



Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

A. V. Shomakhov, Ya. F. Al Haulyani, R. B. Tkhakakhov, The influence of natural organogeny («nalchikin») on structures and strength of mixtures based on crystallizing polymers,  
*Comp. nanotechnol.*, 2016, Issue 3, 242–249

<https://www.mathnet.ru/eng/cn92>

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you have read and agreed to these terms of use

<https://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.9.175

May 14, 2025, 01:17:14



### 3. НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 539.4: 678: 541.6

#### 3.1. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОЙ ОРГАНОГЛИНЫ («НАЛЬЧИКИН») НА СТРУКТУРУ И ПРОЧНОСТЬ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ ПОЛИМЕРОВ<sup>1</sup>

*Шомахов Алим Валерьевич, аспирант, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, кафедра физики наносистем, Институт физики и математики, shomahovalim@rambler.ru*

*Аль Хауляни Ясер Файсал Мохаммед, аспирант, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, кафедра физики наносистем, Институт физики и математики, yaserfaisal@mail.ru*

*Тхакахов Руслан Баширович, д-р физ.-мат. наук, профессор, доцент, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, кафедра физики наносистем, Институт физики и математики, rbt50@mail.ru*

Аннотация: В работе исследовано влияние малых добавок наночастиц на деформационно-прочностные характеристики, плотность и прочность композитов на основе синтетического изопренового каучука (СКИ-3) и полиэтилена низкой плотности (ПЭНП). Выявлена экстремальная зависимость прочности и плотности от концентрации наночастиц.

Ключевые слова: наночастицы, сажа, нальчикин, прочность, деформация, СКИ-3, ПЭНП.

UDC 539.4: 678: 541.64

#### 3.1. THE INFLUENCE OF NATURAL ORGANOGENY («NALCHIKIN») ON STRUCTURES AND STRENGTH OF MIXTURES BASED ON CRYSTALLIZING POLYMERS

*Shomakhov Alim Valerevich, graduate student, Kabardino-Balkarian state university of H. M. Berbekov, department of physics of nanosystems, Institute of physics and mathematics, shomahovalim@rambler.ru*

*Al Haulyani Yaser Faysal Mohammed, graduate student, Kabardino-Balkarian state university of H. M. Berbekov, department of physics of nanosystems, Institute of physics and mathematics, yaserfaisal@mail.ru*

*Tkhakakhov Ruslan Bashirovich, professor, associate professor, Dr. physical. - a mat. sciences, the Kabardino-Balkarian state university of H. M. Berbekov, department of physics of nanosystems, Institute of physics and mathematics, rbt50@mail.ru*

Abstract: The work investigated the influence of small additives of nanoparticles on the deformation-strength characteristics, the density and strength of composites based on synthetic isoprene rubber (SKI-3) and low density polyethylene (LDPE). Revealed extreme dependence of the strength and density of the nanoparticles concentration.

Index terms: nanoparticles, carbon black, nalchikhin, strength, deformation, isoprene synthetic rubber, low-density polyethylene.

---

Введение наполнителей различной природы в смеси на основе изопренового эластомера и поли-

этилена сопровождается формированием нового комплекса свойств композиции. Сочетание полимеров с наполнителями позволяет получать материалы с совершенно новыми технологическими или эксплуатационными свойствами. Особое вни-

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке госзаказа №11, и с использованием оборудования ЦКП «Рентгеновская диагностика материалов».

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОЙ ОРГАНОГЛИНЫ («НАЛЬЧИКИН») НА СТРУКТУРУ И ПРОЧНОСТЬ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ ПОЛИМЕРОВ**

*Шомахов А. В., Аль Хауляни Я. Ф. М., Тхакахов Р. Б.*

мание уделяют влиянию наполнителей на структуру и механическую прочность полимеров [1]. При этом удается объединить уникальные свойства наночастиц и полимерной матрицы [2]. Наполненные полимеры являются типичными гетерогенными системами с высокоразвитой поверхностью раздела фаз. При этом гетерогенность определяется как собственно наличием дисперсной фазы в полимерной матрице, так и различиями в структуре полимера в поверхностных слоях и в объеме. Представляет интерес исследование механизма структурообразования в наполненных полимерных системах, а также влияние наноразмерных наполнителей на механические свойства композиций.

В связи с этим нами было исследовано влияние наночастиц органоглина («нальчикина») на деформационно-прочностные свойства полимерных

композиций на основе синтетического изопренового каучука (СКИ-3) и полиэтилена низкой плотности (ПЭНП). Количество наночастиц рассчитывали по экспоненциальному закону [3-5], который позволяет в области малых концентраций охватить больше систем, нежели при линейном расчете количества наполнителя.

Частицы «нальчикина» при малых добавках равномерно распределяются в матрице полимера, о чем свидетельствуют данные сканирующего электронного микроскопа (рисунок 1а), однако при повышении содержания алюминия до 5,37 мас. % часть наночастиц выстраивается в кривые линии, как бы огибая надмолекулярные образования полимера, выбирая, по-видимому, наиболее энергетически выгодные положения при смешении в расплаве (рисунок 1б). [3]

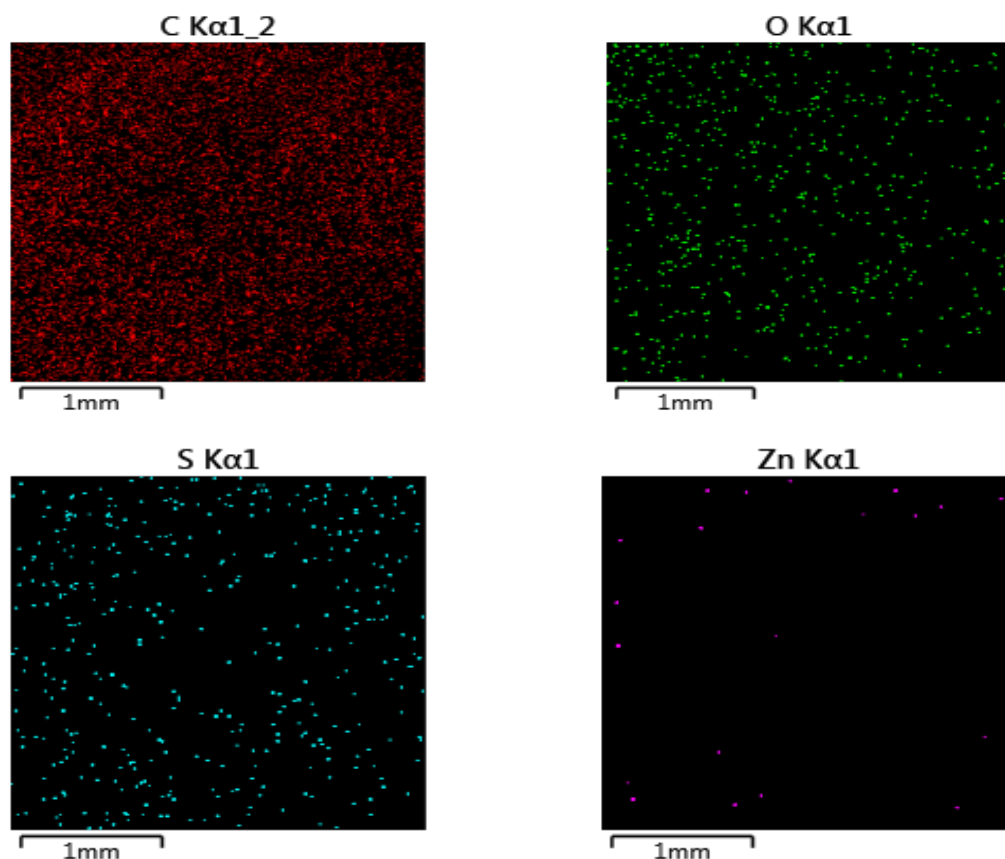


Рисунок 1а: Распределение частиц «нальчикина» по поверхности образцов СКИЗ(80%)+ПЭНП(20%)+0,1мас.% «нальчикин».

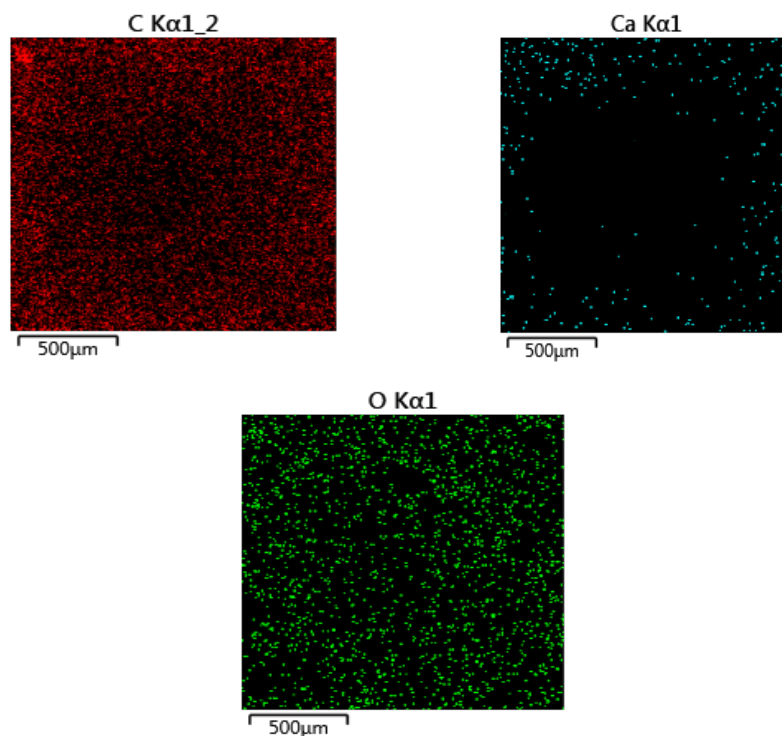


Рисунок 16: Распределение частиц «нальчикина» по поверхности образцов СКИЗ(80%)+ПЭНП(20%)+5,37мас.% «нальчикин».

Наполнение наноразмерными частицами «нальчикина» оказывает влияние на кристаллизацию смеси на основе эластомера СКИ-3. Как видно из рисунка 2 у ненаполненной смеси СКИ-3+ПЭНП

наблюдается один пик плавления (рисунок 2), что подтверждает аморфность СКИ-3 при комнатной температуре.

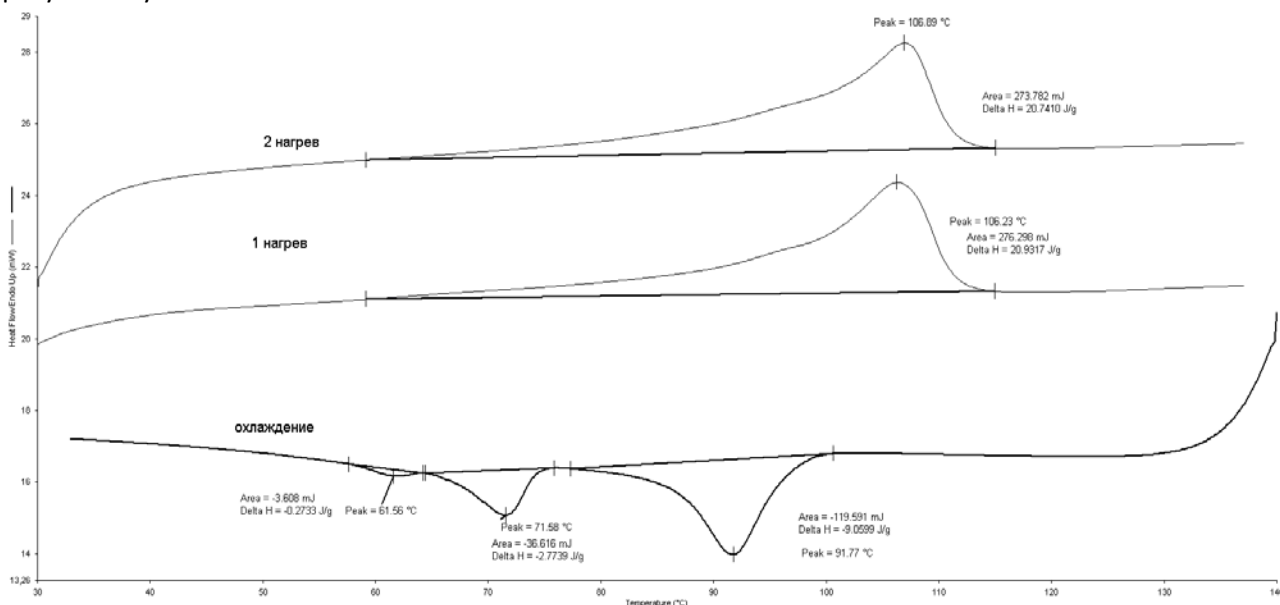


Рисунок 2. Термограммы ДСК для ненаполненной смеси СКИ-3(80%)+ПЭНП (20%).

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОЙ ОРГАНОГЛИНЫ («НАЛЬЧИКИН») НА СТРУКТУРУ И ПРОЧНОСТЬ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ ПОЛИМЕРОВ**

*Шомахов А. В., Аль Хауляни Я. Ф. М., Тхакахов Р. Б.*

Высокотемпературный пик при 106°C связан с плавлением кристаллов ПЭНП.

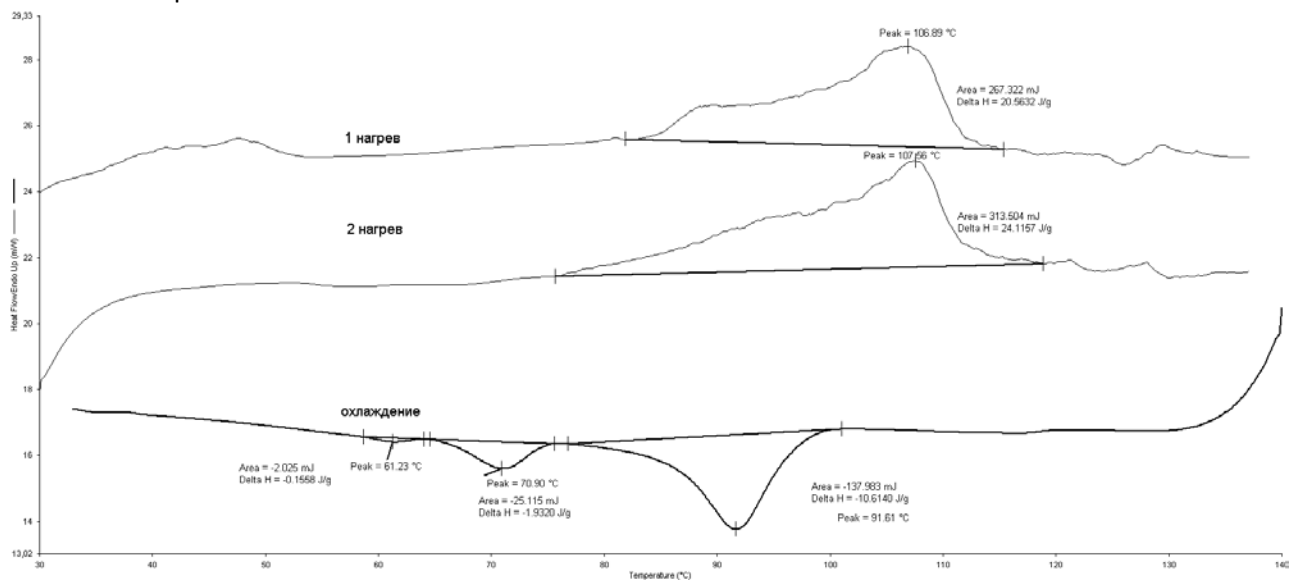


Рисунок 3. Термограммы ДСК для SKI-3(80%)+ПЭНП(20%) наполненного наноразмерными частицами нальчикина: 2-1.99масс. % соответственно.

Наполненные смеси SKI-3+ПЭНП «нальчикином», способствует изменению структуры. Появляются дополнительные пики на термограммах (рисунок 3).

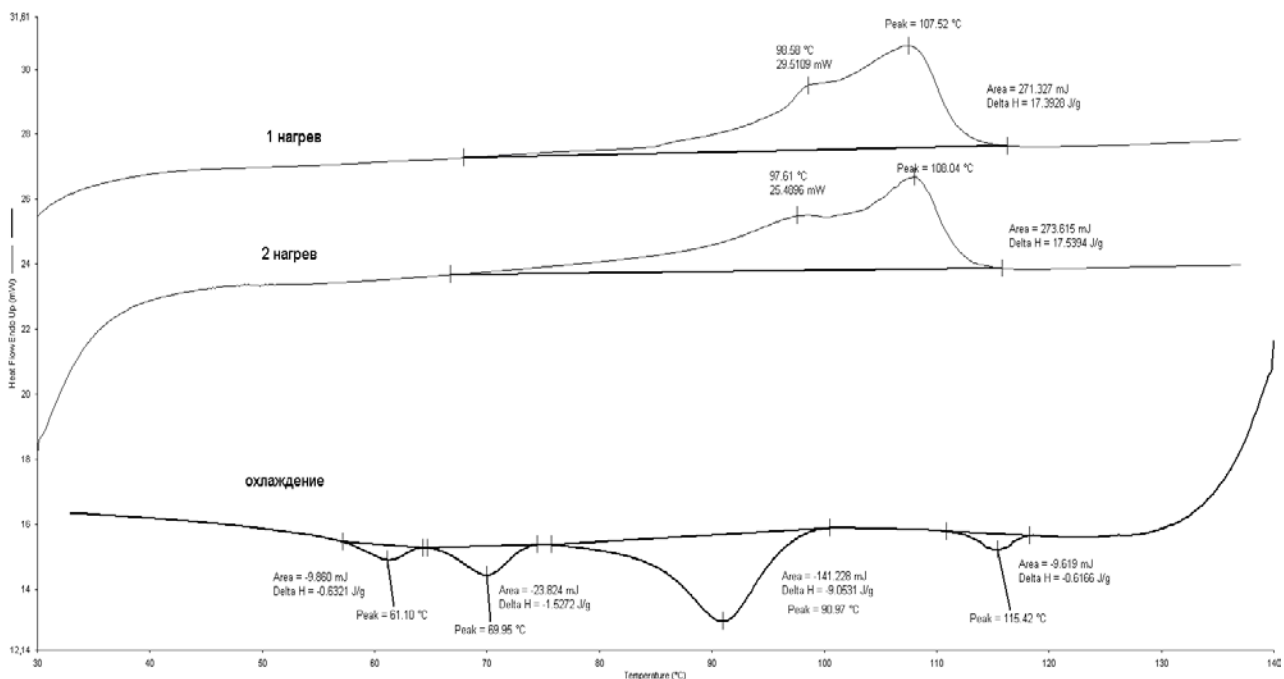


Рисунок 4. Термограммы ДСК для SKI-3(80%)+ПЭНП(20%) наполненного наноразмерными частицами «нальчикина»: 2-5.37масс. % соответственно.

Добавлению «нальчикина» способствует появляеся пик плавления переходящий на плато в области температур 100–110 °С. При концентрации 1,99масс. % и 5,37 масс. % проявляются два пика плавления, по-видимому, частички наполнителя

являются центрами кристаллизации SKI-3. К аналогичным заключениям пришли авторы [1, 6, 7], исследовавшие различные кристаллизующиеся полимеры с малыми добавками наноразмерных частиц. В работе [8] наблюдали увеличение степе-

ни кристалличности СКД, наполненного частицами сажи. Появление кристаллических областей упрочняет композит.

Из изотерм термограмм ДСК, представленных на рисунках 3-4 видно, что при концентрациях «нальчикина»; 1,99 и 5,37 масс. % энергия, необходимая для разрушения надмолекулярных образований (кристаллов), возрастает. Следовательно, при этих концентрациях объемная доля кристаллов возрастает. По-видимому, частицы «нальчикина», образуя коагуляционные структуры, зашивают дефекты эластомера [5] и способствуют возникновению упорядоченных структур. При охлаждении исследуемого образца значительно меняется вид термограммы: пик плавления смещается в область более низких температур и становится более обширным, что связано с образованием различных кристаллических структур.

Аналогичные результаты были получены нашими коллегами при наполнении данной смеси СКИ-3 наночастицами алюминия. Наполнение наноразмерными частицами алюминия оказывает влияние на кристаллизацию эластомера. Как видно из рисунка у ненаполненного изопренового каучука отсутствуют пики плавления (рисунки 5 кривая 1), что подтверждает аморфность СКИ-3 при комнатной температуре.

Рисунок 5. Термограммы ДСК для СКИ-3(100%) наполненного наноразмерными частицами алюминия: 1-0; 2-0,1; 3-0,27; 4-5,37масс. % соответственно.

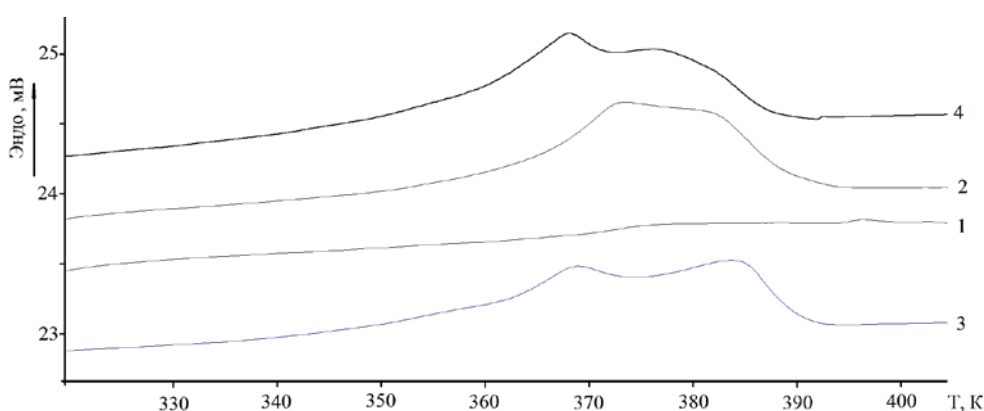


Рисунок 5. Термограммы ДСК для СКИ-3(100%) наполненного наноразмерными частицами алюминия: 1-0; 2-0,1; 3-0,27; 4-5,37масс. % соответственно.

При добавлении 0,1 масс. % алюминия появляется пик плавления переходящий на плато в области температур 100–110 °С. При концентрации 0,27 масс. % и 5,37 масс. % проявляются два пика плавления, по-видимому, частички наполнителя являются центрами кристаллизации СКИ-3. К аналогичным заключениям пришли авторы [1, 6, 9], исследовавшие различные кристаллизующиеся полимеры с малыми добавками наноразмерных частиц.

Морфология полимерных композитов определяет их механические свойства [10]. Добавление всего 0,1 масс. % «нальчикина» в смесь изопренового каучука с ПЭНП приводит к повышению

прочности (рисунки 6). Дальнейшее увеличение «нальчикина» до 0,271 масс. % приводит к понижению прочности. В различных работах по-разному интерпретируются подобные результаты. В работе [11] авторы наблюдали, что физико-химические свойства полимерных композиций на основе эпоксидного олигомера ЭД-20 проходят через максимум в интервале концентраций углеродных нанотрубок (УНТ) и технического углерода (N220) от 0,125 до 0,25 % об., объясняя такой рост показателей микродисперсионным упрочнением матриц полимерных композиций, связанным с наличием включений в виде агрегатов наночастиц размером от 100 до 200 нм.

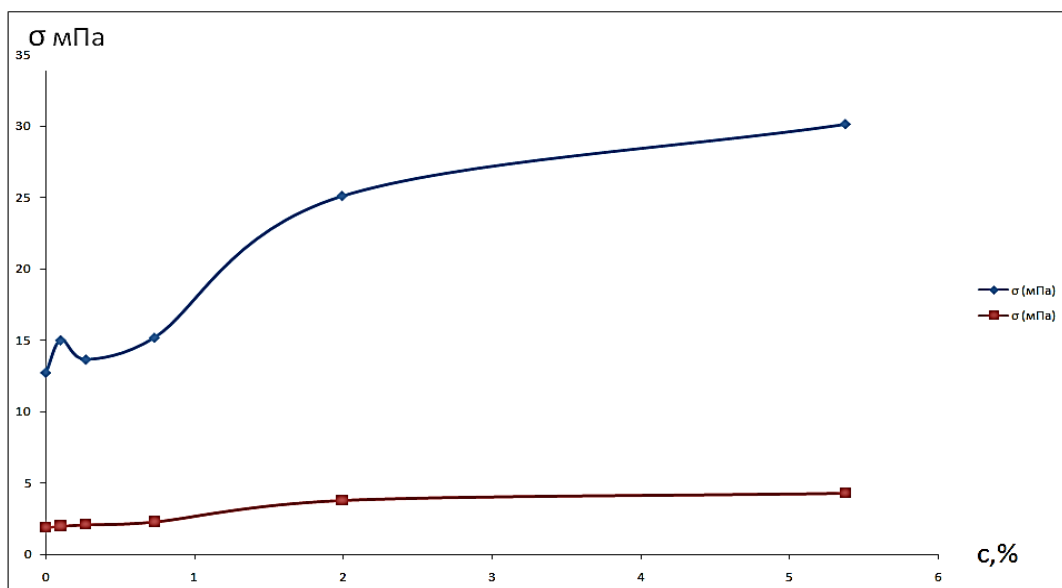


Рисунок 6. Зависимость прочности 80 масс. % СКИ-3 + 20 масс. % ПЭНП от концентрации частиц «нальчикина».

Из рисунка 6 видно, что изменение концентрации «нальчикина» влияет на относительную деформацию, композита на основе СКИ-3+ПЭНП. При концентрации 0,1мас.% «нальчикина» резко возрастает относительная деформация. По видимому 0,1мас.% «нальчикина» способствует зашиванию крупных дефектов (частицы «нальчикина» имеют размер 40-50мк) и это способствует увеличению деформации. Как правило в композитах субмикротрещины могут достигнуть размеров более 1000 нм [12].

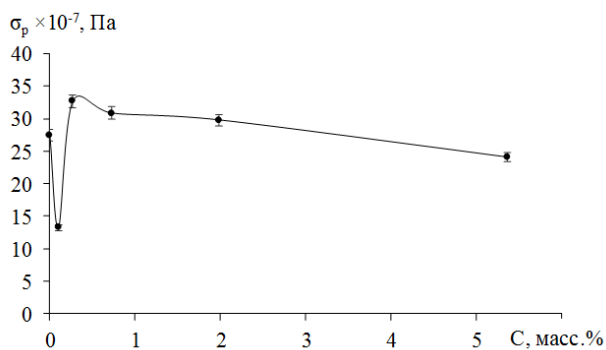


Рисунок 7. Зависимость прочности СКИ-3(95%)+ПЭНП(5%) от концентрации частиц сажи.

Прочность эластомера при добавлении 0,1 мас.% и 0,271 мас.% сажи возрастает, что возможно связано с заполнением свободных объемов (рисунок 7) [10]. Как ранее было рассчитано в работе объемная доля сажи в смеси при концентрации

0,271 мас. % составляет 0,047, что меньше доли свободного объема (0,080-0,086) [1]. Дальнейшее увеличение количества сажи приводит к дополнительным дефектам и уменьшению плотности. Однако максимумы прочности наблюдается при минимуме плотности, что, по-видимому, связано с наличием свободных объемов для ориентации сегментов макромолекул, при воздействии нагружающей силы.

Активные частицы сажи в большей степени повышают прочность композиции, так как они хорошо смачиваются эластомером, образуя прочные связи с ним. Увеличению связей способствует наличие на поверхности частиц сажи различных функциональных групп, которые при вулканизации могут взаимодействовать с серой и входить в пространственную сетку полимера[13].

Для смесей СКИ-3/ПЭНП наблюдается изменение плотности при добавлении в них наночастиц «нальчикина». Плотность эластомера при добавлении 0,1 масс. % и 0,271 масс. % «нальчикина» возрастает (рисунок 8), что возможно связано с заполнением свободных объемов. Дальнейшее увеличение количества «нальчикина» приводит к дополнительным дефектам и уменьшению плотности (рисунок 8).

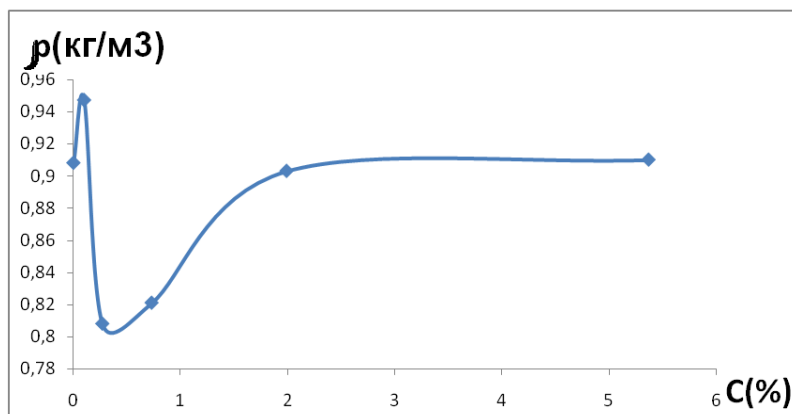


Рисунок 8. Зависимость плотности СКИ-3(80%)+ПНП(20%) от концентрации частиц «нальчикина».

## ВЫВОДЫ

1. Данные дифференциальной сканирующей калориметрии показали увеличение степени кристалличности. При добавлении «нальчикина» появляется пик плавления переходящий на плато в области температур 100-110°C. При концентрации 1,99 масс. % и 5,37 масс. % проявляются два пика плавления, по-видимому, частички наполнителя являются центрами кристаллизации СКИ-3.

2. Добавление 0,1 мас.% «нальчикина» приводит к повышению прочности изопренового каучука более чем в два раза.

3. Модификация эластомера СКИ-3 полиэтиленом низкой плотности способствует упрочнению композита на 60%.

4. Максимумы прочности саженаполненных композитов наблюдаются при минимумах плотности, что, по-видимому, связано с увеличением свободных объемов, способствующих ориентации сегментов макромолекул, при воздействии нагружающей силы.

5. Наблюдается повышение прочности композита при содержании сажи 0,73 мас. % в изопреновом эластомере, а также 0,271 мас. % сажи в композите 95 мас. % СКИ-3 + 5 мас.% ПЭНП.

6. Показано, что каждый из наполненных полимерных смесей характеризуется своей спецификой, связанной с межфазным взаимодействием на границе частица-полимер, которая оказывает влияние на структуру и прочностные характеристики композитов.

## Список литературы:

1. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. М.: Химия, 1977.-304с.
2. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000.
3. Жазаева Е.М., Пшихачев А.Г., Губжев Т.А., Каширгов А.А., Геккиева Ж.М., Тхакахов Р.Б. Поверхностные энергетические и прочностные характеристики термообработанных композитов на основе бутадиен-акрилонитрильного эластомера, модифицированного сажей // Пластические массы. М. 2012. №2. С. 42-45.
4. Пшихачев А.Г., Тхакахов Р.Б., Жазаева Е.М., Кумыков Т.С., Карамурзов Б.С., Тхакахов Э.Р. Влияние наноразмерных наполнителей на структуру и деформационно-прочностные характеристики полимерных смесей на основе СКН и ПВХ // Пластические массы. М. 2012. №4. С. 3-7.
5. Тхакахов Р.Б., Пшихачев А.Г., Барагунова Л.В., Аль-Хаулани Я.Ф.М. Упрочнение смесей полярных полимеров малыми добавками сажи и релаксационные свойства смесей // Высокомолекулярные соединения. Серия А, 2014, том 56, №3, с. 333-339.
6. Marigo, A. Phase transition in isotactic poly-1-butene: wide- and small-angle X-ray scattering measurements / A. Marigo [et al.] // European Polymer Journal.- 2000.- Vol. 36. – P. 131 – 136.
7. Шостак Т.С., Будащ Ю.А., Пахаренко В.В., Сташкевич И.А., Федорив У.В., Пахаренко В.А. Композиции на основе полиэтилена, наполненные алюмосиликатом. Пластические массы. 2011. № 4. С. 39-43.
8. Физические свойства эластомеров. Под ред. А.И. Марей. Л.,Химия.1975.136 с.
9. Шостак Т.С., Будащ Ю.А., Пахаренко В.В., Сташкевич И.А., Федорив У.В., Пахаренко В.А. Композиции на основе полиэтилена, наполненные алюмосиликатом. Пластические массы. 2011. № 4. С. 39-43.



**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОЙ ОРГАНОГЛИНЫ («НАЛЬЧИКИН») НА СТРУКТУРУ И ПРОЧНОСТЬ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ ПОЛИМЕРОВ**

*Шомахов А. В., Аль Хауляни Я. Ф. М., Тхакахов Р. Б.*

10. Морфология, процессы релаксации и разрушения смесей полимеров разных классов: дис. ...докт. физ.-мат. наук: 02.00.06 / Тхакахов Руслан Баширович. – Нальчик., 2013. – 327 с.

11. Пыхтин А.А., Суриков П.В., Кандырин Л.Б., Кулезнев В.Н. Влияние ультрадисперсных наполнителей на свойства низкомолекулярных жидкостей и композиций на основе эпоксидных олигомеров // Вестник МИТХТ, 2013, т.8, №4. С.113-118.

12. Б. Цой, Э.М. Карташов, В.В. Шевелев Прочность и разрушение полимерных пленок и волокон // М. «Химия», 1999г.-494с.

13. Тхакахов Р.Б., Жазаева Е.М., Аль Хауляни Я.Ф.М., Пшихачев А.Г., Бжихатлова Ф.М., Кумыков А.Х., Шомахов А.В. «Особенности разрушения нанополненных композитов на основе кристаллизующихся полимеров», VII-я международная научно-техническая конференция «Микро-и нанотехнологии в электронике», г. Нальчик 2015г. с 135-138

Исследование концентрационной зависимости прочности, позволило получить новые результаты. На основе полученных результатов, авторы, используя метод ДСК связали структурные изменения с особенностями прочностных свойств.

На основе выше изложенного рекомендую данную статью к публикации в научном журнале.

Научный руководитель:  
д-р физ.-мат. наук, профессор кФН

Тхакахов Р.Б.

**ОТЗЫВ**

Создание полимерных композитов для получения новых материалов удовлетворяющих современным требованиям промышленности является проблемой актуальной. В настоящее время смеси полимеров получили широкое применение. Модификация их наполнителями разной природы и размерности позволит существенно расширить области их применения и удовлетворить растущие потребности народного хозяйства в новых материалах с ценными свойствами. Интерес представляет изучение механизма упрочнения одного полимера другим и роль малых добавок наполнителей в формировании свойств смесей полимеров. Выбор оптимального сочетания полимера и наполнителя с учетом не только их природы, формы, характера распределения частиц и объемного соотношения, но и взаимодействия их на границе раздела, является сложной задачей, так как спектр результатов при данных сочетаниях очень широк.

Изучение свойств систем, содержащих наноразмерные объекты, интересно и важно с точки зрения, как фундаментальной науки, так и практического применения таких систем в ряде новых технологий.

Авторами рассмотрено влияние малых наноразмерных добавок нальчикина на прочностные характеристики бинарных полимерных смесей на основе синтетического изопренового каучука СКИ-3 и полиэтилена низкой плотности (ПЭНП). Выявлена зависимость прочности полимерных композиций от количества наноразмерного наполнителя нальчикина. Концентрация наночастиц варьировалась от 0,1 масс. % до 5,37 масс. %, что приводило к изменению прочности.