

## POLIETİLEN ƏSASLI NANOGİL ƏLAVƏLİ NANOKOMPOZİTLƏRİN MEXANİKİ PARÇALANMASINDA MOLEKULAR PROSESLƏRƏ XARİCİ AMİLLƏRİN TƏSİRİ

A.R. SADIQOVA<sup>1</sup>, R.Z. İBAYEVA<sup>1</sup>, P.B. ƏSİLBƏYLİ<sup>1</sup>, R.R. ƏSİLBƏYLİ<sup>2</sup>,  
N.C. MƏMMƏDOV<sup>3</sup>, V.Ə. ƏLƏKBƏROV<sup>1</sup>

1.AMEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,  
AZ1073, Bakı, Azərbaycan, prospect H. Cavid 131  
e-mail: [arzu-sadigova@mail.ru](mailto:arzu-sadigova@mail.ru)

2. Azərbaycan Respublikası Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Akademiyası, AZ1089, kənd.  
Hövşan, küç. E. Qasimov, Bakı, Azərbaycan.  
3. Azərbaycan Dövlət Aqrar Universiteti, Atatürk prospekti 450, Gəncə, Azərbaycan.

Polietilen və onun əsasında müxtəlif faizlərdə nanogil əlavə edilmiş nanokompozitlərin mexaniki ( $\sigma$ ) möhkəmliyinə elektrik boşalmasının və bir ox boyunca uzanma dərəcəsiindən asılı olaraq oriyentasiyanın təsiri tədqiq edilmişdir. Xarici amillərin təsiri ilə quruluşda baş verə bilən dəyişikliklə infraqırmızı spektrometri ilə qeydə alınmış və  $\sigma$  ilə qarşılaşdırılmışdır. Köhnəlmədən sonra makromolekulları əmələ gətirən atomlararası kimyəvi rabitələrin qırılması nəticəsində karbonil qruplar (C=O) yaranır və  $\sigma$ -nı azaldır.  $\sigma$ -nın azalması PE-də nanokompozitə nisbətən daha çoxdur. Nanogil destruktiv proseslərdə, daha aktivdir.

**Açar sözlər:** nanogil, nanokompozit, elektrik sahəsi, karbonil qrup.

### 1. Giriş

Yeni kompleks xassələrə malik materiallara ehtiyac yarandığında yenidən polimer sintez etmək və onların istehsalını inkişaf etdirmək məqsədə uyğun deyildir. Bu çox uzun, bahalı və mürəkkəb bir yoldur və hər zaman da müvəffəqiyyətlə nəticələnmişdir. Məsələnin perspektiv həllərindən biri mövcud polimerlərin fiziki modifikasiyasını dəyişmək və ya onlara yeni kompleks xüsusiyyətlər verməklə daha davamlı etmək üçün başqa təbiətə və quruluşa malik maddələrin əlavə edilməsidir. Ona görə də, təsadüfi deyil ki, son illərdə polimerlər fizikası və kimyasında əsas yer kompozit materialların alınması və istifadəsi tutur [1].

Araşdırmalarda [2 – 6] polielefinlər əsasında NG əlavəli nanokompozitlərin mexaniki və elektrik parçalanmasında NG-in roluna baxılmışdır. Xarici amillərin təsiri ilə fiziki xassələrdə baş verən dəyişikliklər göstərdi ki, polimerlər və polimer maddələrdə parçalanmalar makromolekulları təşkil edən atomlararası kimyəvi rabitələrin qırılması ilə başlayır. Quruluşda yaranan belə dəyişiklikləri fiziki xassələrlə qarşılaşdıraraq xarici amillərin təsiri ilə baş verən molekulyar prosesləri öyrənməklə parçalanma mexanizmini izah etmək mümkündür.

PE plastik material olmaqla yüksək mexaniki və elektrik möhkəmliyi, yüksək kimyəvi dayanıqlılıq, aşağı nəm və qaz keçiriciliyi ilə fərqlənir. Asan emal olunur, üzvi və qeyri-üzvi əlavələrlə yaxşı qarışa bilər. İstismar temperaturu 100-120°C-dir. Təmiz və kanalizasiya suyunun axıdılması üçün plastik boru istehsalında, izolyasiya materialı kimi kabel sənayesində və məişət əşyalarının hazırlanmasında geniş istifadə olunur. Hər nə qədər keyfiyyətli xam maddə olsa da istismar müddətində xarici amillərin təsiri ilə parçalanması qaçılmazdır. İstismar müddəti tamamlanan polimer məhsulları-

nın yenidən istifadəsi (geri dönüşümü) çətin olduğundan ətraf mühitin kirlənməsinə səbəb olurlar. Keyfiyyəti yaxşılaşdırılmış məhsullar zaman keçdikcə köhnəlirlər, parçanırlar. Xarici amillərin təsiri ilə polimer materialların parçalanmasını araşdırmaq, həm elmi və həm də praktik cəhətdən vacibdir. Parçalanma səbəblərini öyrənməklə polimer maddələrin xassələrini dəyişmək və istismar zamanı yaşama müddətini artırmaq kimi önəmli bilgilər əldə etmək olar.

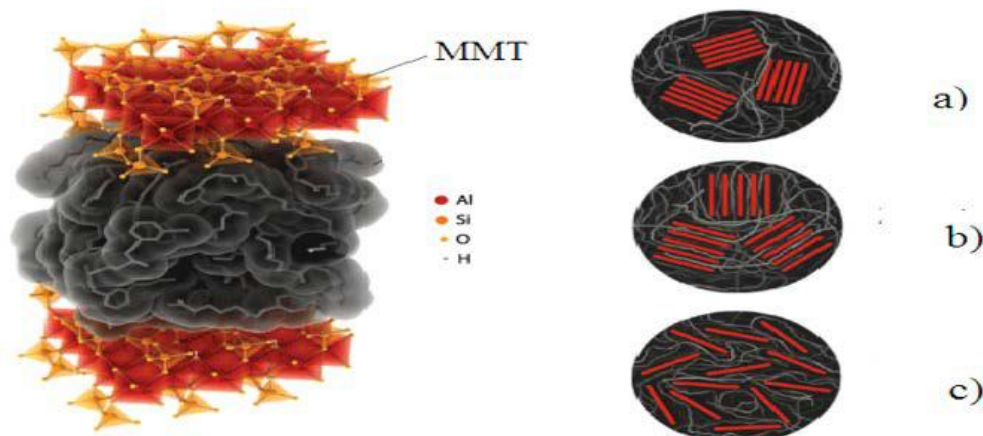
### 2. Təcrübi metodlar və nümunələrin hazırlanması

Kompozit material olaraq PE-nə daxil edilmiş qeyri-üzvi qatqı kimi Na<sup>+</sup>-montmorillonit tərkibli NG-dən istifadə edilmişdir. NG təbəqəli quruluşa malik, qalınlığı təxminən 1-3 nm, uzunluğu 50-150 nm olan gil minerallarının ümumi adıdır. Montmorillonit boz və ya ağ rəngli yüksək dispers təbəqəli silikatlardır. Kimyəvi quruluşu NaO<sub>3</sub> (Al, Mg, Fe)<sub>2</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>·nH<sub>2</sub>O şəklindədir.

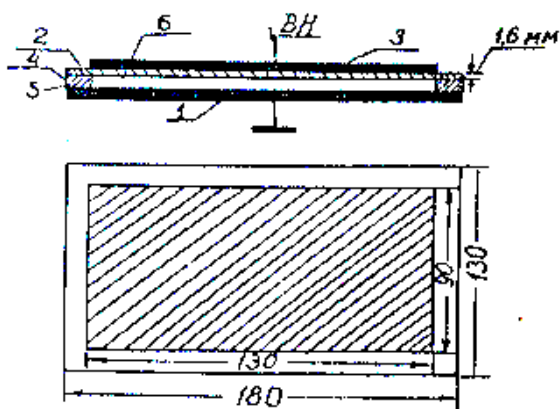
NG müxtəlif faizlərdə (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0%) toz şəklində PE-lə mexaniki qarşılaşdırıldıqdan sonra qaynar presləmə üsulu ilə nazik (50÷80 mkm) nümunələr əldə edilmişdir. Hər iki komponent toz şəklində olduğundan bircinsli qarışıq alınır.

Giannelisin [7] araşdırmalarına görə nanokompozitlərin alınması üç mərhələdə olur. (Şəkil 1).

1-ci mərhələdə taktoid meydana gəlir (a): polimer zəncirləri gilin aqlomeratlarını xaricdən örtürlər. 2-ci mərhələdə (b) zəncir seqmentləri gilin təbəqələri arasındakı boşluqlara daxil olaraq təbəqələrin 2-3 nm aralanmasına səbəb olurlar. 3-cü mərhələdə (c) gil təbəqələrinin bir-birinə nisbətən aralanması və təbəqələrin nizamsız düzülüşü başlayır, təbəqələr tamamilən ayrılırlar. Matrisada NG-in bərabər paylanması nanokompozitlərin quruluşunun qüsursuz olduğunu göstərir.



Şəkil 1. Polimer nanokompozitlərin alınması.



Şəkil 2. Elektrik boşalmasının təsiri ilə köhnəlmə qurğusu: 1-Yerlə birləşdirilən metal elektrod ; 2-Şüşə lövhə; 3-yüksək gərginlik elektrodu; 4- boşluq yaratmaq üçün şüşə təbəqələr; 5-tədqiq olunan nümunə; 6-hava aralığı.

Xarici amil olaraq iki cür təsir seçilmişdir: köhnəldici, parçalayıcı bir sözlə destabilləşdirici təsir göstərən amillər ( elektrik boşalması, elektrik sahəsi, mexaniki yük, temperatur, radiasiya, rütubət və s.) və stabilləşdirici təsir göstərən amillər (oriyentasiya, mikro əlavələr, doldurucular və s.). Polimerlərin elektrik köhnəlməsini bir çox üsullarla əldə etmək olar [6,8]. Elektrik boşalmasının təsirini öyrənmək üçün nümunələr xüsusi qurğuda köhnəldilmişdir (Şəkil 2).

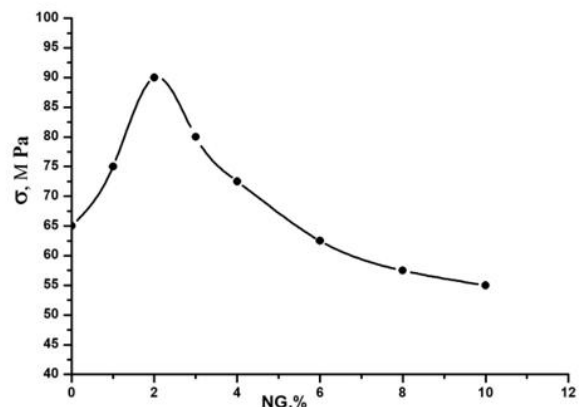
Mexaniki xassələrin dəyişməsində NG əlavəsinin rolunu araşdırmaq üçün müxtəlif saatlarda elektrik boşalmasının təsiri ilə əvvəlcədən köhnəldilmiş və müxtəlif dərəcədə oriyentasiya olunmuş nanokompozitlərin mexaniki möhkəmliyi çəkmə cihazı ilə ölçülmüşdür

[9] PE və nanokompozitlərin quruluşunda baş verən dəyişiklikləri İQ udulma spektrometri vasitəsilə 400-2500  $\text{sm}^{-1}$  tezlik aralığında alınan spektrləri incələyərək mexaniki möhkəmlikləri ilə qarşılaşdırılmışdır.

### 3. Nəticələr və izahı.

Saf polimerlər və onların əsasında alınan nanokompozitlərdən alınan məlumatlar istifadə müddətindən asılı olaraq köhnəlirlər. Köhnəlmə uzun müddətli

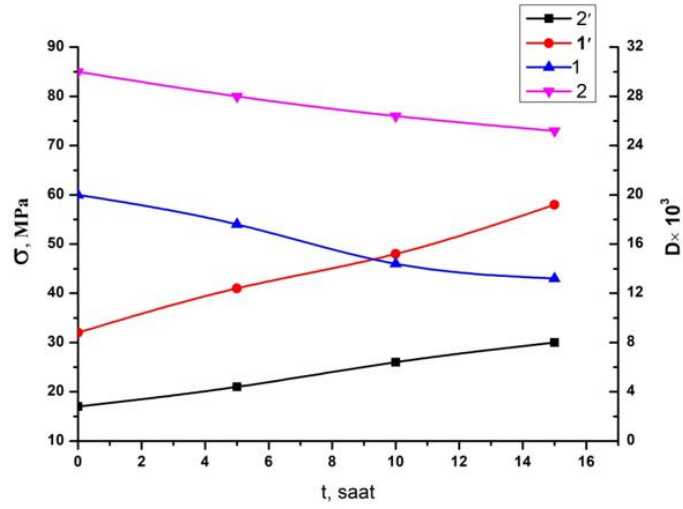
bir proses olduğundan, belə bir əməliyyatı laboratoriya şəraitində aparmaq olar. PE əsaslı NG əlavəli nanokompozitlər hazırlandıqdan sonra mexaniki möhkəmliyin əlavənin həcmi miqdarından asılılığı Şəkil 3-də göstərilmişdir. 3,0%-ə qədər  $\sigma$ -nın qiymətində artma, sonrakı faizlərdə azalma müşahidə olunur. NG-in 3,0% miqdarında nanokompozitin  $\sigma$ -sı ən böyük olur, PE-nə nisbətən 41,7% artır. Sonrakı təcrübələr optimal xassəyə malik PE+3,0% NG nanokompozit və PE nümunələrində müqayisəli şəkildə aparılmışdır (Şəkil 3).



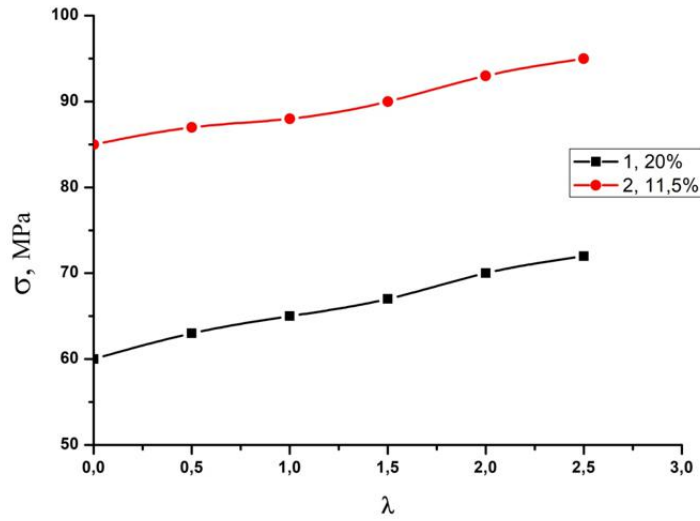
Şəkil 3. PE-nin mexaniki möhkəmliyinin NG-in miqdarından asılılığı.

Üzvi əlavələrlə alınan polimer kompozitlərdə xassələri ən yaxşı olan kompozit nümunələr əlavənin 15-20% miqdarında olduğu halda [9, 10, 11] qeyri-üzvi əlavələrlə alınan kompozitlərdə ən yaxşı xassəli nümunələr əlavənin 3,0-5,0% miqdarında müşahidə edilir. [4, 9]. 3,0% miqdarında olan NG hissəcikləri polimer matrisasında bərabər paylanaraq makromolekullar arası qarşılıqlı təsir qüvvəsini artırır.

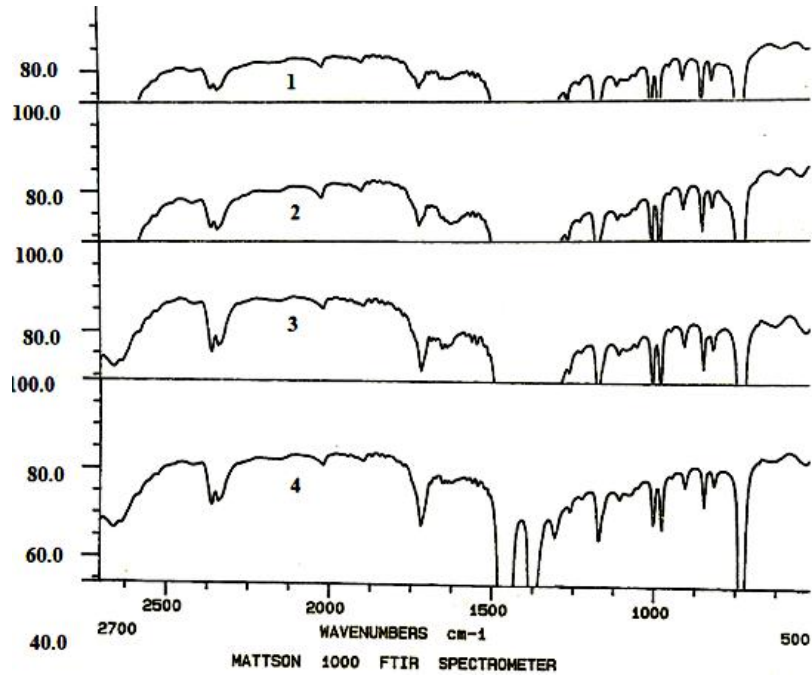
PE və mexaniki möhkəmliyi ən yüksək olan nanokompozit (PE+3,0% NG) aralarında boşluq olan iki elektrodlu sistemdən (Şəkil 2) istifadə edərək yüksək gərginlik altında ( $U \approx 9 \cdot 10^3 \text{V}$ ), müxtəlif zamanlarda ( $t=5; 10; 15$  saat) köhnəldilmişdir. Köhnəlmə nümunələrin  $\sigma$ -sının  $t$ -dən asılılığı Şəkil 4-də göstərilmişdir.  $t$  artdıqca hər iki nümunənin  $\sigma$ -sı azalır. PE-də azalma sürəti nanokompozitə nisbətən daha çoxdur.



Şəkil 4.  $\sigma$ -nın (1,2) və D-ni (1', 2') zamandan asılılığı. 1,1' ~PE, 2,2' ~PE+3,0% NG.  $\sigma$ -nın oriyentasiya dərəcəsiindən asılılığı ( $\lambda$ ) şəkil 5-də göstərilmişdir.



Şəkil 5.  $\sigma$ -nın (1,2) oriyentasiya dərəcəsiindən asılılığı. 1 ~PE, 2 ~PE+3,0% NG.



Şəkil 6. PE-nin İQ spektri of PE: 1~t=0; 2~t=5 saat; 3~t=10 saat; 4~t=15 saat ( $U=9 \cdot 10^3$ V).

$\lambda$  artdıqca  $\sigma$ -nın qiymətinin artması hər iki nümunə üçün fərqlidir. PE-nin  $\sigma$ -sı nanokompozitə nisbətən daha çoxdur.

Köhnəlmə müddətindən asılı olaraq  $\sigma$ -nın azalmasını izah etmək üçün nümunələrin quruluşunda baş verən dəyişikliklər İQ spektroskopik üsulla ölçülmüşdür (Şəkil 6).

Spektrlərdən alınan nəticələrə görə hesablanmış optik sıxlığın ( $D_{1720}$ )  $t$ -dən asılılığı şəkil 4-də göstərilmişdir.  $D_{1720}$ -nin qiymətinin artması makromolekularda qırılan rabitələrin hesabına karbonil qrupların (C=O) yaranmasıdır. Boşalmanın sonrakı təsir müddətində rabitələrin qırılması daha intensiv getdiyi üçün  $D_{1720}$ -nin artması ( $\sigma$ -nın azalması) sürətlənir. Nanokompozitdə NG rabitələrin qırılmasına mane olur və

antioksidləşmə rolunu üstlənir. Elektrik boşalması və oriyentasiyanın təsirindən əvvəl və sonra PE və nanokompozit üçün  $\sigma$ -nın qiyməti cədvəldə göstərilmişdir.

Mexaniki və elektrofiziki xassələr üstmolekulyar quruluşun dəyişməsindən asılıdır [6]. Polimerlərə daxil edilən əlavələr, oriyentasiya, temperatur işləmələri və s. üstmolekulyar quruluşu dəyişdirə bilər.  $\lambda$ -dan asılı olaraq  $\sigma$ -nın nanokompozitə nisbətən PE-də çox artmasının səbəbi oriyentasiya prosesi NG-in rolunu üstləməsi ilə əlaqədardır.  $\sigma$  PE-də 30% artdığı halda PE+3,0% NG-də 11% artmışdır. Elektrik boşalmasının təsirindən sonra PE-də azalma 30% olduğu halda nanokompozitdə 17% olmuşdur. Yəni NG stabilizədirici amilə nisbətən destruktiv proseslərdə daha aktiv rol oynayır.

	$\sigma$ , MPa	$\sigma$ , MPa	$\Delta\sigma$ %	$\sigma$ , MPa	$\sigma$ , MPa	$\Delta\sigma$ %
	Oriyentasiya olunmamış	Oriyentasiya olunmuş $\lambda=2,5$		Köhnəlməmiş $U=0$ $t=0$	Köhnəlmiş $U=9 \cdot 10^3$ V $t=15$ saat	
PE	60	73	20	60	42	30
PE+2,0% NG	85	94	11	85	73	15,5

### Nəticə

- PE-nə əlavə edilən NG hissəciklərinin həcmi miqdarından asılı olaraq mexaniki möhkəmlik 3,0%-ə qədər artır və sonra azalma müşahidə edilir.

- Optimal xassəyə malik PE+3,0% NG nanokompozit və PE nümunələrin  $\sigma$ -sı elektrik boşalmasının tə-

sir müddətindən asılı olaraq azalırlar. PE-də azalma nanokompozitə nisbətən çoxdur, NG destruktiv proseslərdə karbonil qrupların yaranmasının qarşısını alır.

-Oriyentasiya dərəcəsindən asılı olaraq PE-də  $\sigma$ -nın artma sürəti PE+3,0% NG-ə nisbətən çoxdur. Stabilizədirici amilin təsirindən sonra NG destruktiv proseslərdə daha aktiv rol oynayır.

- [1] S. Hudson. Polyolefin nanocomposites, United States Patent №5910523, 1999.
- [2] M.A. Рамзанов, P.Л. Мамедова, A.A. Пасулова, С.А.Абасов. “Электронная обработка материалов”, 2011. Т. 47, №6, с.5-7.
- [3] M. Ramazanov, A. Hadiyeva, V. Alekperov. “Journal of Ovonic Research, 2014, v. 10, №4, p.101-107.”
- [4] Y. Özcanlı, M. Beken, F. Kosovalı Çavuş, A.A. Hadiyeva, A.R. Sadıqova and V.A. Alekperov. Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics. Vol. 12, 2017, p. 316-320.
- [5] A.R. Sadıqova, A.Ə. Hadiyeva, V.Ə.Ələkbərov. Azerbaijan Journal of Physics, №4, V.24. 2018, p.14-18.
- [6] A.P. Садыгова, И.И. Аббасов., Э.С. Сафиев, П.Б. Асилбейли., В.А. Алекперов. Nanosistemi, nanomateriali, nanotexnologii, 2019, t.17,№1. c.155-165.
- [7] E. Giannelis, N. Krishnamoorti, E. Manias. Polymer-silicate nanocomposites: model systems for confined polymers and polymer brushes. Adv. Polym. Sci. (1998), v. 138, p. 107.
- [8] Cigdem Yumuşak and Vilayet Alekberov. Fibers and Polymers, vol. 9, №1, 2002, p.15-20.
- [9] F.S. Boydaq, Y.L. Özcanlı, V.A. Alekperov, İ.Hikmet. Composites Part B6 Engineering, 37 (2006), p. 249-254.
- [10] Sh.V. Mamedov, V.A. Alekberov, Y. Lenger, D. Ören, S.A. Abasov, M. Subaşı. Polymer Composites. 1999, № 20, v.2, p. 216-224.
- [11] Sh.V. Mamedov, V.A. Alekberov, Y. Özcanlı. Macromolekular Symposia, 1999, № 146, v.2. p.55-59.

**A.R.Sadigova, R.Z. Ibayeva, P.B. Asilbeyli, R.R. Asilbeyli, N.J. Mammadov, V.A. Alekperov**

### **INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON MOLECULAR PROCESSES DURING MECHANICAL DEGRADATION OF POLYETHYLENE-BASED NANOCCLAY-ADDED NANOCOMPOSITES.**

The effect of electrical discharge and orientation on the strength ( $\sigma$ ) of polyethylene and nanocomposites based on it with different percentages of nanoclay added was studied. The change that may occur in the structure under the influence of external factors was recorded by infrared spectrometry and correlated with  $\sigma$ . After aging, as a result of the breaking of interatomic chemical bonds forming macromolecules, carbonyl groups (C=O) are formed and reduce  $\sigma$ . The decrease in  $\sigma$  is greater in PE than in nanocomposites. Nanoclay is more active in destructive processes and stabilizing processes.