1, – p. 13-16.
- 29 Байрамова, И.В., Кахраманов, Н.Т., Аллахвердиева, Х.В., Намазлы, У.В., Исмаилов, И.А. Физико-механические свойства нанокompозитов на основе сополимеров этилена с  $\alpha$ -олефинами и клиноптилолита // Кирпичниковские чтения – XV Международная конференция молодых ученых, студентов и аспирантов «Синтез и исследование свойств, модификация и переработка высокомолекулярных соединений», – Казань: – 29 марта – 02 апреля, – 2021, – с. 55-57.
- 30 Kakhramanov, N.T. Reactive extrusion of nanocomposites based on ethylene copolymers and mineral fillers / N.T. Kakhramanov, I.V. Bayramova, A.J. Guliyev // Inorganic Materials: Applied Research, – 2021. V. 12. № 5, – p. 1332-1337.
- 31 Байрамова, И.В., Кахраманов, Н.Т. Термомеханические свойства нанокompозитов на основе линейного полиэтилена низкой плотности // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективные технологии и материалы», – Севастополь: – 06-08 октября, – 2021, – с. 26-29.
- 32 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В., Хамедова, Л.Х. Физико-механические свойства нанокompозитов на основе сополимера этилена с гексеном и везувианом //



MSF 2022 Materials Science Of The Future: Research, Development, Scientific Training, – Nizhny Novgorod: – 5-7 april, – 2022, – с. 141.

- 33 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В. Структура и свойства нанокompозитов на основе сополимеров этилена с  $\alpha$ -олефинами и клиноптилолита // Ətraf mühitin mühafizəsi, sənaye və məişət tullantılarının təkrar emalı mövzusunda Respublika Konfransının Materialları, – Gəncə: – 24-25 noyabr, – 2022, – s. 86-88.
- 34 Кахраманов, Н.Т., Байрамова, И.В., Абдалова, С.Р. Свойства и термoдеформационные характеристики композитов и их вулканизатов на основе сополимера этилена с бутеном и природными минералами // Ətraf mühitin mühafizəsi, sənaye və məişət tullantılarının təkrar emalı mövzusunda Respublika Konfransının Materialları, – Gəncə: – 24-25 noyabr, – 2022, – s. 89-91.





Dissertasiyanın müdafiəsi «20» sentyabr 2024-cü il tarixində saat 10<sup>00</sup>-da Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən FD 1.28 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 5004, Sumqayıt şəhəri, S. Vurğun prospekti, 124

Dissertasiya ilə Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Polimer Materialları İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları <http://amea-pmi.az/> rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat «02» iyul 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 24.06.2024  
Kağızın formatı: A5 (60×90 1/16)  
Həcm: 40009  
Tiraj: 30 nüsxə