Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный университет»

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИЗУЧЕНИЯ КЛАСТЕРОВ,
НАНОСТРУКТУР
И НАНОМАТЕРИАЛОВ**

МЕЖВУЗОВСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

выпуск 10

ТВЕРЬ 2018

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

Ф50

Рецензирование статей осуществляется на основании Положения о рецензировании статей и материалов для опубликования в Межвузовском сборнике научных трудов «Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов».

Официальный сайт издания в сети Интернет:

www.physchemaspects.ru

Ф50 Физико-химические аспекты изучения кластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст]: межвуз. сб. науч. тр. / под общей редакцией В.М. Самсонова, Н.Ю. Сдобнякова. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018. – Вып. 10. – 708 с.

ISBN 978-5-7609-1395-1

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 7747789 от 13.12.2011.

Сборник составлен из оригинальных статей теоретического и экспериментального характера, отражающих результаты исследований в области изучения физико-химических процессов с участием кластеров, наноструктур и наноматериалов физики, включая межфазные явления и нанотермодинамику. Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников, преподавателей ВУЗов, студентов и аспирантов. Издание подготовлено на кафедре общей физики Тверского государственного университета.

УДК 620.22:544+621.3.049.77+539.216.2:537.311.322: 530.145

ББК Ж36:Г5+В379

ISBN 978-5-7609-1395-1

ISSN 2226-4442

© Коллектив авторов, 2018

© Тверской государственной
университет, 2018

УДК 538.91 : 539.2 : 678

**ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА
ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ БИНАРНОЙ СМЕСИ
БУТАДИЕННИТРИЛЬНОГО КАУЧУКА (СКН-26) С
ПОЛИВИНИЛХЛОРИДОМ (ПВХ)**

Т.С. Кумыков¹, Р.Р. Нагаплежева²

¹*Институт прикладной математики и автоматизации
филиал ФГБНУ «ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр
Российской академии наук»*

360004, КБР, Нальчик, ул. Шортанова, 89 а

²*ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова»*

360004, КБР, Нальчик, ул. Чернышевского, 173

macist20@mail.ru

DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.408

Аннотация: Методом нейтральной капли исследовано влияние концентрации нанодобавок сажи и оксида алюминия на поверхностное натяжение полимерно-композитных материалов СКН-26 и ПВХ. Обнаружены экстремальные изменения свойств исследуемых материалов в зависимости от состава, которые объясняются эффектами перераспределения высоко- и низкомолекулярных фракций на поверхности наполнителя и коллоидно-химических явлений в бинарной полимерной смеси.

Ключевые слова: метод нейтральной капли, наночастица, наполнитель, межфазное явление, полимерная матрица.

1. Введение

Наполнители играют важную роль в производстве полимерных композиций [1-3]. Они по-разному изменяют свойства материалов. Наполнение позволяет значительно уменьшить объем используемых полимеров, улучшить свойства материалов на их основе и снизить стоимость композиции. Наибольшего эффекта в улучшении физико-химических свойств ПК можно добиться, применяя наполнители нанометровых размеров. Особенностью таких частиц является резкое увеличение площади контакта полимер-наполнитель по сравнению с обычными наполнителями микрометровых размеров. Отсюда следует важность и необходимость изучения межфазных явлений на границе полимерная матрица-наполнитель.

В данной работе методом нейтральной капли изучено влияние концентрации нанодобавок сажи и оксида алюминия на полимерный композит СКН-26 и ПВХ.

Выбор СКН-26 и его композиций с ПВХ в качестве объекта исследования обусловлен его широким применением в производстве конструкционных материалов, с одной стороны, и достаточно хорошей изученностью их физических свойств в качестве модельных смесей – с другой.

2. Экспериментальная часть

В эксперименте использовались 6 образцов СКН-26 + ПВХ, наполненные наноразмерными частицами сажи и алюминия различной концентрации: 0 %, 0,1 %, 0,5 %, 1 %, 2 %, 6 %, выполненные в виде круглой пластинки толщиной 2 мм и диаметром 15 мм, предварительно обработанные спиртом.

Все образцы смешивались на лабораторном валковом оборудовании. Вальцы нагревали до температуры 145 °С. В первую очередь на валки накручивали каучук (СКН-26) затем добавляли ПВХ и наполнители. Полимерную смесь, перемешивали в течение 15 мин добавляя вулканизирующие добавки. Из полученной полимерной смеси выдавливали «шкурку», которая помещалась в пресс-форму. Пресс-форму размещали под вулканизационный пресс нагретый до температуры 140 °С и термостатировали в течение 15–20 мин. Затем выдерживали под давлением 10 атм в течении 15 мин и охлаждали пресс до комнатной температуры.

3. Результаты и их обсуждение

По полученным данным были построены графики зависимости поверхностного натяжения от концентрации нанодобавок на границах раздела σ_{sl} – твердое тело – жидкость и σ_{sv} – твердое тело – пар. На рис. 1-6 приведены зависимости поверхностного натяжения σ смеси от состава смеси полимеров соответственно. Видно, что зависимость поверхностного натяжения от концентрации сажи и алюминия на границе раздела σ_{sl} твердое тело – жидкость и σ_{sv} твердое тело-пар, как и для большинства других полимерных композиций, не является линейной.

Анализ рис. 1 показывает, что увеличение концентрации поверхностно-активных веществ приводит к увеличению поверхностного натяжения до определенного критического значения. Так при 0,5 % наблюдается максимум поверхностного натяжения, дальнейшее увеличение концентрации сажи до 1 % приводит к падению межфазного натяжения, в то время как с 1 % до 6 % вновь наблюдается увеличение межфазного натяжения.

Сравнивая кривые, приведенные на рис. 1 и 2 можно заметить, что поверхностное натяжение при добавлении *Al* изменяется совсем иначе, чем в случае с сажей. В области концентраций до 0,1 % поверхностное натяжение уменьшается, а при увеличении концентрации *Al* до 1 % наблюдается максимум значения для поверхностного натяжения. На концентрационном промежутке 1–2 % вновь наблюдается падение значения поверхностного натяжения. Дальнейшее изменение

концентрации уже не оказывает существенного влияния на поверхностное натяжение.

Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения σ СКН-26 от концентрации сажи.

Рис. 2. Зависимость поверхностного натяжения σ СКН-26 от концентрации Al .

Из рис. 3 и 4 видно, что зависимости поверхностного натяжения от концентрации сажи и Al для композиций СКН-26 (95 %) + ПВХ (5 %) практически одинаковы. Отличие лишь в том, что при добавлении сажи, начиная с 2 % поверхностное натяжение повышается, а при 6 % наблюдается максимум поверхностного натяжения. В то время как для Al на концентрационном промежутке 2–6 % поверхностное натяжение неизменно.

Введение наполнителей в систему СКН-26 (80 %) + ПВХ (20 %) также существенно изменяют зависимость σ от состава. Можно сказать, что рис. 5 и 6 являются совершенно противоположными. То есть, если на рис. 5 при концентрации 1 % наблюдается максимум поверхностного натяжения, и далее убывание последнего, то на рис. 6 при этой же

концентрации сажи наблюдается минимум поверхностного натяжения, а затем его увеличение.

Полученные нами данные подверглись многократной проверке: каждая точка на каждом из рисунков представляет собой усреднение трех экспериментальных данных. Расчет показал, что разброс величин подчиняется нормальному закону распределения, а погрешность среднего значения не превышает 3–5%. Характерной особенностью зависимости $\sigma(C)$ является резкое изменение поверхностного натяжения при малых добавках одного из компонента (0–2%) и незначительные изменения в области средних составов (2–5%). Эти данные показывают, что в исследованной области составов происходит обогащение поверхностного слоя композиций поверхностно-активным компонентом.

Рис. 3. Зависимость поверхностного натяжения σ СКН-26 (95%) + ПВХ (5%) от концентрации Al .

Рис. 4. Зависимость поверхностного натяжения σ СКН-26 (95%) + ПВХ (5%) от концентрации сажи.

Рис. 5. Зависимость поверхностного натяжения σ СКН-26 (80%) + ПВХ (20%) от концентрации Al .

Рис. 6. Зависимость поверхностного натяжения σ СКН-26 (80%) + ПВХ (20%) от концентрации сажи.

4. Заключение

Таким образом, на основании исследования полученных смесей полимеров с наполнителями обнаружены экстремальные изменения свойств смеси в зависимости от состава, которые объясняются эффектами перераспределения высоко- и низкомолекулярных фракций на поверхности наполнителя и коллоидно-химических явлений в бинарной полимерной смеси. В области малых добавок сажи и алюминия, экстремумы поверхностного натяжения на границе «твердое тело – пар» и «твердое тело – жидкость» противоположны. Увеличение концентрации наполнителя сажи до 0,5%, а в случае использования алюминия до 0,1% приводит к повышению поверхностного натяжения, что связано с эффектом малых добавок.

Полученные результаты не зависят от способа получения смеси. Поэтому, можно считать, что при образовании смеси происходит миграция низкомолекулярных полимергомологов и поверхностно – активных примесей в межфазной области дисперсной системы.

Библиографический список:

1. **Pomogailo, A.D.** Molecular polymer–polymer compositions. Synthetic aspects / A.D. Pomogailo // Russian Chemical Reviews. – 2002. – V. 71. – № 1. – P. 1-31.
2. **Пучков, А.Ф.** Повышение стойкости резин на основе комбинации каучуков к термоокислительному старению / А.Ф.Пучков, А.М. Огрель // Каучук и резина. – 1991. – № 6. – С. 20-21.
3. **Беспалов, Ю.А.** Многокомпонентные системы на основе полимеров / Ю.А. Беспалов, Н.Г. Коноваленко. – Л.: Химия, 1981. – 88 с.

References:

1. **Pomogailo, A.D.** Molecular polymer–polymer compositions. Synthetic aspects / A.D. Pomogailo // Russian Chemical Reviews. – 2002. – V. 71. – № 1. – P. 1-31.
2. **Puchkov, A.F.** Povyshenie stojkosti rezin na osnove kombinacii kauchukov k termookislitel'nomu stareniju / A.F.Puchkov, A.M. Ogrel' // Kauchuk i rezina. – 1991. – no. 6. – P. 20-21.
3. **Bespalov, Yu.A.** Mnogokomponentnye sistemy na osnove polimerov / Yu.A. Bespalov, N.G. Konovalenko. – L.: Himiya, 1981. – 88 p.

THE INFLUENCE OF THE FILLER ON THE SURFACE TENSION OF A BINARY MIXTURE OF BUTADIENE NITRILE RUBBER (SKN-26) WITH POLYVINYL CHLORIDE (PVC)

T.S. Kумыков¹, R.R. Nagaplezheva²

¹*Institute of Applied Mathematics and Automation KBSC RAS*

²*Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov*

DOI: 10.26456/pcascnn/2018.10.408

Abstract: The effect of the concentration of carbon black and aluminum oxide nano-additives on the surface tension of polymer-composite materials SCN-26 and PVC was investigated by the neutral drop method. Extreme changes in properties of the materials under study depending on the composition are found, which are explained by the effects of redistribution of high - and low-molecular fractions on the surface of the filler and colloidal chemical phenomena in the binary polymer mixture.

Keywords: *neutral drop method, nanoparticle, filler, interphase phenomenon, polymer matrix.*

Кумыков Тембулат Сарабиевич – к.ф.-м.н., старший научный сотрудник отдела математического моделирования геофизических процессов, Института прикладной математики и автоматизации филиала ФГБНУ «ФНЦ «Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»

Нагаплежева Рузанна Руслановна – старший преподаватель кафедры электроники и информационных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова»

Tembulat S. Kумыkov – Ph. D., Senior Researcher, Department of Mathematical simulation of geophysical processes, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of the Federal Research Center «Kabardino-Balkarian Scientific Center of the RAS»

Ruzanna R. Nagaplezheva – Senior Lecturer, Department of electronics and information technologies, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov