

стицы железа – полидиметилсилоксан – аэросил при ротационном течении.

Исследовали суспензию наночастиц железа (Fe) в среде полидиметилсилоксан/аэросил. Использовали: нанодispersный порошок железа черного цвета (диаметр частиц 150 нм,  $S_{уд} = 8.3 \text{ м}^2/\text{г}$ , плотность  $\rho = 7.874 \text{ г}/\text{см}^3$ ) и аэросил – коллоидный диоксид кремния  $\text{SiO}_2$  (диаметр частиц 250 нм,  $\rho = 2.2 \text{ г}/\text{см}^3$ ). Суспензии готовили смешением полидиметилсилоксана с наночастицами аэросила и железа. Концентрация наночастиц оксида кремния в системе составляла 2% масс., концентрация наночастиц железа: 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 9.0 % масс.

Измерения вязкости растворов проводили с помощью модифицированного реометра Rheotest RN 4.1, коаксиально – цилиндрический рабочий узел которого был изготовлен из маломагнитного вещества – латуни. Для изучения влияния магнитного поля на реологические свойства растворов использовали два магнита: 1 – создающий магнитное поле с напряженностью 3.7 кЭ и направлением силовых линий, перпендикулярным оси вращения ротора, 2 – создающий магнитное поле с напряженностью 3.6 кЭ и направлением силовых линий, параллельно оси вращения ротора.

Определены зависимости вязкости  $\eta$  от скорости сдвига  $\gamma$  магнитной жидкости в магнитном поле и его отсутствие при увеличении и уменьшении скорости сдвига. Обнаружено, что магнитная жидкость наночастицы железа – полидиметилсилоксан – аэросил является неньютоновской, что проявляется в уменьшении ее вязкости с ростом скорости сдвига. Наложение магнитного поля приводит к росту вязкости, что свидетельствует об ориентации феррочастиц по направлению силовых линий и агрегировании этих частиц.

## **РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦИСТЕИН-СЕРЕБРЯНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ БИОАКТИВНЫХ ХЛОРИДОВ МЕТАЛЛОВ**

*Андреанова Я.В., Пахомов П.М., Хиженяк С.Д.*

Тверской государственный университет

170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33

В настоящее время особый интерес представляют гидрогели, полученные на основе биоактивных веществ с низким содержанием дисперсной фазы ( $\sim 0,01 \text{ М}$ ) в растворе [1]. Гидрогели, исследуемые в данной работе, представляют собой взаимодействие аминокислоты L-цистеина, нитрата серебра и электролита – инициатора гелеобразования. Важную роль в

изучении процессов самоорганизации в цистеин-серебряном растворе (ЦСР) играют реологические методы. Цель работы – изучение процесса самоорганизации в ЦСР и гидрогелях на его основе, проведение реологических исследований методами вискозиметрии, динамического светорассеяния (ДСР), УФ спектроскопии и измерения электропроводности в системе.

ЦСР получали при смешивании водных растворов L-цистеина и  $\text{AgNO}_3$  ( $C=0,03 \text{ M}$ ) при молярном соотношении (1.00:1.27). В качестве электролитов использовали хлориды металлов:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Co}^{+2}$ ,  $\text{Ni}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ . Вязкость растворов и гелей измеряли на вибрационном лепестковом SV-10 вискозиметре, а электропроводность - кондуктометром «Seven Go PRO SG7» фирмы «Mettler Toledo». Процесс самоорганизации в ЦСР на молекулярном уровне исследовали методами ДСР на приборе Zetasizer Nano фирмы «Malvern» и УФ спектрометре «Evolution Agra» фирмы Thermo Scientific. С помощью пятибалльной шкалы [1] удалось оценить прочностные свойства гидрогелей с разными инициаторами и определить диапазоны концентраций компонентов. Так, гидрогель с хлоридом меди приобретает наибольшее значение вязкости при небольших количествах вводимого электролита (0,06 мл), в отличие от других хлоридов металлов (~ от 0,16 мл). Методом вибрационной вискозиметрии проведены количественные измерения вязкости гидрогелей, установлено соответствие между прочностными и реологическими свойствами системы. Также установлено соответствие между процессами самоорганизации и падением значений электропроводности в системе. Полученные данные методами ДСР и УФ спектроскопии свидетельствуют об образовании фрактальных кластеров из супрамолекулярных цепей меркаптида серебра в ходе созревания ЦСР и образовании пространственной гель-сетки при введении электролитов (солей металлов). Результаты метода ДСР свидетельствуют о росте размеров кластеров из олигомерных цепей в ходе «созревания» ЦСР и процесса гелеобразования.

1. Пахомов П.М., Хижняк С.Д., Овчинников М.М. и др. Супрамолекулярные гели. Тверь : ТвГУ, 2011. 270 с.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения государственных работ в сфере науч. деятельности (проект № 4.1325.2014/К), гос. задания "Обеспечение проведения научных исследований" на базе ЦКП ТвГУ и программы У.М.Н.И.К. (гос. контракт № 5334ГУ1/2014 от 24.03.15).*