

Свойства нанокompозитов на основе полиэтилена высокого давления с металлсодержащими нанонаполнителями

Н. И. Курбанова, Т. М. Гулиева, Н. Я. Ищенко

Исследовано влияние добавок нанонаполнителей (НН), содержащих наночастицы (НЧ) оксида меди, стабилизированные полимерной матрицей малеинизированного полиэтилена (МПЭ), полученные механо-химическим методом, на особенности свойств композитов на основе полиэтилена высокого давления (ПЭВД) методами рентгенофазового (РФА) и термографического (ТГА) анализов. Выявлено улучшение прочностных, деформационных и реологических показателей, а также термоокислительной стабильности полученных нанокompозитов что, по-видимому, связано с синергетическим эффектом взаимодействия медьсодержащих наночастиц с малеиновыми группами МПЭ. Показано, что нанокompозиты на основе ПЭ могут быть переработаны как методом прессования так и методами литья под давлением и экструзией, что расширяет сферы его применения.

Ключевые слова: полиэтилен (ПЭ), медьсодержащие нанонаполнители, малеинизированный полиэтилен (МПЭ), физико-механические свойства, РФА, ТГА анализы.

DOI: 10.30791/1028-978X-2020-2-48-54

Введение

В последние годы проявляется значительный интерес к композиционным материалам на основе полимерных матриц и наноразмерных частиц металлов, что обусловлено широким спектром их применения — от катализа до нанотехнологий в информационной технике

Уникальные свойства и улучшенные характеристики наноматериалов обусловлены их размерами, структурой поверхности и межфазным взаимодействием. Роль, которую играет размер частиц сравнима с ролью, которую играет химический состав частиц, добавляя ещё один параметр для проектирования и контроля поведения [1 – 3].

Развитие нанотехнологий открыло возможность проведения исследований в области композиционных наноматериалов и в настоящее время позволило перейти к созданию и использованию перспективных полимерных материалов для сенсоров, катализа, наноэлектроники, и материалов обладающих специфическими физико-механическими и эксплуатационными свойствами: повы-

шенной тепло- и электропроводностью, высокой магнитной восприимчивостью, способностью экранировать ионизирующее излучение [4 – 6].

Использование наночастиц металлов переменной валентности (медь, кобальт, никель и др.) в полимерах позволяет получать принципиально новые материалы, которые находят широкое применение в радио- и оптоэлектронике в качестве магнитных, электропроводящих и оптических сред [4, 7].

Известно, что для улучшения эксплуатационных характеристик пластмасс применяют наполнители в количестве 30 – 50 масс. %. Наполненные пластмассы используют главным образом, как конструкционные материалы [8].

В современном мире различные виды полимерных композиционных материалов на основе нанонаполнителей активно вытесняют традиционные материалы [9].

Полимерные нанокompозиты могут быть получены методом *in situ*, то есть путем полимеризации мономера в присутствии предварительно диспергируемого в реакционной среде нанонаполнителя [10]. Метод введения нанонаполнителя в расплав

полимеров является более предпочтительным. Этот метод наиболее удобен для применения в современной промышленности. Он позволяет получать нанокompозитные полимеры широкому кругу производителей, что делает этот метод перспективным и экономически выгодным [11, 12].

Модификация полиэтилена путем создания различных композиционных материалов позволяет значительно расширить области его применения. Наполненный полиэтилен занимает одно из первых мест среди наполненных термопластов. В настоящее время все больше внимания уделяется разработке композитов с наноразмерными наполнителями. Такие композиционные материалы обладают более высокими показателями, чем композиционные материалы с микро- и макронаполнителями. Введение в полиэтилен даже небольшого количества наноразмерного наполнителя может существенно повысить его физические свойства, улучшить барьерные качества, повысить термостойкость, электропроводность и др. [7, 11 – 13].

Цель представленной работы — получение и исследование свойств нанокompозитов на основе полиэтилена высокого давления с применением в качестве нанонаполнителя металлсодержащих наночастиц, стабилизированных полимерной матрицей.

Экспериментальная часть

В работе использованы: полиэтилен высокого давления марки 15803-020 (ПЭ), в качестве нанонаполнителя применялись медьсодержащие наночастицы, стабилизированные на полимерной матрице.

Нанонаполнитель (НН) содержит медьсодержащие наночастицы, стабилизированные матрицей (малеинизированного полиэтилена высокого давления (МПЭ)), полученные механо-химическим способом. Содержание наночастиц составляет

5,0 масс. %, размер — $25 \pm 1,0$ нм, степень кристалличности — 25 – 45 % [14 – 16].

Нанокompозитные полимерные материалы получены путем смешения ПЭ с медьсодержащим нанонаполнителем на лабораторных вальцах при температуре 130 – 135 °С в течение 15 мин. Для проведения механических испытаний полученные смеси прессовали в виде пластин толщиной 1 мм при 170 °С и давлении 10 МПа в течение 10 мин.

Физико-механические показатели полученных композиций определяли на приборе РМИ-250.

Предел текучести расплава (ПТР) определен на капиллярном реометре марки CEASTMF50 фирмы INSTRON (Италия) при температуре 190 °С и нагрузке 5 кг.

Рентгенофазовый анализ (РФА) полученных композиций проведен на приборе D2 Phaser фирмы Bruker (Германия).

Термостабильность исследуемых образцов нанокompозитов изучали на дериватографе марки Q-1500D фирмы MOM (Венгрия). Испытания проведены на воздухе в динамическом режиме при нагреве образца 5 град·мин⁻¹ от 20 до 500 °С, навески 100 мг, чувствительности каналов ДТА-250мкВ, ТГ-100, ДТГ-1 мВ.

Результаты и их обсуждение

Получены нанокompозитные полимерные материалы на основе ПЭ с медьсодержащим нанонаполнителем. Соотношение исходных компонентов (масс. %): ПЭ/НН = 100/(0,3; 0,5; 1,0).

Исследованы физико-механические, реологические, теплофизические и термические свойства полученных нанокompозитов.

В табл. 1 представлены физико-механические и реологические показатели полученных композиционных материалов.

Как видно из данных табл. 1, введение в состав композиции 0,3 – 0,5 масс. % НН приводит к увели-

Таблица 1

Физико-механические и реологические показатели полученных нанокompозитов

Table 1

Physico-mechanical and rheological parameters of obtained nanocomposites

Состав композиции ПЭ/НН, масс. %	Предел прочности при разрыве, МПа	Относительное удлинение, %	Теплостойкость по Вика, °С	ПТР, г/10мин
100/0	11,39	400	130	9,9
100/0,3	12,78	720	143	10,5
100/0,5	14,06	780	135	13,7
100/1,0	11,97	660	132	20,5

чению показателя прочности от 11,39 до 14,06 МПа. Увеличение концентрации НН более 0,5 масс. % ведет к снижению прочности композита (11,97 МПа), что, вероятно, обусловлено агрегацией наночастиц, приводящей к формированию микродефектов в объеме полимерной матрицы. Увеличение концентрации НН приводит к росту величины деформации при разрыве композита в 1,65 – 1,95 раз, что, по-видимому, связано с синергетическим эффектом, связанным с наличием медьсодержащих наночастиц в матрице МПЭ, содержащей малеиновые группы, взаимное влияние которых способствует увеличению как величины деформации, так и показателя прочности. Исследование теплостойкости по Вика полученных композиций показало, что введение в состав ПЭ нанонаполнителя приводит к увеличению показателя теплостойкости от 130 до 143 °С. При этом введение 0,3 масс. % НН повышает показатель теплостойкости до 143 °С, дальнейшее увеличение количества НН ведет к снижению показателя теплостойкости, что обусловлено, вероятно, микродефектностью полученного композита. В то же время, увеличение содержания НН с 0,5 до 1,0 масс. % способствует увеличению ПТР до 13,7 (0,5 масс. %) и 20,5 (1,0 масс. %) г/10 мин, что свидетельствует об улучшении текучести композиции и возможности переработки ее путем литья под давлением и экструзией.

На рис. 1 и 2 представлены дифрактограммы РФА исходного ПЭ и ПЭ с медьсодержащим нанонаполнителем. Показаны рефлексы, соответствующие исходному ПЭ, d_{hkl} : 4,11616; 3,73572; 2,97165; 2,48033; 2,34787; 2,25572; 2,22098; 2,17096; 2,10536; 2,06313; 1,93822; 1,71736; 1,66867 Å (рис. 1) и рефлексы, характерные для наночастиц

оксида меди (I), d_{hkl} : 3,02053; 2,46466; 2,13683; 1,74331; 1,51025; 1,28812 Å (рис. 2), что соответствует по картотеке ASTM ряду d_{hkl} оксида меди (I). [d-Spacings (20) – 01-071-3645 (Fixed Slit Intensity) — Cu $K_{\alpha 1}$ 1,54056 Å. Entry Date: 11/19/2008 Last Modification Date: 01/19/2011].

Термостабильность исследуемых образцов на основе ПЭ, содержащих НН с НЧ оксида меди оценивали по величине потери массы, энергии активации (E_a) распада термоокислительной деструкции, рассчитанной методом двойного логарифмирования по кривой термогравиметрии (ТГ) по методике [17], по температуре 10 %-го (T_{10}), 20 %-го (T_{20}) и 50 %-го (T_{50}) распада исследуемых образцов, а также по времени их полураспада — $\tau_{1/2}$. Полученные в результате дериватографических исследований данные приведены в табл. 2.

Показано, что введение НН, содержащего НЧ оксида меди, в состав композиции способствует повышению температуры полураспада образцов: T_{50} от 400 до 450 °С; время полураспада $\tau_{1/2}$ увеличивается от 72 до 79 мин, энергия активации E_a распада термоокислительной деструкции полученных нанокомпозитов повышается от 120,4 до 131,9 кДж/моль.

Дериватографические исследования показали, что введение НН, содержащего НЧ оксида меди, в состав композиции способствует улучшению термоокислительной стабильности полученных нанокомпозитов.

Многочисленные экспериментальные данные по механическим, прочностным, релаксационным и др. свойствам смесей полимер – полимер, полимер – наполнитель находят объяснение в рамках представлений о наличии межфазного слоя [18].

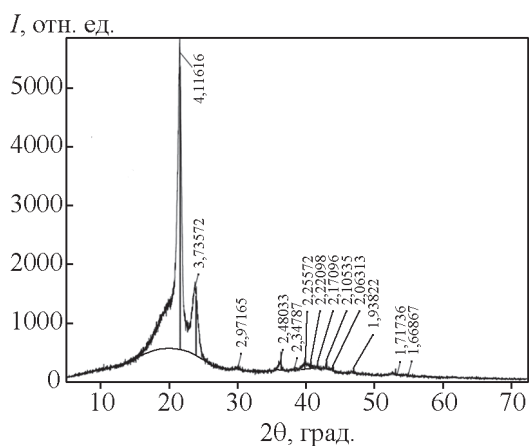


Рис. 1. Дифрактограмма образца ПЭ.

Fig. 1. Diffraction pattern of PE sample.

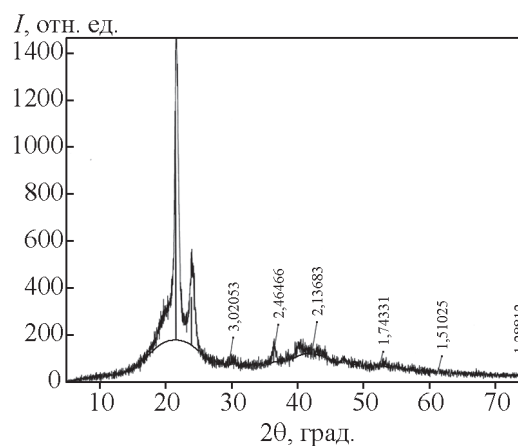


Рис. 2. Дифрактограмма образца ПЭ/НН.

Fig. 2. Diffraction pattern of PE/NF sample.

Термические свойства исследуемых образцов нанокompозитов

Table 2

Thermal properties of nanocomposites samples

Состав композиции ПЭ/НН, масс. %	Температура 10 %-го распада исследуемых образцов, T_{10} , °C	Температура 20 %-го распада исследуемых образцов, T_{20} , °C	Температура 50 %-го распада исследуемых образцов, T_{50} , °C	Время полураспада, $\tau_{1/2}$, мин	Энергия активации распада термоокислительной деструкции, E_a , кДж/моль
100/0	325	360	400	72	120.4
100/0,3	350	365	425	75	125.8
100/0,5	360	370	450	79	131.9
100/1,0	337	360	440	74	123.7

На свойства полимерных композитов заметно влияет надмолекулярная структура полимера (размер сферолитов, степень кристалличности, наличие С = О групп и разных разветвлений и т.п.) и межфазное взаимодействие на границе раздела.

Используемые в работе металлсодержащие наночастицы, располагаясь на границе межфазного слоя структурных элементов ПЭ и МПЭ, способствуют формированию в расплаве композиции гетерогенных центров зародышеобразования, которые в процессе ступенчатого охлаждения нанокompозита способствуют увеличению центров кристаллизации, приводящих в целом к улучшению процесса кристаллизации и формированию относительно мелкоферолитной структуры.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что небольшие количества НН (0,3 – 0,5 масс. %), вводимые в полимер, очевидно, играют роль структурообразователей — искусственных зародышей кристаллизации, что способствует возникновению в полимере мелкоферолитной структуры, характеризующейся улучшенными физико-механическими, реологическими и термическими свойствами полученного нанокompозита [8, с. 80, 328].

Выводы

Исследовано влияние нанонаполнителя, содержащего наночастицы оксида меди, стабилизированные матрицей малеинизированного полиэтилена, полученные механо-химическим методом, на свойства композитов на основе ПЭ.

Дифрактограммы РФА подтверждают наличие наночастиц оксида меди в составе полученных композитов на основе ПЭ.

Выявлено улучшение прочностных, деформационных и реологических показателей, а также термоокислительной стабильности полученных

нанокompозитов что, по-видимому, связано с синергетическим эффектом взаимодействия медьсодержащих наночастиц с малеиновыми группами МПЭ.

Показано, что нанокompозиты на основе ПЭ могут быть переработаны как методом прессования так и методами литья под давлением и экструзией.

Показана перспективность использования в качестве добавки к ПЭ нанонаполнителя, содержащего НЧ оксида меди, стабилизированные матрицей малеинизированного полиэтилена, полученные механо-химическим способом, что способствует созданию мелкокристаллической структуры композиции, в связи с чем улучшаются ее свойства и тем самым расширяются области применения полученного нанокompозита.

Литература

1. Koo J.H. Polymer nanocomposites. Processing, characterization and applications. New York: McGraw-Hill. Nanoscience and Technology Series, 2006, 289 p.
2. Суздаев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. Успехи химии, 2001, т. 70, № 3, с. 203 – 240.
3. Помогайло А.Д. Гибридные полимер-неорганические нанокompозиты. Успехи химии. 2000, т. 6, № 1, с. 60 – 89.
4. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000, 672 с.
5. Третьяков А.О. Полимерные нанокompозиты — материалы XXI века. Оборудование и инструменты для профессионалов, 2003, № 2 (37), с. 18 – 20.
6. Михайлин Ю.А. Полимерные нанокompозиционные материалы. Полимерные материалы, 2009, № 7, с. 10 – 13.
7. Gubin S.P., Yurkov G.Yu., Kosobudsky I.D. Nanomaterials based on metal-containing nanoparticles

- in polyethylene and other carbon-chain polymers. *International Journal of Materials and Product Technology*, 2005, v. 23, no. 1 – 2, p. 2 – 25.
8. Энциклопедия полимеров. М.: Совет. Энциклопедия. 1974, т. 2, с. 328.
 9. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. М.: Техносфера, 2008, 352 с.
 10. Антипов Е.М., Гусева М.А., Герасин В.А., Королев Ю.М., Ребров А.В., Fischer H.R., Разумовская И.В. Структура и деформационное поведение нанокомпозитов на основе ПЭ и модифицированных глин. *Высокомолекулярное соединение*, 2003, т. 45, № 11, с. 1874 – 1884.
 11. Савинова М.Е., Семенова Е.С., Соколова М.Д. Исследование физико-механических свойств ПЭ80В, модифицированного нанопирином магния и цеолитами. *Электр. научн. журн. Нефтегазовое дело*, 2011, № 6, с. 328 – 333.
 12. Yurkov G.Yu., Gubin S.P., Kozinkin A.V., Nedoseikina T.I., Shuvaev A.T., Vlasenko V.G., Kosobudskii I.D. Copper nanoparticles in a polyethylene matrix. *Inorganic Materials*, 2001, v. 37, no. 10, p. 997 – 1001.
 13. Ушаков Н.М., Кособудский И.Д., Юрков Г.Ю., Губин С.П., Записис К.В., Кочубей В.И., Ульзутуев А.Н. Новые композиционные наноматериалы с управляемыми свойствами для радиотехники и электроники. *Радиотехника*, 2005, № 10, с. 105 – 108.
 14. Kurbanova N.I., Aliyev A.T., Guliyeva T.M., Ragimova C.K., Axmadbekova C.F., Ishenko N.Y., Nurullayeva D.R. Metal-containing nanoparticles in maleinized polyethylene matrix. *PolyChar 26 World Forum on Advanced Materials*. Georgiya, 2018, Tbilisi, p. 59.
 15. Курбанова Н.И., Гулиева Т.М., Ищенко Н.Я., Алыев А.Т., Кулиев А.М. Металлсодержащие наночастицы в матрице малеинизированного полиэтилена. Международная научно-техническая конференция “Полимерные композиты и трибология” (Поликомтриб-2019). Гомель, Беларусь, 2019, 25 – 28 июня, с. 141
 16. Guliyeva T.M., Kurbanova N.I. Obtaining and study of the structure and properties of metalcontaining nanoparticles in the matrix of maleinized polyethylene. *Genc tedqiqatchi.*, 2019, no. 4, pp. 34 – 39.
 17. Практикум по химии и физике полимеров. Под ред. В.Ф. Куренкова. М.: Химия, 1990. 299 с.
 18. Помогайло А.Д. Молекулярные полимер-полимерные композиции. Синтетические аспекты. *Успехи химии*, 2002, т. 71, № 1, с. 5 – 38.
 19. Помогайло А.Д. Гибридные полимер-неорганические нанокompозиты [Hybride polymer — inorganic nanocomposites]. *Uspekhi khimii — Russian chemical reviews*, 2001, vol. 70, no. 3, pp. 203 – 240
 20. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. *Nanochastitsy metallov v polimerakh* [Nanoparticles of metals in polymers], Moscow, Khimiya Publ., 2000, 672 p.
 21. Tretyakov A.O. Polimernye nanokompозиты — materialy XXI veka [Polymer nanocomposites — materials of XXI century]. *Oborudovaniye i instrument dlya professionalov — Equipment and instruments for professionals*, 2003, no. 2(37), pp. 18 – 20.
 22. Mikhaylin Yu.A. Nanokompозитniye polimerniye materialy [Polymer nanocomposition materials]. *Polimernye materialy — Polymer materials*, 2009, no. 7, pp. 10 – 13.
 23. Gubin S.P., Yurkov G.Yu., Kosobudsky I.D. Nanomaterials based on metal-containing nanoparticles in polyethylene and other carbon-chain polymers. *International Journal of Materials and Product Technology*, 2005, vol. 23, no. 1 – 2, pp. 2 – 25.
 24. Kabanov V.A. *Enziklopediya polimerov* [Encyclopaedia of polymers]. Moscow, Soviet Encyclopedia Publ., 1974, vol. 2, 328 p.
 25. Foster L.E. *Nanotechnology: science, innovation, and opportunities*. Prentice Hall Publ., 2005, 336 p. ISBN-10: 0137025750.
 26. Antipov E.M., Barannikov A.A., Gerasin V.A. et al. Sruktura u deformazionnoye povedeniye nanokompозitov na osnove PE i modifizirovannykh glin [Structure and deformation behaviour of nanocomposites on the basis of PE and modified clays]. *Vysokomolekulyarnye soedineniya — Polymer science. Series A*, 2003, vol. 45, no. 11, pp. 1874 – 1884.
 27. Savinova M.E., Semenova E.S., Sokolova M.D. Issledovaniye fiziko-mekhanicheskikh svoystv PE 80 B, modifizirovannogo nanoshpinelyu magniya i zeolitami [Study of physical and mechanical properties PE80B modified by nanoshpinel of magnesium and by zeolites]. *Electronic scientific journal. Neftgazovoye delo — Oil and gas business*, 2011, no. 6, pp. 328 – 331.
 28. Yurkov G.Yu., Gubin S.P., Kozinkin A.V., Nedoseikina T.I., Shuvaev A.T., Vlasenko V.G., Kosobudskii I.D. Copper nanoparticles in a polyethylene matrix. *Inorganic Materials*, 2001, vol. 37, no. 10, pp. 997 – 1001.
 29. Ushakov N.M., Kosobudskiy I.D., Yurkov G.Yu., Gubin S.P., Zapsis K.V., Kochubey V.I., Ul'zutyuev A.N. Novyye kompozitsionnyye nanomaterialy s upravlyayemyimi svoystvami dlya radiotekhniki i elektroniki. [New composite nanomaterials with controlled properties for radio engineering and electronics]. *Radiotekhnika — Radio engineering*, 2005, no. 10, pp. 105 – 108.
 30. Kurbanova N.I., Aliyev A.T., Guliyeva T.M., Ragimova C.K., Axmadbekova C.F., Ishenko N.Y.,

References

1. Koo J.H. *Polymer nanocomposites. Processing, characterization and applications*. New York: McGraw-Hill. Nanoscience and Technology Series, 2006, 289 p.
2. Suzdalev I.P., Suzdalev P.I. *Nanoklastery i nanoklasternye sistemy* [Nanoclusters and nanocluster

- Nurullayeva D.R. Metal-containing nanoparticles in maleinized polyethylene matrix. PolyChar 26 World Forum on Advanced Materials, Georgiya, 2018, Tbilisi, p. 59.
15. Kurbanova N.I., Guliyeva T.M., Ishchenko N.YA., Alyyev A.T., Kuliyeв A.M. *Metallsoderzhashchiye nanochastitsy v matritse maleinizirovannogo polietilena* [Metal-containing nanoparticles in the matrix of maleinized polyethylene]. *Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Polimernyye kompozity i tribologiya" (Polikomtrib-2019)* — International Scientific and Technical Conference "Polymer Composites and Tribology" (Polycomtrib-2019). Gomel, Belarus, 2019, June 25 – 28, p. 141.
16. Guliyeva T.M., Kurbanova N.I. Obtaining and study of the structure and properties of metal-containing nanoparticles in the matrix of maleinized polyethylene. *Genc tedqiqatchi.*, 2019, no. 4, pp. 34 – 39.
17. Kurenkov V.F. *Praktikum po khimii i fizike polimerov* [Practical work on the chemistry and physics of polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1990, 299 p.
18. Pomogaylo A.D. Molekulyarnyye polimer-polimernyye kompozitsii. *Sintecheskiye aspekty.* [Molecular polymer-polymer compositions. Synthetic Aspects]. *Uspekhi Khimii — Russian Chemical Reviews*, 2002, vol. 71, no. 1, pp. 5 – 38.

*Статья поступила в редакцию — 10.08.2019 г.
после доработки — 12.09.2019 г.
принята к публикации — 13.09.2019 г.*

Курбанова Нушаба Исмаил кызы — Институт полимерных материалов Национальной АН Азербайджана (Az5004, Азербайджанская Республика, г. Сумгайыт, ул. С.Вургуна, 124), доктор химических наук, заведующая лабораторией, специалист в области разработки композиционных материалов, а также нанокompозитов, на основе эластомеров и термопластов и их бинарных смесей. E-mail: ipoma@science.az.

Гулиева Туркан Мушви́г кызы — Институт полимерных материалов Национальной АН Азербайджана (Az5004, Азербайджанская Республика, г. Сумгайыт, ул. С.Вургуна, 124), младший научный сотрудник, специалист в области разработки композиционных материалов. E-mail: ipoma@science.az.

Ищенко Нелли Яковлевна — Институт полимерных материалов Национальной АН Азербайджана (Az5004, Азербайджанская Республика, г. Сумгайыт, ул. С.Вургуна, 124), кандидат химических наук, заведующая лабораторией, специалист в области разработки композиционных материалов. E-mail: ipoma@science.az.

Properties of nanocomposites on the basis of high pressure polyethylene with metal-containing nanofillers

N. I. Kurbanova, T. M. Guliyeva, N. Ya. Ishenko

It has been investigated the influence of additives of nanofillers (NF) containing nanoparticles (NP) of the copper oxide, stabilized by polymer matrix of maleinized polyethylene (MPE), obtained by mechano-chemical method on peculiarities of properties of composites on the basis of high pressure polyethylene (PE) by methods of X-ray phase (RFA) and thermographic (TGA) analyses. It has been revealed the improvement of strength, deformation and rheological indices and also thermal-oxidative stability of the obtained nanocomposites, which has been apparently connected with synergetic effect of interaction of the copper-containing nanoparticles with maleic groups of MPE. It has been shown that the nanocomposites on the basis of PE can be processed both by a method of pressing and methods of casting under pressure and extrusion, which expands the spheres of its application.

Keywords: polyethylene (PE), copper-containing nanofillers, maleinized polyethylene (MPE), physical-mechanical properties, RPhA, TGA analyses.

***Kurbanova Nushaba Ismail gizi** — Institute of Polymer Materials of Azerbaijan National Academy of Sciences (Sumgait, Azerbaijan, Az 5004, S.Vurgun Str, 124), Dr Sci (Chem), head of laboratory, specialist in the field of development of composition materials and also nanocomposites on the basis of elastomers and thermoplasts and their binary mixtures. E-mail: ipoma@science.az; kurbanova.nushaba@mail.ru.*

***Guliyeva Turkan Mushvig gizi** — Institute of Polymer Materials of Azerbaijan National Academy of Sciences (Sumgait, Azerbaijan, Az5004, S.Vurgun Str, 124), junior researcher, specialist in the field of development of composition materials. E-mail: ipoma@science.az.*

***Ishenko Nelli** — Institute of Polymer Materials of Azerbaijan National Academy of Sciences (Sumgait, Azerbaijan, Az5004, S.Vurgun Str, 124), PhD (Chem), head of laboratory, specialist in the field of development of composition materials. E-mail: ipoma@science.az.*