

у образцов, наполненных 10 масс. ч. ККН исходной и гидрофобной, уменьшение условной прочности при растяжении относительно вулканизата исходной смеси составляет соответственно 7% и 22%. При этом можно отметить, что сопротивление раздиру возрастает на 18% у образца, наполненного 10 масс. ч. ККН, по сравнению с исходным образцом. Это может свидетельствовать о том, что оптимум наполнения лежит в границах относительно малого количества введенной ККН, поскольку дальнейшее увеличение степени наполнения приводит к значительному ухудшению физико-механических свойств вулканизатов.

Можно сделать вывод, что данные наполнители можно использовать в качестве разбавителей для силоксанового каучука в смесях, предназначенных для изготовления изделий, не подвергаемых нагрузкам, а служащим в качестве герметизирующих элементов. Данная работа прокладывает начало исследованиям в данной области химической технологии эластомерных композиций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ghunem, R. A. Common perceptions about the use of fillers in silicone rubber insulation housing composites / R. A. Chunem, Y. Hadjadj, H. Parks // *Energies*. – 2021. – Т. 14, № 12. – С. 3655–3664.

2. Kang, M. Influence of ozone-treated silica nanoparticles on mechanical interfacial behavior and thermal stability of silicone composites / M. Kang, F. Jin, S. Park // *Journal of Nanoscience and Technology*. – 2018. – Т. 18. – С. 6244–6248.

3. Shit, S. C. A review on silicone rubber / S. C. Shit, P. Shah // *National academy science letters*. – 2013. – Т. 36, № 4. – С. 355–365.

УДК 546.47:66.081.3

**Климович Д.А., Городнякова И.С., Щербина Л.А.**

(Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий)

**Устинов К.Ю., Бритов А.М.**

(Завод «Полимир» ОАО «Нафтан»)

### **СВОЙСТВА ПРЯДИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ И ВОЛОКОН НА ОСНОВЕ ТЕРСОПОЛИМЕРОВ АКРИЛОНИТРИЛА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В ПРИСУТСТВИИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ**

Полиакрилонитрильные (ПАН) волокна – синтетические волокна, получаемые из растворов полиакрилонитрила или сополимеров, содержащих более 85 % (масс.) акрилонитрила (АН). Основными этапами

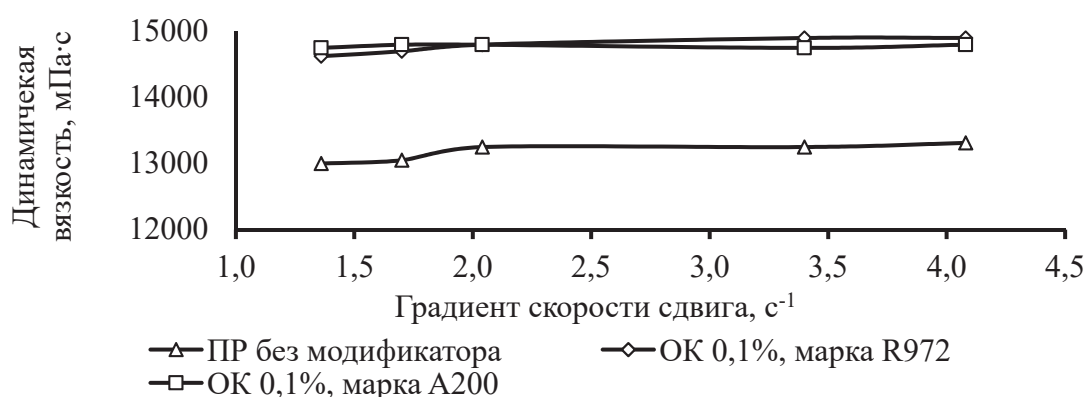
производства ПАН волокон являются получение волокнообразующего терсополимера и формование волокна по мокрому или сухому методу. По своим потребительским показателям ПАН волокна очень близки к шерсти и в этом отношении они превосходят все остальные химические волокна. При этом они обладают высокой светостойкостью, низкой гигроскопичностью, мало изменяют свойства в присутствии влаги и ионизирующего излучения, не повреждаются молью и микроорганизмами. Им можно придавать прочность и усадочность в широком диапазоне значений. Они нашли применение в производстве текстиля как в чистом виде, так и в смесках с шерстью (или другими волокнистыми материалами). Не менее важным направлением использования ПАН волокон является применение их в технических сферах, например, в качестве волокнистых материалов специального назначения или прекурсоров для их производства. Одним из вариантов дальнейшего развития ПАН волокон является придание им новых потребительских свойств путем введения в их структуру наноразмерных модификаторов, например, оксида кремния (IV) (ОК) (или диоксида кремния).

Вероятным вариантом такой модификации может быть введение наноразмерных частиц ОК в структуру волокна путем их дозирования в исходную реакционную среду (РС) на стадии синтеза волокнообразующего терсополимера АН [1]. Предполагается, что такой подход может улучшить качество диспергирования наноразмерных частиц в полимерной основе волокнистых материалов. Вместе с тем, имеются опасения, что введение подобных модификаторов на стадии синтеза может повлиять не только на протекание самого синтеза, но и негативно отразиться на свойствах получаемого сополимера АН, в том числе на его способности к волокнообразованию.

В связи с этим, целью представленного этапа исследования явился анализ влияния введения наноразмерных частиц ОК (IV) в реакционную среду при синтезе модифицированных терсополимеров (МТП) АН, метилакрилата (МА) и итаконовой кислоты (ИтК) на свойства прядильных растворов (ПР) в диметилформамиде (ДМФ) на их основе, а также пригодности таких растворов к формованию волокнистых материалов по мокрому методу. Для этого проведены работы по получению поли[АН-со-МА-со-ИтК] в условиях дозирования в исходную РС наноразмерных частиц ОК (IV) марок Aerosil A200 и Aerosil R972 в количестве 0,10; 0,25; 0,50 и 1,00 % (от массы РС). ОК марки Aerosil A200 является по своей природе гидрофильным, а ОК марки Aerosil R972 – гидрофобным за счет обработки кремнийорганическими соединениями. Условия проведения и результаты изучения динамики синтеза МТП представлены ранее [1]. При этом введение в РС наноразмерных

частиц модификатора в количестве 0,10; 0,25; 0,50 и 1,00 % (от массы РС), согласно расчетам, соответствует их содержанию в МТП 0,72; 1,81; 3,63 и 7,24 % (масс). Далее синтезированные образцы МТП были использованы для приготовления диметилформаидных ПР, содержащих около  $16,5 \pm 0,3$  % (масс.) МТП.

Реологическое поведение ПР исследовали с помощью вискозиметра BrookfieldDV Pro. На основе полученных данных (рисунок 1) можно отметить, что введение в РС наноразмерных частиц пирогенного ОК приводит к возрастанию эффективной вязкости ПР.



**Рисунок 1 – Реограммы ПР на основе МТП, синтезированных при введении в РС наноразмерных частиц ОК**

При дальнейшем увеличении в РС при синтезе МТП содержания ОК марки Aerosil A200 от 0,10 до 1,00 % (от массы РС) отмечена тенденция к снижению вязкости ПР. При использовании ОК марки Aerosil A200 при синтезе МТП по мере увеличения его содержания в РС до 1,00 % (от массы РС) наблюдается рост вязкости ПР на основе полученных МТП.

Оценку пригодности диметилформаидных ПР на основе МТП к формированию волокнистых материалов по мокрому методу проводили с использованием стендовой лабораторной установки. Основные параметры реализации данного процесса приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Параметры формирования волокон на основе МТП**

Параметр, единица измерения	Значение
Концентрация прядильного раствора, %	16,5
Концентрация ДМФ в осадительной ванне, %	55,0
Температура, °С: – осадительной ванны	10,0
– пластификационной ванны	95,5
Фильтрная вытяжка, %	-61,0
Пластификационная ванна	вода
Кратность пластификационного вытягивания	5,0

Можно отметить, что формирование волокон на основе МТП, полученного путем введения на стадии синтеза ОК марки Aerosil A200, шло нестабильно, а максимальная кратность фильерной вытяжки была меньше, чем в случае ПР на основе немодифицированного терсополимера. Анализ поперечного среза волокон, полученных из МТП (в случае введения ОК марки Aerosil A200 в количестве 0,1% (от массы РС)), позволяет отметить высокую неоднородность структуры волокон, характеризующуюся наличием в ней неравномерно распределенных крупных пор. Формование волокна из МТП, полученного при введении 0,25 % (от массы РС) ОК Aerosil A200, показало его непригодность к волоконнообразованию.

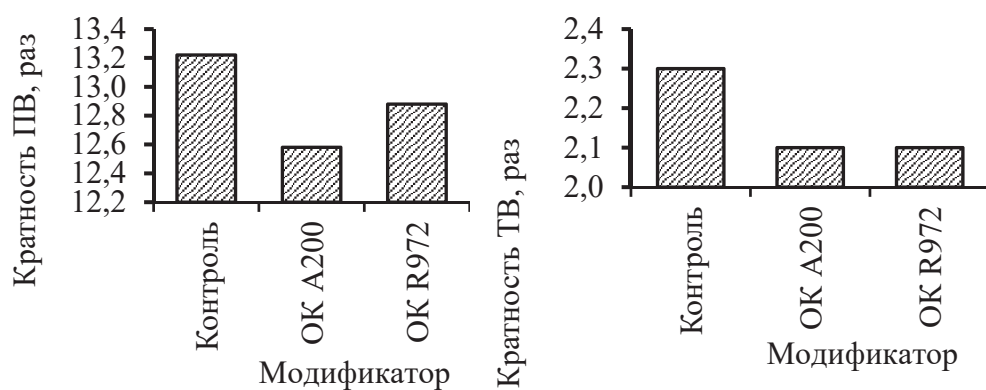
Вместе с тем, формование волокон из растворов МТП, содержащих в структуре ОК марки Aerosil R972, проходило стабильно, а снижения прядомости не наблюдалось.

Форма поперечного сечения и однородность структуры таких волокон была близка к образцам волокон, полученным из немодифицированного терсополимера.

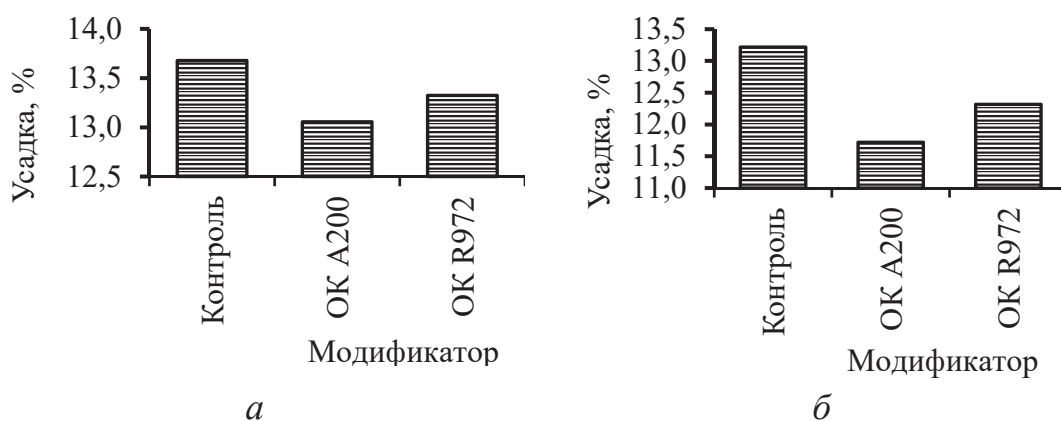
Было установлено, что модификация волокнообразующих терсополимеров АН на стадии их синтеза наноразмерными частицами ОК в количестве 0,1 % (от массы РС) может приводить:

- к снижению деформируемости волокон в процессе их пластификационного вытягивания (ПВ) в гель-состоянии при 95–96 °С в воде и после термоориентационного вытягивания (ТВ) в сухом состоянии при 160 °С (рисунок 2);

- к уменьшению усадки волокон после максимальных пластификационного и термоориентационного вытягиваний (рисунок 3).



**Рисунок 2 – Максимальные кратности пластификационного и термоориентационного вытягиваний волокон на основе МТП, синтезированных в присутствии 0,1 % (от массы РС)**



**Рисунок 3 – Усадка волокон на основе МТП, синтезированных в присутствии 0,1 % (от массы РС), после максимально возможных пластификационного (а) и термоориентационного (б) вытягиваний (см. рисунок 2)**

Таким образом, полученные результаты могут указывать на ограничения сегментарной подвижности макромолекулярных цепей терсополимеров акрилонитрила в результате проведения процесса их синтеза в присутствии наноразмерных частиц пирогенного ОК (IV).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щербина, Л.А. Исследование синтеза волокнообразующего сополимера акрилонитрила в присутствии наночастиц оксида кремния / Л.А. Щербина, Я.Ю. Руденок, В.В. Шабловская, И.А. Будкуте // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Сер. 1: Естественные и технические науки. – 2022. – № 2. – С. 98-103.

УДК 667.537.2:547.584

**Негматов С.С., Абед Н.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э.,  
Бозорбоев Ш.А., Султонов С.У., Тожибоев Б.,  
Икрамов Н.А., Рахимов Ш.Э., Улмасов А.А.**

(Ташкентский государственный технический университет)

### **О РАЗРАБОТКЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ И РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ И ОБОРУДОВАНИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОТ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ**

На сегодняшний день коррозионные процессы создают огромные проблемы мировой экономике. По самым скромным подсчетам ежегодно происходит потеря металла от коррозии около 15–20 %. Особенно в