

DOI: 10.12737/article\_5a27cb876b0ca7.63622611

Ключникова Н.В., канд. техн. наук, доц.,  
Гордеев С.А., студент,  
Гордиенко М.Д., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОЛИМЕРНЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНОГО ПОЛИИМИДА

4494.55@mail.ru

Получен композиционный материал на основе полиэфиримида Ultem 1000 и синтезированного наполнителя полиметилсиликоната свинца, который синтезировали на основе нитрата свинца и ГКЖ-11. Количество наполнителя в материале в пересчете на количество чистого полимера составляло 0,5, 1 и 1,5 %. Проведены испытания на физико-механические свойства. Доказано сохранение физико-механических и прочностных свойств при создании пленочного материала. Установлено, что полученный композит стоек к радиационному воздействию. УФ воздействие не привело к разрушению полимерной цепи и потери прочности в ряде точек структуры, которое чревато деградацией, растрескиванием и подобным явлениям. Гистограммы полученных материалов до и после исследования на УФ воздействие и криогенную стойкость идентичны, что доказывает неизменность элементного состава и отсутствие остаточных потерь в образцах. Определен широкий термический диапазон эксплуатации полученного материала (от -200 до 200 °С).

**Ключевые слова:** полиимид, метилсиликонат, композит, структура, температурный диапазон.

**Введение.** В настоящее время при разработке новых материалов с высокими функциональными свойствами одним из основных технологических подходов является модификация известных простых полимеров путём создания композитов [1–2]. Так, например, введение в полимерную матрицу равномерно распределенных по объёму макрокопических волокон или зёрен придает особые свойства композитам. В итоге полученный материал представляет собой молекулярный раствор элементов в гибкой матрице. Предусмотрен так же вариант с созданием многослойного полимерного композиционного материала обладающей слоистой или двухмерной структурой, особенностью которого будет изменение концентрации наполнителя, которая не приведет к потере прочностных и физико-механических свойств [3–4]. Особый интерес в качестве полимерной основы для композитов представляют полиимиды (ПИ) благодаря их высоким механическим и термостойким показателям.

**Методология.** Вследствие универсального комплекса свойств, а также, сравнительно низкой стоимости, в качестве полимерной матрицы выбран полиимид марки Ultem 1000. В качестве наполнителя использовался метилсиликонат свинца (ПМСС), который был синтезирован на основе нитрата свинца (П) и метилсиликоната натрия.

Гранулированный полимер растворяли в хлороформе, содержание Ultem 1000 в растворе составляло 15 %. После чего, в раствор вводили

синтезированный полиметилсиликонат свинца. Количество наполнителя в материале в пересчете на чистый полимер составляло 0,5, 1 и 1,5 %

Для лучшего совмещения между наполнителем и матрицей ПМСС смешивали с малым количеством хлороформа. Определенное количество полимера и наполнителя смешивали и помещали в ультразвуковую ванну УЗВ – 0,25 и озвучивали в течение 5 минут, после чего добавляли оставшееся количество раствора полиимид и проводили повторное озвучивание с таким же интервалом времени.

**Основная часть.** При первоначальном получении пленочного материала возникла проблема в связи с тем, что полученные пленки имели дефекты, связанные с разнородностью частиц наполнителя. Было отчетливо видно, что образовывались конгломераты, структура материала получилась не однородной, что могло пагубно сказаться на будущих свойствах материала. Для решения проблемы, связанной с однородностью структуры ПКМ, использовали наполнитель дисперсностью не более 0,04 и 0,05 мм.

Можно заметить (рис. 1), что совмещение между компонентами полимерного композиционного материала прошло успешно, и наполнитель равномерно распределился в структуре матрицы.

Исследование поглотительной способности – (рис. 2) композитом показало, что при увеличении концентрации ПМСС и слоёв полимерной

пленки, радиационно-поглощающая способность полученного полимерно-композиционного материала возрастает.

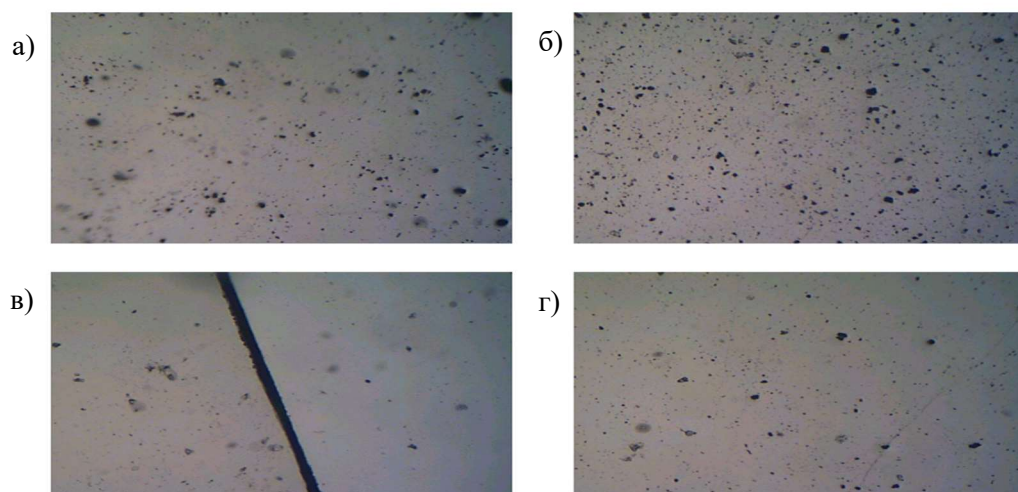


Рис. 1. Структура поверхности полученного композиционного материала на основе Ultem 1000 с различным наполнением ПМСС: а) 0; б) 0,5; в) 1 и г) 1,5 %

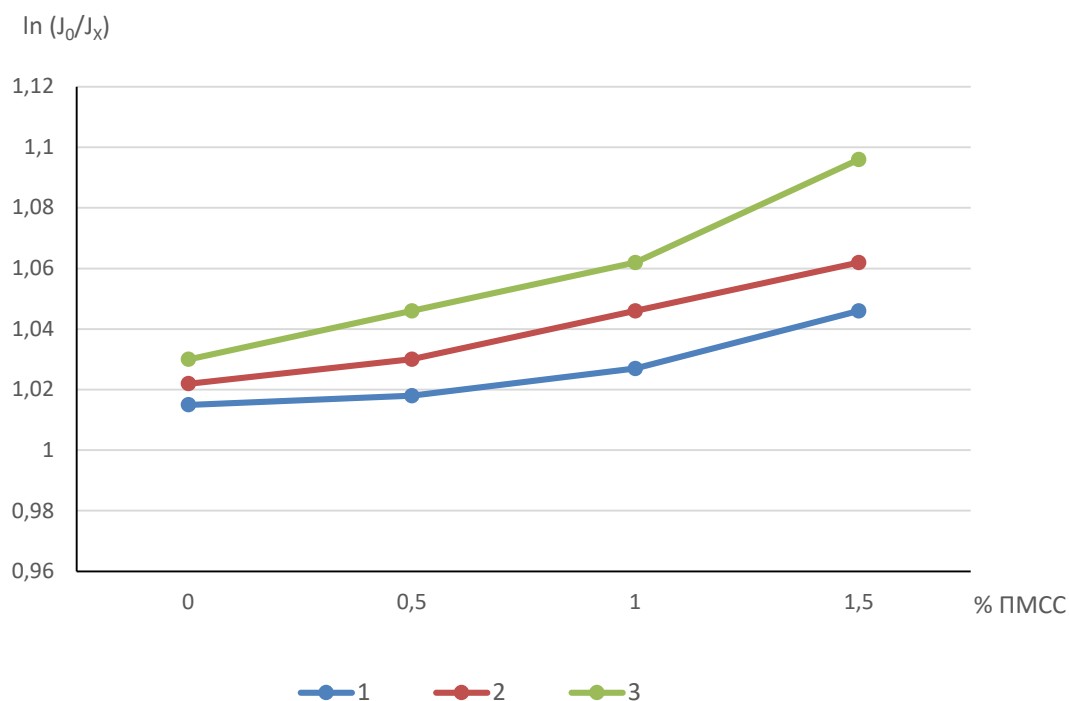


Рис. 2. Зависимость  $(J_0/J_x)$  от концентрации ПМСС при различной толщине плёнки: 1–50 мкм; 2–100 мкм; 3–150 мкм;  $J_0$  – интенсивность без поглотителя,  $J_x$  – интенсивность с поглотителем

Исследования криогенной стойкости проводили в емкости с жидким азотом при температуре  $-200 \pm 5$  °С с количеством повторений 9 циклов. После охлаждения образцов до комнатной температуры проверяли изменение размера или признаки других дефектов, сравнивая с другими аналогичными образцами не подвергшимся криогенному воздействию. Проведённые испытания

позволили сделать вывод, что полученный композит устойчив в диапазоне температур от  $-200$  до  $200$  °С.

Исследование устойчивости образцов к воздействию ультрафиолетового излучения проводилось с помощью вакуумной настольной установки «VSE-UV.c». Образцы подвергли жесткому УФ воздействию в диапазонах 121–10 нм в

течение 8 часов с количеством повторов 3 цикла.

Гистограммы полученных материалов до и после исследования на УФ воздействие и криогенную стойкость оказались идентичны, что доказывает неизменность элементного состава и отсутствие остаточных потерь в образцах.

Анализ рельефа наполненного композита (рис. 3) показал, что поверхность систем (ПЭИ

Ultem 1000 + 1,5 % ПМТСС) геометрически однородны и являются плоскими, не смотря на наличие наполнителя в пленке. УФ воздействие не привело к разрушению полимерной цепи и потери прочности в ряде точек структуры, которое чревато деградацией, растрескиванием и подобными явлениями.

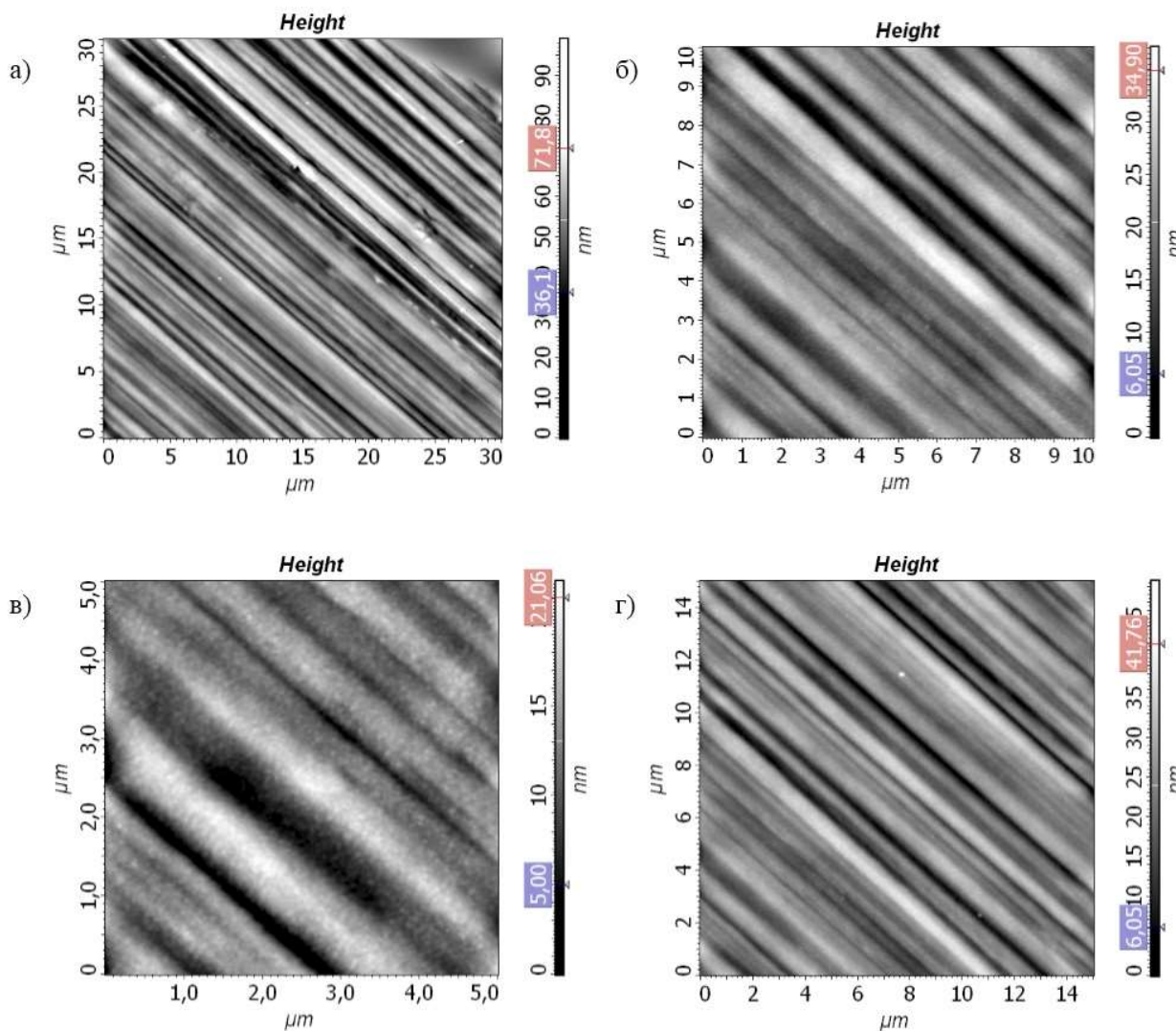


Рис. 3. Поверхность ПЭИ Ultem 1000 (1,5 % ПМСС) до и после воздействия УФ излучения: а), б) – до; в), г) – после воздействия УФ

**Выводы.** Получен однородный пленочный полимерно-композиционный материал на основе Ultem 1000 и ПМСС. Доказано сохранение физико-механических и прочностных свойств при создании пленочного материала. Установлено, что полученный пленочный композиционный материал обладает высокой стойкостью к ультрафиолетовому воздействию. Определен диапазон эксплуатации полученного материала при температурах от -200 до +200 °С.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ершова О.В., Муллина Э.Р., Чупрова Л.В., Мишурина О.А., Бодьян Л.А. Изучение влияния состава неорганического наполнителя на физико-химические свойства полимерного композиционного материала // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 12–3. С. 487–491
2. Маламатов А.Х., Козлов Г.В., Антипов Е.М., Микитаев М.А. Механизм формирования межфазных слоев в полимерных нанокompозитах // *Перспективные материалы*. 2006. № 5. С. 54–58

3. Михайлин Ю.А. Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. СПб.: Профессия, 2006. 624 с.

4. Бакнелл К.Б. Ударопрочные пластики. Пер. с англ. под ред. И.С. Лишанского. Л.: Химия, 1981. 328 с.

*Информация об авторах*

**Ключникова Наталья Валентиновна**, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и прикладной химии.

E-mail: 4494.55@vail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Гордеев Семен Александрович**, студент кафедры теоретической и прикладной химии.

E-mail: Lie\_to\_me\_house@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Гордиенко Максим Денисович**, студент кафедры теоретической и прикладной химии.

E-mail: Lie\_to\_me\_house@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

---

*Поступила в октябре 2017 г.*

© Ключникова Н.В., Гордеев С.А., Гордиенко М.Д., 2017

---

**Klyuchnikova N.V., Gordeev S.A., Gordienko M.D.**

**POLYMER COMPOSITE MATERIAL BASED ON THERMOPLASTIC POLYIMIDE**

*A composite material based on polyesterimide Ultem 1000 and synthesized filler of lead polymethyl silicate was synthesized on the basis of lead nitrate and GKZh-11. The amount of filler in the material in terms of the amount of pure polymer was 0.5, 1 and 1.5 %. Tests for physical and mechanical properties were carried out. The preservation of physical-mechanical and strength properties in the creation of film material is proved. It is established that the resulting composite is resistant to radiation. UV exposure did not lead to the destruction of the polymer chain and loss of strength in a number of points of the structure, which is fraught with degradation, cracking and similar phenomena. The histograms of the obtained materials before and after the investigation on UV exposure and cryogenic stability are identical, which proves the invariability of the elemental composition and the absence of residual losses in the samples. A wide thermal range of operation of the obtained material was determined (from -200 to 200 °C)*

**Keywords:** *polyimide, methyl silicate, composite, structure, temperature range.*

---

*Information about the authors*

**Klyuchnikova Natalya Valentinovna**, PhD, Assistant professor,

E-mail: 4494.55@vail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Gordienko Maksim Denisovich**, Bachelor student.

E-mail: Lie\_to\_me\_house@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Gordeev Semen Aleksandrovich**, Bachelor student.

E-mail: Lie\_to\_me\_house@mail.ru

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

---

*Received in October 2017*

© Klyuchnikova N.V., Gordeev S.A., Gordienko M.D., 2017